

სოხუმის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი

მეზაზ ბონბაძე

ზოგადი
გეოლოგია

ლექციების კურსი

ასწერეთ ერთოსთენის ცდა. რით და რამდენად განსხვავდება მიწის ფორმა სფეროსაგან? რა არის მიწის მიწის სფერო? რას ჰქვია მიწის რადიუსი და როგორია მისი T საშუალო სიგრძე? რომელ ღერძზე უნდა ვაბრუნოთ ელიფსი, რომ მიწისმაგვარი ელიფსოიდი მივიღოთ? რა არის სამკერძიანი ელიფსოიდი? ბრუნვითი ფიგურაა ეს, თუ არა? რით და რამდენად განსხვავდება გეოიდი ელიფსოიდისაგან?

რა არის მუდმივი ტემპერატურის დონე? გეოთერმიული გრადიენტი? გეოთერმიული საფეხური? ერთია ყველგან, თუ არა? როგორია მიწის შიგნით ტემპერატურა? საიდან ჩანს ეს? როგორია მიწის შიგნით სითბოს ნაკადი? ცივდება თუ არა მიწა? რატომ არის ეს ვაცეხება უკიდურესად ნელი?

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

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

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

მიწის ქერქის საერთო რაგვარობა

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

სულ სხვაა უფრო სპეციალური, თვით ქერქის ფორმის თვალსაზრისით. მიწის ქერქი რომ სწორი ყოფილიყო, მსოფლიო ოკეანე მთელ მიწას დაჰფარავდა და მისი სიღრმეც ზოგადად ერთგვარი იქნებოდა, თუმცა პოლუსებისაკენ ნაკლები, — ერთობილ ჰიდროსფეროს მივიღებდით. ამის ნაცვლად ვხედავთ „უზარმაზარ“ მთებს, ვაკე-დაბლობებს და ზღვებით დაფარულ სიღრმეებს. ყველაზე მაღალი მწვერვალი, სახელდობრ, ჯომოლუნგმა (წინათ ევერესტი) ჰიმალაისის ქედზე 8,848 კმ აღწევს, ხოლო ყველაზე დაბალი ადგილი ოკეანეში ცნობილია მარიანის კუნძულების ვვერდით. იქ გაზომილია

11,521 კმ სიღრმე. ამგვარად მიწის ქერქის ზედაპირის უმაღლესი და უდაბლესი წერტილების სიმაღლეთა სხვაობა 20,37 კმ შეადგენს. თითქო დიდი რიცხვია, მაგრამ ეს არის მიწის რადიუსის 1/312 მხოლოდ.

ვაცილებით უფრო საყურადღებოა სხვა გარემოება. დეტალურმა შესწავლამ გამოარკვია, რომ კონტინენტების ზედაპირის სიმაღლე და ოკეანეების სიღრმე შემთხვევითად როდი იცვლება. ყოველ კონტინენტს აქვს გარკვეული საშუალო სიმაღლე, რომელსაც მისი ფართობის მთავარი ნაწილი უკავია. მთებს მხოლოდ დაქვემდებარებული წილი რჩებათ და თან მით უფრო მცირე, რაც უფრო მაღალია მთები. ასევეა ოკეანეებიც: მათი ფართობის დიდი ნაწილი საშუალო სიღრმეს უჭირავს და დიდი სიღრმეები ვიწრო ზოლებად არიან განლაგებული როგორც მთები კონტინენტებზე. ეს კარგად ჩანს ბათიმეტრიულ¹ გეოგრაფიულ რუკებზე.

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

ცხრილი 4

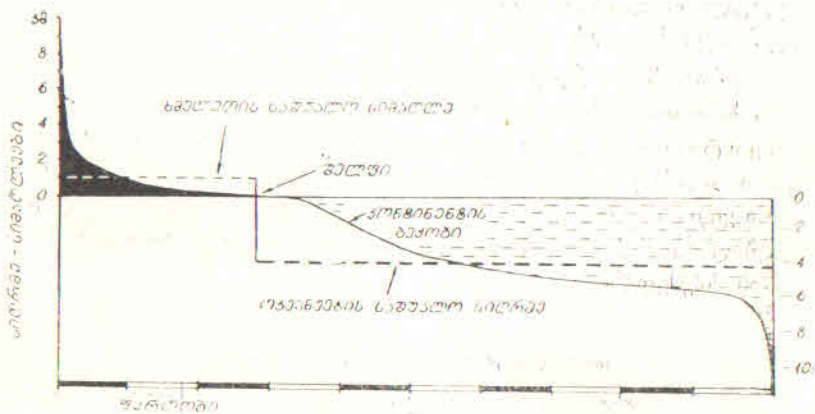
კონტინენტების და ოკეანეების რელიეფი

კონტინენტის დასახელება	კონტინენტური ზეგნები			ოკეანეების დასახელება	ოკეანური აუზები	
	ფართობი (10 ⁶ km ²)	საშუალო სიმაღ. მ.	მაქსიმალ. სიმაღ. მ.		ფართობი (10 ⁶ km ²)	საშუალო სიღრმე მ.
ევროპა	11.609	300	5633	წყნარი ოკ.	179.679	11521
აზია	41.839	950	8848	ატლანტური ოკ.	93.263	9219
N ამერიკა	24.259	700	6187	ინდოეთის ოკ.	74.917	7450
S ამერიკა	18.280	600	7040	N ცინტლოვანი ოკეანე		
აფრიკა	28000	750	6010		13.100	5220
ესტრალია და ოკეანია	8.963	400	5030			
ანტარქტიკა	14.000	2000	6000			

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

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

რაკი ცალკეული კონტინენტების საშუალო სიმაღლე სხვადასხვა არის, ბუნებრივია კითხვა, როგორი იქნება ყველა კონტინენტების, ერთად აღებული, საშუალო სიმაღლე? ეს სიმაღლე აღმოჩნდა 840 მ. ასევე მსოფლიო ოკეანის საშუალო სიღრმე არის დაახლოებით 3800 მ. უკანასკნელად გერმანელმა მეცნიერმა კოსინამ დამუშავა დიდი მასალა, იმ დროისათვის ცნობილი, და ააგო მრუდე (სურ. 16), რომელზედაც ნაჩვენებია ქერქის ზედაპირის

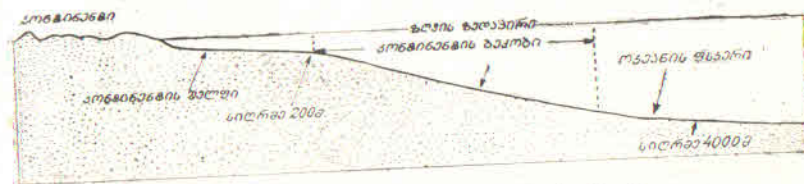


სურ. 16. მიწის ზედაპირის ჰიდროგრაფიული მრუდე. ჩანს დიდი სიმაღლების და დიდი სიღრმეების მცირე გავრცელება. გამოიყოფა ორი დიდი ფართობი — კონტინენტებისა და ოკეანეების ფსკერის.

სიღრმე-სიმაღლეები და მათი გავრცელების ფართობები. მრუდე თვალსაჩინოდ გამოხატავს, რომ კონტინენტების და ოკეანის ფსკერის ზედაპირი წარმოდგენს არა სიმაღლეთა შემთხვევითს ცვალებას, არამედ გარკვეულ სტრუქტურას, რომლის თავისებურებას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ქერქის წარმოშობა-განვითარების თვალსაზრისით.

კონტინენტური ზეგნების და ოკეანური აუზების რელიეფის ასეთი ბუნება სავსებით დაადასტურა XX საუკუნის გეოფიზიკამ.

როგორც შემდეგ დავინახავთ, დღეს გამოკვეულია, რომ კონტინენტები და ოკეანეების ფსკერი ნივთიერი შედგენილობითაც მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან და, მაშასადამე, ეს გენეტიურად განსხვავებული წარმონაქმნები არის. იმ გარემოებას, რომ ოკეანეში წყალი არის მოთავსებული, ამ მხრივ (ოკეანური და კონტინენტური რელიეფის გასარჩევად) არავითარი მნიშვნელობა არა აქვს. კონტინენტის კიდეები ხშირად ზღვის დონეზე დაბალია და ზღვით დაფარული, მაგრამ ის მაინც კონტინენტად რჩება და ზღვასაც კონტინენტურს უწოდებენ. ასეთებია, მაგალითად, ჩრდილო და ბარენცის ზღვები ევროპაში. კონტინენტის საზღვარი არის არა იქ, სადაც წყალი იწყება, არამედ იქ, სადაც ოკეანისაკენ დაქანებული ბეჭობი ეთარდება (სურ. 17).



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

მიწის ქერქის ნივთიერი შემადგენლობა. მიწის მასის გარკვევას ბუნებრივად უნდა მოჰყოლოდა მიწის ნივთიერი შემადგენლობის საკითხი. უშუალო დაკვირვებები ამ მხრივ მეცნიერებას მხოლოდ ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროს და ლითოსფეროს შესახებ აქვს. ამ გზით დადგენილია, რომ მიწა შეიცავს ყველა იმ ელემენტებს, რომლებიც აღნუსხული არიან მეტელევის ცნობილ ცხრილში. ერთი მხრივ აქ მოულოდნელიც არაფერი არის, რადგან ქიმიკ სწორედ მიწის მასალას ემყარება, მაგრამ ისიც შეიძლება, რომ პერიოდული სისტემის ყველა ელემენტი მიწაზე არ ყოფილიყო წარმოდგენილი.

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

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

ცხრილი 5

კვალაზე გავრცელებული ელემენტები

ელემენტი	რაოდენობა მარტო ქერქში	ატმოსფეროში, კიდრისფეროში და ქერქში ერთად
O	46.68 %	50.02 %
Si	27.72	25.70
Al	8.07	7.30
Fe	5.05	4.18
Ca	3.65	3.22
Na	2.75	2.36
K	2.58	2.28
Mg	2.08	2.08
Ti	0.62	0.40
H	0.14	0.95

ერთად აღებული ეს 10 ელემენტი შეადგენს ქერქის მთელი მასის 99,34%. დანარჩენ ელემენტებზე მხოლოდ 0,66% მოდის. განსაკუთრებით აღსანიშნავი არიან: ჟანგბადი, რომელიც უამრავ ქიმიურ ნაერთში მონაწილეობს და მთელი მასის თითქმის ნახევარს შეადგენს; სილიციუმი, კაუის და სილიკატების მთავარი მასალა; თიხის ელემენტი ალუმინიუმი.

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

შეფარდებითს რაოდენობას, რომლითაც ესა თუ ის ელემენტი მიწის ქერქში გვხვდება, გეოქიმიკოსები კლარკს¹ უწოდებენ. კლარკი ელემენტის გავრცელებას გამოხატავს, მაგრამ მხოლოდ საშუალოს. სინამდვილეში ზოგან რომელიმე, ჩვეულებრივ მეტ-ნაკლებად იშვიათი, ელემენტის კონცენტრაცია მომხდარა და იგი უხვად არის

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

წარმოდგენილი ამა თუ იმ ნაერთის სახით. ასეთ შემთხვევაში სათანადო ელემენტის მაღალი¹ გვექნება და ამ მაღლის საბაზო. ელემენტების ასეთი ბუნებრივი კონცენტრაცია შესაძლებელს ხდის ადამიანის მიერ მათ მოპოვებას. თორემ კლარკების მიხედვით რომ ყოფილიყვნენ ყველგან განაწილებული, პრაქტიკულად მიუწვდომე-ლი იქნებოდნენ. უთქვამთ ხოლმე, რომ ზღვის წყალში ოქრო იმდენი არის, რომ მისი გამოყოფა თუ მოხერხებულიყო, მთელ მიწაზე პირგადასაკრავად იკმარებდა. საბადოების წარმოშობა და განლაგება გარკვეულ კანონზომიერებებს ექვემდებარება და გეოლოგის ერთ-ერთი მთავარი ამოცანა სწორედ ის არის, რომ ამ კანონზომიერებათა შესწავლის საშუალებით მაღანთა ძებნა მართებულ გზაზე დააყენოს.

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

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

ამისათვის, ბუნებრივია, უპირველესად ყოვლისა, ქიმიურ შემადგენლობას მივმართოთ: ქიმიურ ნაერთებს ხომ მათი შემადგენელი ელემენტები ახასიათებს და ამ ელემენტების ზუსტი ოდენობითი შეფარდება. მაგალითად მინერალი კვარცი, რომლის ქიმიური სიმბოლო არის SiO₂, სილიციუმისა და ჟანგბადისაგან შედგება და თან ისე, რომ პირველი შეფარდებოდეს მეორეს, როგორც 28:32; თუ ქი-

¹ ჩვეულებრივ მაღანს უწოდებენ რომელიმე მეტალის ან მისი ნაერთის პრაქტიკულად გამოსადგმ კონცენტრატს. ნახშირზე ან ნავთობზე მაღანს არ იტყვიან.

მიუჩინა ანალიზმა ასეთივე შედეგი მოგვცა, გვეცოდინება, რომ კვარცთან გვაქვს საქმე. მაგრამ მთლიანად ანალიზზე დანდობაც არ შეიძლება. ჯერ ერთი, მოხდება ხოლმე, რომ მინერალ-ნაერთში ერთი ელემენტი მეორემ შესცვალოს იზომორფულად. შეცვალა იზომორფულად ითქმის, თუ რომელიმე ქიმიური ელემენტის ადგილი მინერალში სხვა ელემენტმა დაიჭირა ისე, რომ მინერალის სტრუქტურა იგივე დარჩა. მაგალითად, არის მინერალების ჯგუფი. რომელთაც პლაგიოკლასებს უწოდებენ. ამ მინერალებში შედის Na და Ca. ესენი ერთმანეთს ენაცვლებიან ყოველგვარი პროპორციით და ადვილი გამოსაცნობი მხოლოდ უკიდურესი წევრები არიან: ალბიტი ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), რომელშიც Ca სულ არ არის, და ანორტიტი ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), რომელშიაც არ არის Na. რიგის სხვა წევრებში ნატრიუმიც შედის და კალციუმიც და თან ყოველგვარი პროპორციით. მეორე მხრივ, მინერალებში თითქმის ყოველთვის არის სხვადასხვა მინარევეები, ხოლო ზოგჯერ ისიც მოხდება, რომ ორს, თავისი თვისებებით აშკარად განსხვავებულ მინერალს, ქიმიური შედგენილობა ზუსტად ერთი და იგივე აქვს.

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

გასაგებია, რომ ასეთ პირობებში მინერალის გამოსაცნობად ხშირად ფიზიკურ ნიშნებს მიმართავენ. ერთი ასეთთაგანი იქნება სიმკვრივე (სიმძიმე). საკმაო მძიმე ბარიტი (BaSO_4) ხელში ავიღოთ და იმ წამსვე გავარჩევთ მას გარეგნულად ძლიერ მსგავსი კალციტისაგან (CaCO_3). ასევე სიმძიმით შეიძლება მეტალური მადნეულის გამოცნობა.

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

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

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

იყენებენ მინერალის შტრიხს¹: მინერალი რომ მოუმიწავი ფანის ნატეხებს გავუსვათ წვეტით, ნატეხზე ხაზი დარჩება, თითქო ფანქარი გავვევლოს. ამ ხაზს ხშირად მინერალისათვის დამახასიათებელი ფერიც აქვს.

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

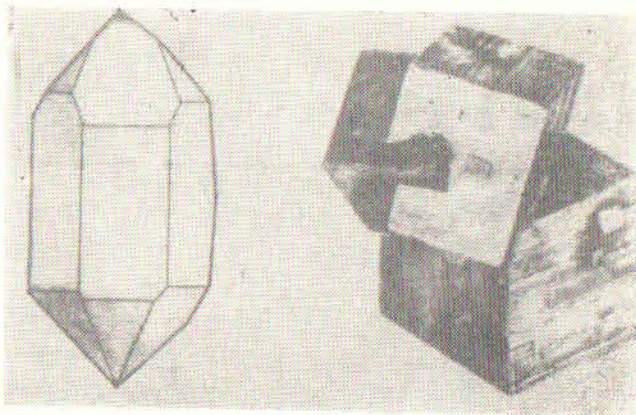
მრავალმხრივ უფრო მნიშვნელოვანია მინერალის ფორმა. მინერალებს სათანადო პირობებში ბრტყელი წახნაგებით შემოფარვლული გომეტრიული ფორმა აქვთ. ასეთ სხეულს კრისტალს² უწოდებენ. ყველასათვის ცნობილია კვარცის ანუ ბროლის კრისტალური. ნორმულ პირობებში ეს არის ექვსწახნაგიანი პრიზმა ასეთივე პირამიდებით ორივე ბოლოში (სურ. 18). ქვამარილის (NaCl) ან პირიტის (FeS_2) კრისტალებს კუბური ფორმა აქვთ. კრისტალების ფორმის სხვადასხვაობა ძლიერ დიდია. მათ 32 კლასში და 7 სინგონია-

¹ Strich, გერმ. — კაწრი, ხაზი.

² ბერძნულად „კრისტალი“ ბუნებრივ ბროლს (გამჭვირვალე კვარცს) ნიშნავდა.

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

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



სურ. 18. კ რ ის ტ ა ლ ე შ ი. მარცხნივ — კვარცი (პრიზმა); მარჯვ-
ნივ — ჰალიტი (კუბები).

ხვა მინერალს ერთისა და იმავე ფორმის კრისტალი შეიძლება ჰქონ-
დეს.

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

ტალად არ ითქმის. მას სწორედ კრისტალის მთავარი თვისება აკლია, შინაგანი აგებულების სიმეტრიულობა.

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

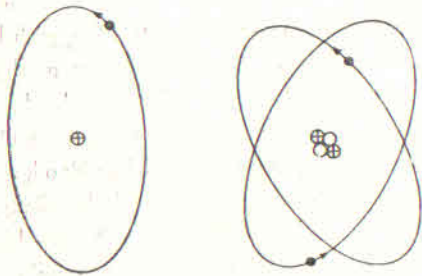
რა არის ახლა ეს უცნაური შინაგანი აგებულება? ამის პასუხს თანამედროვე ფიზიკა და ქიმია გვაძლევს. ელემენტები ატომებისგან შედგებიან. ატომში კიდევ შეიძლება გავარჩიოთ ბირთვი და მის გარშემო მოძრავი ელექტრონები. ყველაზე მარტივი არის წყალბადის ატომი. მისი ბირთვი შედგება ერთი პროტონისაგან, რომლის გარშემოც ერთი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

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

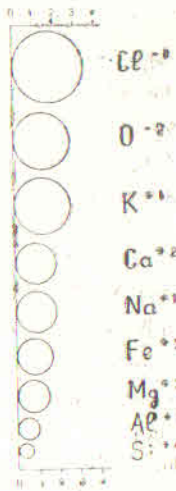
ასევეა სხვა ელემენტებიც. მათ ბირთვში იმდენი პროტონი და ელექტრონია, როგორცაა ატომური რიცხვი, ხოლო ნეიტრონები. — ატომური წონის შესაბამისად. უანგბადის ბირთვში 8 პროტონი არის და 8 ნეიტრონი, ურანისაში — 92 და 146. თუ ატომში იმდენი ელექტრონია, რამდენიც პროტონი, ატომი ელექტრულად ნეიტრალური იქნება, თუ ელექტრონი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

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

ყოველი ელემენტის ატომს გარკვეული დიამეტრი აქვს, რომელიც ანგსტრემაებით¹ იზომება (სურ. 20). ამ სიგრძეში მოთავსებული ნაწილაკები ისევე გარკვეული სქემის მიხედვით არიან განლა-



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



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

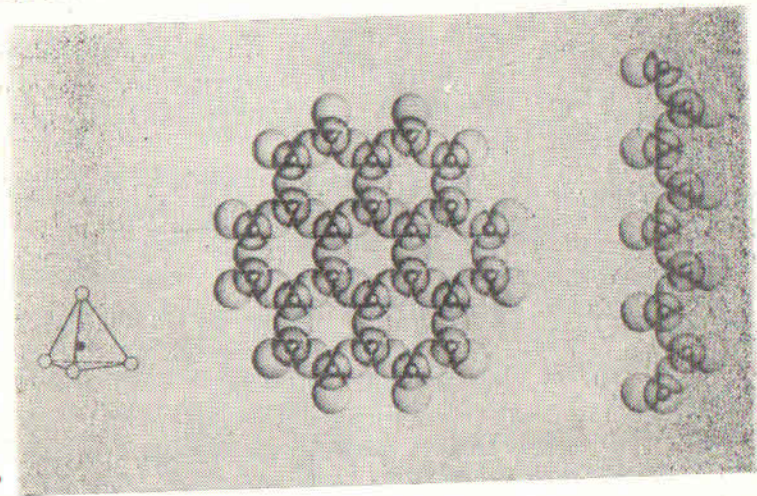
გებული, ატომს კანონზომიერი სტრუქტურა აქვს. ცხადია, ქიმიურ ნაერთშიაც ასეთი მასალა შემთხვევითად ვერ დაუკავშირდება ერთიმეორეს, გარკვეული წესის მიხედვით უნდა მოთავსდეს — მინერალსაც გარკვეული სტრუქტურა აქვს. ეს სტრუქტურა განსაზღვრავს მის წესიერ ფორმასაც და თვისებების წამართულობასაც (სურ. 21). ატომების წყობას მინერალში კრისტალური ხარაჩო² („მესერი“) ეწოდება.

¹ ანგსტრეში სიგრძის საზომია და უდრის მილიმეტრის მეათმილიონედს, 10^{-7} მმ, იწერება Å.

² ჩვეულებრივ ამბობენ კრისტალური მესერიო; მაგრამ ეს ვაშოთქმა შეუფერებელი არის: კრისტალის მოდელი სამგანზომილებიანი უნდა იყოს.

წინაა ატომი გონებამახვილი კონცეპცია იყო. დღეს X-სხივების (რენტგენული სხივების) და ელექტრონული მიკროსკოპის მეოხებით ეს თვალთხილული რეალობა არის: უცნაურად მცირე მზის სისტემის მსგავსი რაღაც.

მინერალების რიცხვი, როგორც აღვნიშნეთ, ძლიერ დიდია. ასეთი სიმრავლის თვალგადასავლელად რაიმე კლასიფიკაცია არის აუცილებელი. როგორც ყოველთვის, აქაც კლასიფიკაცია სხვადასხვა-



სურ. 21. კრისტალური ხარაჩო („მესერი“). მარცხნივ ტეტრაედრის ცენტრში მოთავსებულია სილიციუმის ატომი, ხოლო წვეროებში — ჟანგბადის. მარჯვნივ წარმოდგენილია ასეთი ტეტრაედრების დაჯგუფება, ბრტყელი (ქარსები) და ძეწყური (პიროქსენები).

პრინციპზე შეიძლება აიგოს. მაგალითად, შეიძლება გავარჩიოთ მადნეული და არამადნეული მინერალები; როგორც შემდეგ დავინახავთ არჩევენ ქანმამენ და არაქანმამენ მინერალებს და სხ. ამჯერად ჩვენთვის უფრო მოხერხებული იქნება ქიმიური კლასიფიკაცია. ამ თვალსაზრისით არჩევენ: ხალას ელემენტებს, სულფიდებს, ჰალოიდებს, ჟანგებს და წყალჟანგებს, კარბონატებს, სულფატებს, ფოსფატებს, სილიკატებს.

ხალასი ელემენტები. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ეს ჯგუფი მცირერიცხოვანია, მიწის ქერქის შემადგენლობაში მცირე როლს თამაშობს, მაგრამ დიდი ადგილი უჭირავს ადამიანის პრაქტიკაში.

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

სულ დები: აქ მოქცევიან კარგად ცნობილი მადნური მინერალები — სფალერიტი ZnS , გალენიტი PbS , სინგური HgS , რეალგარი AsS , ანტიმონიტი Sb_2S_3 , მოლიბდენიტი MoS_2 , პირიტი FeS_2 , ქალკოპირიტი $CuFeS_2$...

ჰალოიდები: ეს არის ქვამარილი (ჰალიტი) $NaCl$, სილვინი KCl , ფლუორიტი CaF_2 და სხ.

ჟანგები და ჰიდროქსიდები (წყალყანგები): ჰემატიტი Fe_2O_3 , მაგნეტიტი Fe_3O_4 , კვარცი SiO_2 და ქალცედონი, აგატი, იასპი, კაფი, ოპალი $SiO_2 \cdot nH_2O$, კასიტერიტი SnO_2 , ლიმონიტი $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, ყინული H_2O .

კარბონატები: კალციტი $CaCO_3$, მაგნეზიტი $MgCO_3$, დოლომიტი — $CaMg(CO_3)_2$, მალაქიტი $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$, აზურიტი $2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$. პირველ სამს მნიშვნელოვანი წილი უდევს მიწის ქერქის შედგენილობაში.

სულფატები: ბარიტი $BaSO_4$, ანჰიდრიტი $CaSO_4$, თაბაშირი $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, მირაბალიტი (გლაუბერის მარილი) $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$.

ფოსფატები: აპატიტი $Ca_5(PO_4)_3(FCl)$.

სილიკატები: ეს უმნიშვნელოვანესი ჯგუფია მიწის ქერქის შემადგენლობის თვალსაზრისით. როგორც დავინახავთ, განსაკუთრებულ როლს თამაშობს ერთპტიული და მეტამორფული ქანების აგებულებაში. თავის მხრივ კიდევ ქვეჯგუფებად იყოფა.

ორთოსილიკატები: ოლივინი $(Mg,Fe)_2SiO_4$ — გადადის ხოლმე სერპენტიზში. გრანატები [პიროპი $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$; ალმანდინი $Fe_3Al(SiO_4)_3$], დისტენი, ანდალუზიტი, სილიმანიტი [სამივე $Al_2(SiO_4)O$].

მეტასილიკატები: პიროქსენები [ენსტატიტი $Mg_2(Si_2O_6)$, ჰიპერსტენი, დიოპსიდი $CaMg(Si_2O_6)$, ავგიტი], ამფიბოლები (აქტინოლითი, რქატყუარა).

წყლიანი ალუმოსილიკატები: ქარსები (მუსკოვიტი, ბიოტიტი), გლაუკონიტი, ქლორიტი.

ფელდშპატები (მინდვრის შპატები): ორთოკლასი $KAlSi_3O_8$ და მიკროკლინი, პლაგიოკლასები (მათი შემადგენელი ალბიტი $NaAlSi_3O_8$ და ანორტიტი $CaAl_2Si_2O_8$).

ფელდშპატიდები: ნეფელინი $NaAlSi_3O_8$, ლეიციტი $KAlSi_3O_8$, ცეოლითები.

მინერალების გაცნობა ლაბორატორიაში იგულისხმება. აქ მოკვლეულია მხოლოდ ზოგი მათგანის ნუსხა.

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

ქანს ხალხი ქვას ან კლდეს უწოდებს და ეს ტერმინი მეცნიერებაშიც დაჰყვიდრდა¹. ფრანგულად ამბობენ roche (კლდე), ინგლისურად rock (კლდე), გერმანულად Gestein (ქვა). მაგრამ არ უნდა ვიფიქროთ, რომ ქანი ყოველთვის მტკიცეა. არის ფხვიერი ქანები (ქვიშა) და რბილიც (სხვადასხვა თიხა).

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

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

არა უცვლელი პროპორცია. გრანიტისთვის, მაგალითად, მთა-
ვარი მინერალები არის კვარცი, ფელდშპატი და ქარსები...
ამათ გვერდით ქანში არის მეტნაკლებად შემთხვევითი, აქცესორუ-
ლი¹ მინერალები. გრანიტის შემთხვევაში ასეთი იქნება ფოსფორისა
მინერალი აბატიტი. აქცესორული მინერალი ქანში ცოტა არის და
შეიძლება სულაც არ იყოს. მინერალებს, რომელნიც მნიშვნელოვან
როლს ასრულებენ ამა თუ იმ ქანის შედგენილობაში, ქანმა შენი-
მინერალები ჰქვია.

ქანების შესწავლას პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა აქვს გეო-
ლოგიისათვის. მეცნიერებას, რომელიც ამ ამოცანას ემსახურება,
დღეს უფრო ხშირად პეტროლოგია² უწოდებენ. წინათ ეს იყო
პეტროგრაფია³.

მრავალრიცხოვანი ქანების შესწავლის ერთ-ერთი შედეგი არის
ქანების კლასიფიკაცია. ყველაზედ უფრო გავრცელებუ-
ლია ქანების დაყოფა სამ ჯგუფად: მაგმეული⁴, დანალექი და მეტა-
მორფული ქანები. ასეთი დაჯგუფება გენეტური (წარმოშობით)
არის და ძლიერ მოხერხებულია გეოლოგიური თვალსაზრისით.

მაგმეული ქანებია გრანიტი (ზოგი), პორფირი, ბაზალტი,
ობსიდიანი და მისთანანი. გრანიტის ნატეხი რომ ხელში ავიღოთ, ად-
ვილად დავინახავთ, რომ იგი ცალკე მარცვლებისაგან შედგება. ასეთ
ქანებს საერთოდ მარცვლოვანს უწოდებენ. მარცვლები გრანი-
ტში ერთმანეთზე მორგებულ-მიზრდილ კრისტალებს წარმოადგენენ.
ჩვეულებრივ ეს იქნება მოთეთრო კვარცი, ვარდისფერი ფელდშპატი
და შავი ბიოტიტი. გრანიტი კრისტალური ქანია, თანაც მსხვილ-
კრისტალური, ხოლო რადგან მარცვლების სიდიდე ერთი რიგის
არის—ტოლკრისტალური. ყველა ეს ნიშნები ქანის სტრუქ-
ტურული ნიშნები არიან. სტრუქტურა ჰქვია ქანის შედგენილო-
ბას დიდი თუ პატარა ნაწილაკებისგან და ამ ნაწილაკების წყობას⁵.

¹ Accessoire, ფრანგ. — რაც შეიძლება ძირითადს ერთვოდეს ან არა.

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

³ „პეტროს“, ბერძნ. — ქვა, „გრაფო“ — ვწერ; ქვების აღწერა.

⁴ ჩვეულებრივ ამბობენ მაგმურით, რაც სწორი არ არის. მაგმური იქნება
„მაგმის მსგავსი“, ხოლო მაგმეული ნიშნავს მაგმისგან წარმოშობის.

⁵ აღსანიშნავია, რომ ანგლო-საქსურ ქვეყნებში და ზოგან სხვაგანაც სტრუქ-
ტურას ტექსტურა ეწოდება და იმაზე, რასაც ჩვენ ტექსტურას ვუწოდებთ, სტრუქ-
ტურას იტყვიან.

პორფირი იმავე მინერალებისგან შედგება, როგორც გრანიტი,
მაგრამ კრისტალების სიდიდე თანაბარი არ არის: ერთი ზომის კრის-
ტალებისგან შემდგარ ძირითად მასაში გაფანტულია ფელდშპატის
ბევრად უფრო დიდი კრისტალები. ასეთ დიდ კრისტალებს ფენო-
კრისტებს უწოდებენ, ხოლო სათანადო სტრუქტურას — პორ-
ფირულს. არის შემთხვევები, როდესაც კრისტალები ქანში იმდე-
ნად პატარა არიან, რომ უიარაღო თვალით არ დაინახებიან — ეს
იქნება აფანიტური¹ სტრუქტურა და, დასასრულ, თუ ქანი
დაკრისტალებული არ არის, როგორც მაგალითად, თბილისი, მას
მინებრივს ეტყვიან.

XIX საუკუნის დასაწყისში ბევრი გეოლოგი ფიქრობდა, რომ
ჩამოთვლილი ქანები ხსნარიდან არიან დალექილი ისევე, როგორც
წყალში გახსნილი მარილი ილექება ხსნარიდან, თუ წყალს ვაორთქ-
ლებთ. ეს შეხედულება უსაფუძვლო აღმოჩნდა. დიდი ხანია უკვე
ექსპერიმენტულად დამტკიცებული არის, რომ შესაძლებელია გრანი-
ტი და სხვა მაგმეული ქანები მაღალი ტემპერატურის მეშვეობით გა-
ვანდნოთ და მდნარის ნელი გაცივებით ისევ ქანი მივიღოთ. ამას ხომ
ბუნებაშიც ვხედავთ უშუალოდ: მოქმედი ვულკანიდან ამონთხეუ-
ლი მდნარი, რომელსაც ლავა ეწოდება, გაცივების შედეგად მყარ-
დება და თავისი შედგენილობის შესაბამისად ამა თუ იმ მაგმეულ
ქანს გვაძლევს. ლავას, ზედაპირზე ამოსვლამდე, მაგმა ჰქვია და ამი-
ტომ ეწოდება ამ ქანებსაც მაგმეული.

მაგმეული ქანები სხვა ქანებში ქვევიდან შემოჭრილი გვხვდებიან,
ამიტომ მათ ერთუბრთ უწოდებენ. ოუ მაგმამ ზედაპირა-
მდე ვერ მოაღწია და ისე გაცივდა, ეს იქნება ინტრუზია², თუ
ზედაპირზე ამოვიდა და აქ გაიშალა ლავის სახით, ეფუზია³ მი-
ვიღებთ.

ამ თვალსაზრისით ვასაგებია ისიც, რატომ არის ზოგი მაგმეული
ქანი მსხვილკრისტალური, ზოგი წვრილკრისტალური და ზოგიც მი-
ნებრივი; თუ მაგმის გაცივება ძლიერ სწრაფად მოხდა, ვთქვათ, ზე-
დაპირზე, ხშირად კრისტალები ჩასახვას ვერ ასწრებენ და მინებრივი
ქანი წარმოიშობა; უფრო ნელი გაცივების შემთხვევაში, მიწის ზედა-
პირზე ან მცირე სიღრმეზე, წვრილკრისტალურ ან აფანიტურ ქანს

¹ „აფანეს“, ბერძნ. — უჩინარი.

² Eruptio, ლათ. — ამოხეთქვა.

³ Intrudo, ლათ. — ვაჩხირებ, ვაკვებებ.

⁴ Effusio, ლათ. — გადმოღინება.

მივიღებთ; დასასრულ, თუ გაცივება სიღრმეში ხდება და ძლიერ ნელია, განვითარდება მსხვილკრისტალური ქანი. პირველადი პორფირული სტრუქტურის განვითარებას იმით ხსნიან, რომ ასეთ შემთხვევაში გაცივების ორი სტადია არის: ჯერ გაცივება საკმაოდ დიდ სიღრმეზე იწყება და დიდი კრისტალები იწყებენ ზრდას; შემდეგ, სანამ მაგმის ძირითადი ნაწილი ჯერ კიდევ მდნარია, იგი ზედაპირზე ან ზედაპირის ახლო ამოდის და სწრაფი გაცივება-დაკრისტალება ხდება. არის ფენოკრისტალების განვითარების სხვაგვარი მექანიზმიც.

კრისტალები მაგმეულ ქანში შეიძლება თავისი სპეციფიური ფორმით გაიზარდონ ან თავისუფალი ადგილის უქონლობის გამო (მეზობელი კრისტალების მოწოლა) წესიერი ფორმა ნაწილობრივ ან სავსებით დაჰკარგონ და მეზობელ მარცვლებს მოერგონ. პირველ შემთხვევაში ეს იქნება იდიომორფული კრისტალები, მეორეში — ჰიპიდომორფული¹ და მესამეში ალომორფული².

ქანის მთლიანი სხეულის ფორმას, მისი შემადგენელი ნაწილაკების და ნაწილების განლაგებისგან დამოუკიდებლად, ტექსტურა³ აქვია. მაგმეული ქანების ტექსტურა მასურა⁴ არის. მასური ისეთ ქანებს ჰქვია, რომლებშიაც ქანის აგებულება და სხვა თვისებები ყველა მიმართულებით ერთი და იგივე არის, რამოდენადმე გამოიყენების წარმოადგენს მხოლოდ ზოგი ეფუზივი (ეფუზიური ქანის სხეული), ლავის ფენის სახით გაშლილი: მისი ზედაპირი და ქვედაპირი ადვილად გამოიცინობა შუა ნაწილისაგან. არის იშვიათი შემთხვევებიც, როდესაც ლავას ზოლური ტექსტურა აქვს. მასურ ქანებს საკუთარი ფორმა არა აქვთ და ისეთ ფორმას ღებულობენ, როგორც არის სივრცე, რომელშიაც მათი გაცივება მოხდა.

მაგმეული ქანი მრავალი ათეული არის ცნობილი. ამიტომ აქაც კლასიფიკაცია განდა საჭირო. ქიმიური შედგენილობის მიხედვით რამდენიმე ჯგუფს გამოჰყოფენ. რადგან მაგმეული ქანები ძირითადად სილიკატებს წარმოადგენენ, მთავარი ყურადღება ექცევა SiO_2 -ს რაოდენობას ქანში.

გრანიტის ჯგუფი. აქ SiO_2 -ს რაოდენობა 75%-მდე

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

² „ჰიპო“, ბერძნ. — ქვეით (ნაკლები).

³ „ალლოს“, ბერძნ. — სხვა.

⁴ Textura, ლათ. — ქსოვილი.

⁵ Massa, ლათ. — ბელტი.

აღწევს. ამიტომ ამ ჯგუფის ქანებს შეავე ქანებსაც უწოდებენ. მათ შორის არის 1. აბისური¹, ე. ი. დიდ სიღრმეზე გაცივებული სხვაობები: გრანიტი, გრანოდიორიტი, კვარციანი დიორიტი. გრანიტები მარცვლოვანი ქანები არიან და კვარცის, ფელდშპატების (ძირითადად ორთოკლასის) და ქარსებისგან (ბიოტიტი, მუსკოვიტი, ან ორივე) შედგებიან. მათ თვალუწვდენელი სივრცეები უჭირავთ ფინეთ-სკანდინავიაში, ჩრდილო ამერიკის ჩრდილო ნაწილში, ბრაზილიაში და სხვაგან. ეს ზედაპირზე. ქერქის ღრმა ნაწილებში მათი გავრცელება კიდევ მეტია. საქართველოში გრანიტები გვხვდება კავკასიონის ღერძულ ნაწილში. ძირულის, ხრამის და ლოქის მასივებში და სხვაგან. 2. ჰიპაბისური (ქველრმა, ნაკლებად ღრმა) სხვაობები: გრანიტ-პორფირები, ალიტები, პეგმატიტები. პეგმატიტები გრანიტული მასივების პერიფერიაზე ვითარდებიან და მსხვილკრისტალური სტრუქტურით გამოირჩევიან. ძლიერ იშვიათად, მაგრამ არის შემთხვევები, რომ ფელდშპატების კრისტალების სივრცე რამდენიმე მეტრს აღწევს. 3. ეფუზიური სხვაობები: რიოლითი (ლიპარიტი), ობსიდიანი, პემზა.

დიორიტ-ანდეზიტის ჯგუფი ქიმიურად და მინერალოგიურად გადამავალია შეავე და ფუძე ქანებს შუა (SiO_2 —65-52%). დიორიტი აბისური ან ჰიპაბისური ქანია. ანდეზიტები (ბაზალტებთან ერთად) ყველაზე მეტად გავრცელებულ ეფუზივებს წარმოადგენენ. აქვე მოთავსდება პორფირიტი. ჩვენში ამ ჯგუფის ქანებს უხვდებით თბილისთან თელეთის ქედზე, წალკაში და მრავალ სხვა ადგილას.

კიდევ უფრო ნაკლებია SiO_2 (52—40%) გაბრო-ბაზალტის ანუ ფუძე ქანების ჯგუფში. ეს არის მსხვილკრისტალური გაბრო (გაბბრო), პორფირული გაბრო-პორფირიტი, დიაბაზი, დიაბაზ-პორფირიტი.

დასასრულ, ულტრაფუძე (უკიდურესად ფუძე) ქანებს წარმოადგენენ პერიდოტიტი, დუნიტი, ოლივინიტი ($SiO_2 < 40\%$).

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

¹ Abissus, ლათ. უფსკრულს ნიშნავს. იგულისხმება ძლიერ ღრმა.

ვიდრე ქვას. შემდეგ ნალექს ნალექი ემატება ზევადან. ზედა ფენების დაწოლა ქვედა ფენებიდან წყალს გამოწებრავს და მარცვლებს უფრო მჭიდროდ დაუკავშირებს ერთმანეთს. იმავე დროს მარცვალთა შუა პორებში მოძრავი ხსნარები ქიმიურ დალექვას აწარმოებენ და მარცვლებს ბუნებრივი დულაბით შეჰკრავენ. წარმოიშობა მტკიცე ქანი, როგორსაც პეტროგრადია იცნობს და აღწერს. ამ რთულ პროცესს, რომლის შემდეგად დალექილი მასალისგან ნორმულ ქანებს ვღებულობთ, დიაგენეზი ეწოდება. ხოლო ამ გზით წარმოშობილ ქანებს — დანალექი ქანები.

დალექვის აქ აწერილი პროცესი მექანიკური დალექვა იქნება. ნაკლებ გავრცელებულია ქიმიური დალექვა. ხსნად ნაერთებს წყალი ქანიდან გახსნილს გამოიტანს და ასე გადააქვს ტბებსა და ზღვებში. თუ მარილიანობამ ტბაში ან ზღვიურ ლავუნაში გაჯერებას მიაღწია, წყლის შემდეგი აორთქლება გამოიწვევს დალექვას. ამგვარად არის წარმოშობილი ქვამარილის, თაბაშირის, კალიუმის მარილების და სხვა საბადოები.

დასასრულ, ზოგ შემთხვევაში ქანის დალექვა-წარმოშობას ცოცხალი ორგანიზმები იწვევენ. ასეთ ქანებს ორგანოგენულს უწოდებენ. შეიძლება დავასახელოთ მარჯული კირქვა, ქვანახშირი და სხვა.

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

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

კლასტიური ქანები ნამსხვრევებისგან შედგებიან. აქ ყოველთვის შეგვიძლია გავარჩიოთ ადრინდელი ქანების ნატეხები, დიდი თუ პატარა, და მათი შემაკავშირებელი დულაბი, უხვი ან ღარიბი. თუ ქანი კუთხედი ნამტვრევებისაგან შედგება, ეს იქნება ბრექჩია¹. ბრექჩიები შეიძლება გავარჩიოთ ნამსხვრევების სიდიდის მიხედვით. ასე გამოიყოფა ლობრექჩია, დიდი ლოდებისგან შემდგარი, როყბრექჩია — უფრო მცირე ლოდებისგან

¹ „ლიაგენეზის“, ბერძნ. — გარდაქმნა.
² „კლაო“, ბერძნ. — ვამტვრევ. „კლასტიური“ — ნამტვრევებისაგან შემდგარი.
³ Breccia, იტალ. — გატეხილი, შეტეხილი.

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

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

დარგვალეზული ნამტვრევების შემთხვევაში, თუ მსხვილი ქვარგვალეზია, კონგლომერატი გვექნება და თუ ხვინჯაა — მიკროკონგლომერატი. კიდევ უფრო პატარა მარცვლის შემთხვევაში მიიღება ქვიშაქვა, მსხვილმარცვლოვანი ან წვრილმარცვლოვანი. როგორც ბრექჩიებში, ისე აქაც განასხვავებენ კირქვის, კვარცის, პოლიმიქტურ კონგლომერატებს და ქვიშაქვებს. პოლიმიქტური ქვიშაქვის სახესხვაობა არის არკოზული ქვიშაქვა². წვრილმარცვლოვან ქვიშაქვებში გაირჩევიან როგორც დარგვალეზული, ისე კუთხედი მარცვლებიც. განასხვავებენ სხვადასხვა კონგლომერატებს და ქვიშაქვებს დულაბის რავგარობითაც.

ძლიერ წმინდამარცვლოვან ქვიშაქვებს, რომელთა გამოსაცნობად ლუპა და მიკროსკოპი არის საჭირო, ალევრიტებს და ალევროლითებს³ უწოდებენ. სხვადასხვა თიხის მიწერალები³ს მიკროსკოპული ფირფიტებისაგან შედგებიან თიხები, პელიტიტების³ წარმომადგენლები.

ქემოგენური და ორგანოგენური ქანები. ზემოთ დასახელებული თაბაშირის, პალიტის და კალიუმის მარილების გვერდით იქნებოდა ისეთი ქანებიც როგორცაა მიწაწითელი, ლატერიტი, ბოქსიტი. შემდეგ კირქვა, დოლომიტი, მერგელი... ნიჟარებისაგან შემდგარ კირქვას, თუ ეგი შედულაბებული არ არიან, ლუმაშელი ქვიშა (სურ. 22). თუ ნიჟარები შედულაბებული არ არიან, ფალენი იქნება. დიატომიტი ძირითადად მიკროსკოპული წყალმცენარეების კაყის ნაჭუჭებისაგან შედგება.

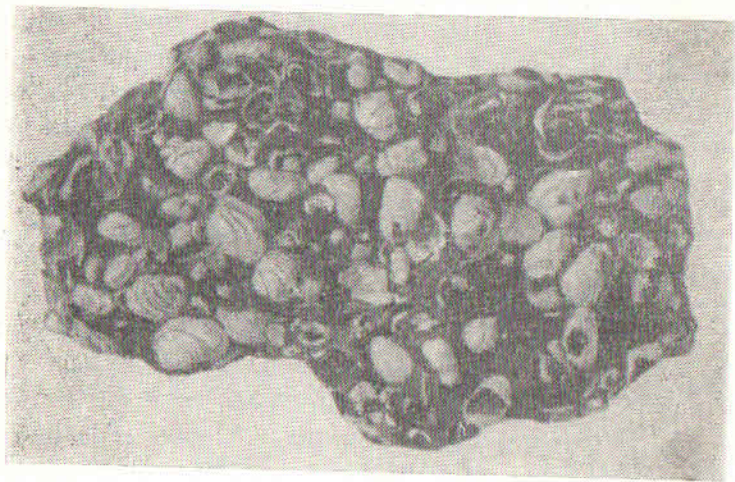
ქიმიური დალექვა წარმოებს არამარტო ტბებში და ლავუნებში, არამედ წყაროებიდანაც. ამგვარად წარმოიშობა კირქვის ტუფი და SiO₂-ის გეიზერიტი (სურ. 222).

ორგანული ნალექები, რომელნიც ცოცხალი ორგანიზმების აქ-

¹ „პოლი“, ბერძნ. — აღნიშნავს სიმრავლეს; „მიკტოს“ — ნარევი, არა წმინდა.
² „ალევრონი“, ბერძნ. — ფქვილი, „ლითოს“ — ქვა.
³ „პელოს“, ბერძნ. — თიხა. „პელიტი“ — ქანი, რომლის მთავარი ნაწილი 001 მმ-ზე მცირე მარცვლებისაგან შედგება.

ტივობის შედეგი კი არ არიან მარტო, არამედ ორგანული ნივთიერე-
ზისაგან შედგებიან, კ ა უ ს ტ ო ბ ი ო ლ ი თ ე ბ ი ს¹ ჯგუფში იყრიან
თავს. ეს არის ჰ უ მ უ ს ე უ ლ ი² და ს ა პ რ ო პ ე ლ ე უ ლ ი³ ქანე-
ბი.

მეტამორფული ქანები. მაგმიდან მაგმეული ქანები წარ-
მოიშობიან, ნალექიდან — დანალექი ქანები. ამ ქანების თვისებები
დამოკიდებულია არა მარტო მათ პირველად შემადგენლობაზე, არა-



სურ. 22. ლ უ მ ა უ ე ლ ი.

შედ იმ გარემოზედაც, რომელშიაც დიაგენეზისი მიმდინარეობ-
და: ყოველი ქანის რავგარობა სწორედ ქანსა და გარემოს შუა ურ-
თიერთმოქმედების გამომხატველი არის. თუ ქანის თვისებები ჯერო-
ვანად შეგუებულია გარემოს პირობებს, წ ო ნ ა ს წ ო რ უ ლ ი მდგო-
მარეობა გვექნება. პირობები თუ შეიცვალა, წონასწორობაც დაირ-
ღვევა.

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

¹ „კაუსტოს“, ბერძნ. — წვის უნარიანი, „ბიოს“ — სიცოცხლე, „ლიტოს“ —
ქვა.

² Humus, ლათ. — მიწა, ნიადაგი.

³ „საპროს“, ბერძნ. — დამპალი, „პელოს“ — ლაფი.

ბაში აღარ იქნება. კერძოდ, მაზედ იმოქმედებს ატმოსფეროს გაზები
და წყალი, ტემპერატურის ცვლა ვიწრო ფარგლებში და სხვა. დაიწ-
ყება პროცესი, რომელიც ახალი წონასწორობისაკენ არის მიმართუ-
ლი და რომელსაც, როგორც დავინახეთ, ფ ი ტ ვ ა ჰქვია. ფიტვა
იწარმოებს, სანამ ახალი წონასწორობა არ დამყარდება.

მაგრამ მეტ შემთხვევაში ქანების თავდადასავალი ამით არ ამო-
იწურება. წარმოვიდგინოთ, რომ მიწის ქერქში მაგმა შეიჭრა ინტ-
რუზიის სახით ან ზედაპირზე გაიშალა, როგორც ეფუზია. გავარვა-
რებული მდნარი უეჭველად შესაფერად იმოქმედებს ქანებზე, რო-
მელთაც შეეხება. მაღალი ტემპერატურა გამოსწვავს ქანს, როგორც
ეს ლავას ქვეშ მოქცეულ თიხას მოსდის ხოლმე, მეორე მხრივ, მაგ-
მიდან გამოსული გაზები და ხსნარები გამოიწვევენ შემცველი და
მიმდებარე ქანების ზოგი მინერალის დაშლას და ახლის წარმო-
ქმნასაც. მოვლენის მიმდინარეობა დამოკიდებული იქნება როგორც
მაგმის, ისე შემცველი ქანის ბუნებაზე.

ბევრად უფრო რადიკალური არის და შეუდარებლად უფრო დიდ
მასებზე გავრცელდება ცვლა, რომელიც წარმოიშობა იმ შემთხვევა-
ში, როდესაც ნალექს ზევიდან ფენა ფენაზე ემატება და ბოლოს ქა-
ნი, რომელიც ზედაპირზედ იყო, რიგი კილომეტრის სიღრმეზე დამარ-
ხული აღმოჩნდება და თანდათანობით დიდი წნევისა და მაღალი
ტემპერატურის პირობებში მოექცევა. ამ ახალ პირობებთან შეგუების
პროცესში შეიცვლება ქანის ფიზიკური თვისებები და მინერალური
შედგენილობაც, რასაც ხელს შეუწყობს ქვევიდან მონადინები
ცხელი ხსნარები და გაზებიც, რომელთაც მ ი ნ ე რ ა ლ ი ზ ა ტ ო -
რ ე ბ ს უწოდებენ სწორედ იმიტომ, რომ მათი ზემოქმედება ქანში
ახალი მინერალების წარმოშობას იწვევს.

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

ქანების ასეთ შეცვლას მეტამორფიზმს¹ უწოდებენ. ზემოთ
დასახელებულ პირველ მაგალითში ეს იქნება შეხების ანუ კ ო ნ -
ტ ა ქ ტ უ რ ო² მეტამორფიზმი, მეორეში — რ ე გ ი ო ნ უ -
ლი³ და მესამეში — დ ი ნ ა მ ი უ რ ი მეტამორფიზმი ანუ დ ი ნ ა -
მ ო მ ე ტ ა მ ო რ ფ ი ზ მ ი. რეგიონულს ეს სახელი იმიტომ მიიკუთ-

¹ „მეტამორფოსის“, ბერძნ. — გარდაქმნა, სახისცვლა.

² Contactus, ლათ. — შეხება.

³ Regio, -onis ლათ. მხარე, ქვეყანა; regionalis — სამხარეო.

ვნეს, რომ იგი მთელ მხარეებზე ვრცელდება ერთდროულად. ცვალებად ინტენსივობაც ამ შემთხვევაში უფრო დიდია.

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

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

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

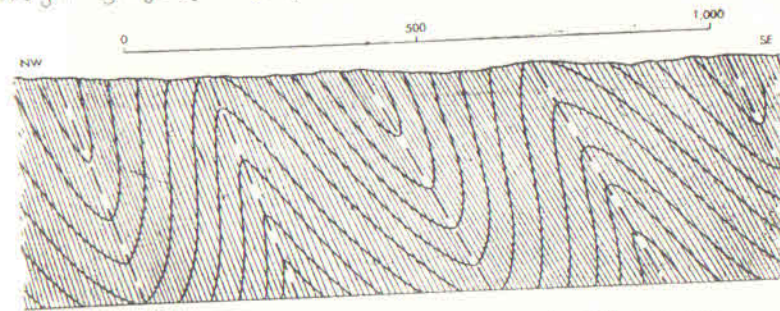
კვარცის ქვიშაქვა კვარცის მარცვლეულებისაგან შედგება და მარცვლებს შუა თავსუფალი პორები. მეტამორფიზმის პროცესში შეიძლება ეს პორები ისევე SiO_2 -ით ამოივსოს და მივიღებთ მთლიანად კვარცისაგან შემდგარ მეტამორფულ ქანს, კვარციტს. (ეს კია, რომ კვარციტი სხვაგვარადაც შეიძლება წარმოიშვას: მოხდება ხოლმე, რომ პორებს კვარცით ამოავსებს SiO_2 -ით მდიდარი გრუნტის წყალი ყოველივე მეტამორფიზმის გარეშე).

უფრო მნიშვნელოვანია სხვა: დინამიური და რეგიონული მეტამორფიზმის პირობებში მაღალი წნევის გავლენით თიხა და თიხიანი ქანები შეიძლება შემჭიდროვდეს, გამტკიცდეს და მოგვეცეს ძლიერ გავრცელებული ქანი ფიქალი. ფიქალი მტკიცე ყავარა ქანია, რომლის დამახასიათებელი არის ტკეჩვადობა ანუ კლივაჟი¹. ფიქალს სულ უფრო და უფრო თხელი ფირფიტები შეიძლება ავატკეჩოთ გარკვეული მიმართულებით. ასეთი ფირფიტების ზედაპირი

¹ Clivage. ფრანგ.—დატკეჩვა, ტკეჩვადობა.

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

ფიქალი ძლიერ გავრცელებულია კავკასიონის სამხრულ ფერდზე. კარგ მაგალითს წარმოადგენს კახეთის და სვანეთის სახურავი ფიქალი. სვანეთში სახლებს ძველი დროიდანვე ფიქლით



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

ხურავდნენ, ნაცვლად ყავრისა. ფიქალსვე ხმარობდნენ კეცების მსგავსად.

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

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

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

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



სურ. 24. ზოლური გენეისი. ნორვეგია.

ლური შედგენილობა იგეტივია, რაც გრანიტის, და, როგორც წესი, ეს ქანი თანდათან გრანიტში გადადის (სურ. 24).

ამგვარად, გრანიტი მეტამორფიზმის ბოლო სტადიის წარმომადგენელი იქნება. წინათ კი იგივე გრანიტი ჩვენ მაგმურ ქანებში მოვათავსეთ. აქ ვეჭახებით პეტროგრაფიისა და საერთოდ გეოლოგიის ერთ

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

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

როგორ შეაითხვა და რჩება

როგორ განირჩევიან მორფოლოგიურად ერთმანეთისაგან კონტინენტები და ოკეანური აუზები? გამოიხატება კოსინის მრუდე და სცადეთ მისი ანალიზი.

როგორია ვარე გეოსფეროების (მიწის ქერქი, ჰიდროსფერო, ატმოსფერო) ქიმიური შედგენილობა? დაასახელეთ მთავარი ელემენტები და მოიგონეთ მათი შეფარდებითი რაოდენობა. რა არის კლარკი? რა არის მადანი და საბადო? რა არის მინერალი? რა ნიშნებით გამოიცნობა იგი? დაასახელეთ და ასწერეთ თქვენთვის ცნობილი მინერალები. რა არის კრისტალი? რა არის მისთვის არსებობა, ფორმა თუ შინაგანი აგებულება? რა არის კრისტალური ხარაჩო? მოიგონეთ მინერალების ქიმიური კლასიფიკაცია.

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

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

აქ მკვლევარი დიდ დაბრკოლებას აწყდება: მიწის ზედაპირი ჩვეულებრივ დაფარული არის სხვადასხვა ბუნების ღორღით, ნიდავით, ყველაფრით იმით, რასაც ფიქვითი ქერქი ჰქვია.

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

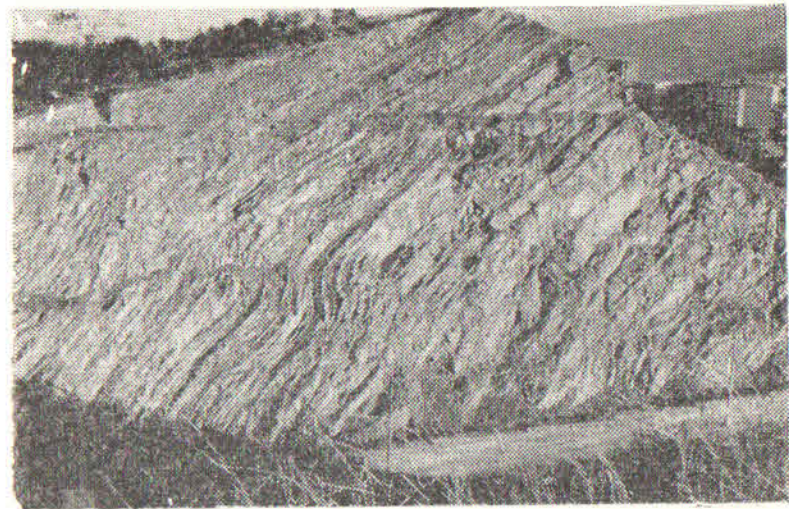


სურ. 25. ბუნებრივი ნაჩენი. ვერეს ხეობის მარცხენა ნაპირი ახალ ხიდთან (თბილისი). გაშიშვლება მიმართებას (იხ. ტექსტი ქვემოთ) მიჰყვება. ამიტომ შრეები პორიზონტული ჩანან.

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

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

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



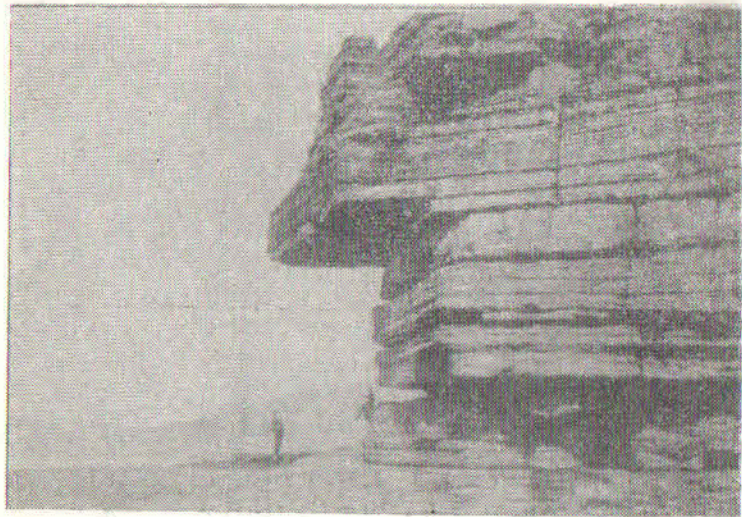
სურ. 26. ხელოვნური ნაჩენი — ქუჩისათვის გაჭრილი ტრანშეა იქვე, აქ გაშიშვლება შრეების დაქანებას მიჰყვება და იგივე შრეები დახრილი ჩანან.

უთვალავი ნაჩენების მიხედვით დადგენილია, რომ დანალექი ქანების წოლის ფორმა არის შრე (სურ. 27). შრე იგივე არის, რაც ერთი ნალექისაგან (ხშირად ერთი ქანისგან) შემდგარი ფენა (სურ. 28), მაგრამ იმ არსებითი განსხვავებით, რომ ქვევითაც და ზევითაც მას მკაფიო საზღვარი აქვს. მოსახლერე შრეების შეხების ზედაპირი და ქვედაპირი ჩვეულებრივ მეტად თუ ნაკლებად შესამჩნევ ბზარს მიჰყვება და შრეები ადვილი დასაცილებელი არიან ერთმანეთისაგან. ფენების წარმოშობა დალექვის დროს ხდება, ხოლო შრეებად გათვისება — დიაგენეზის პროცესში.

რაკი შრის წარმოშობა დალექვასთან არის დაკავშირებული, მის პირვანდელ მდებარეობას პორიზონტულად სთვლიან. სთვლიანო იმიტომ უნდა ითქვას, რომ დალექვა აუზის ფსკერზედ არის მორგებული და ეს ფსკერი კი არასოდეს დიდ ფართობზე ზუსტად

ჰორიზონტული არ იქნება. ჩვეულებრივ დახრილობა ერთი-ორი გრადუსი არის, მაგრამ არის შემთხვევები, როდესაც ეს კუთხე 45°-მდეც კი იზრდება. ეს უკიდურესი შემთხვევაა და იშვიათი.

რაკი შრე საკმაოდ მიახლოებით ჰორიზონტულად ილექება, მისი თავდაპირველი ზედაპირ-ქვედაპირიც ჰორიზონტულია და ერთი-



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

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

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

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

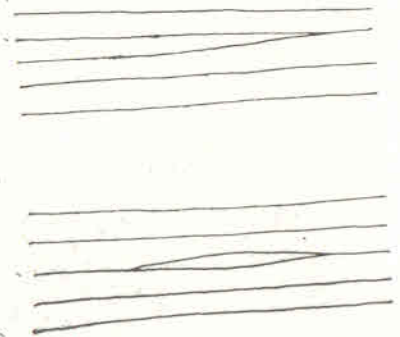
კიდევ უფრო თვალსაჩინოა ცვლილებები შრის გასწვრივ, თუ საკმაოდ შორს გავსდევთ მას. ამ შემთხვევაში შეიძლება ქვიშაქვა თანდათან თიხიანმა ქვიშაქვამ და შემდეგ თიხამ შესცვალოს ან კიდევ კირქვა მერგელში გადავიდეს და სხვა მრავალი ასეთივე.

მეორე მხრივ, რაგინდ შორს ვრცელდებოდეს შრე, ბოლოს ის უნდა გათავდეს: ჩვეულებრივ შრის სისქე თანდათან დაიკლებს და იგი გამოსოფლდება. თუ გამოსოფლება ყველა მიმართულებით ახლო მანძილზე ხდება, მივიღებთ თავისებური ფორმის შრეს, რომელსაც ლინზა ჰქვია. არის მეტად თუ ნაკლებად დიდი და პატარა ლინზები. ხშირი მოვლენაა ქვიშის ლინზები თიხაში და სხვა ასეთი.

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

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

ერთიმეორის მომყოლი შრეების ერთობლივობას, დიდს თუ პა-

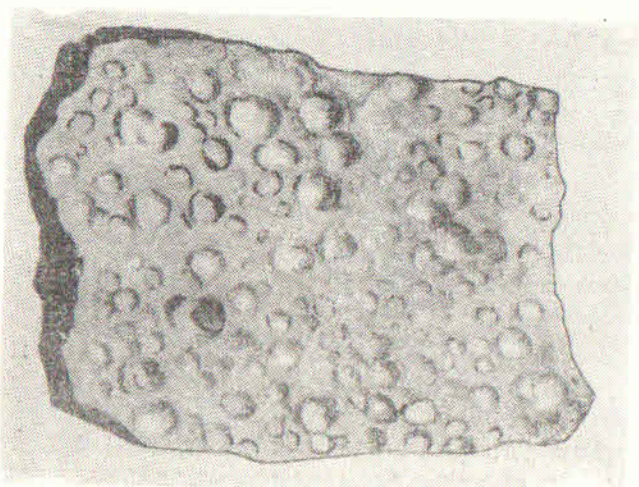


სურ. 28. შრეებრივობის სქემა. ზედა ნახაზი — შრეები და შრის გამოსოფლება, ქვედა — პატარა ლინზა. შრეებში მოქცეული.

ტარას, მათი ლითოლოგიური რაობისაგან დამოუკიდებლად შრე-ნარს უწოდებენ.

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

გვხვდება წვიმის ნაწვეთავი (სურ. 29), მლოლავი ცხოველების ნაკვალევი, მოარული ცხოველების ტერფის აღნაბეჭდები



სურ. 29. წვიმის ნაწვეთავი ქანზე (ქანი იმ დროს შემტკიცებული არ იქნებოდა).

და სხვა. ყველაფერი ეს იმ დროიდან დარჩენილა, როდესაც ნალექი ჯერ კიდევ შემტკიცებული არ იყო. აღვნიშნოთ, მაგალითად ასზე მეტი მილიონი წლის წინათ გადაშენებული დიდი ქვეწარმავლების ნაკვალევი კირქვაზე ქუთაისთან (სურ. 30).

ჩვეულებრივ მარჩ აუზში დაღეჭილი წმინდამარცვლოვანი ქანის ზედაპირი ხშირად ტალღისებურ ზოლებად არის ამოხნეჭილ-ჩაზნეჭილი. სურათი რამდენაღმე გამხდარი კაცის გვერდზე ნეკნების მოხაზულობას მოგვაგონებს და ამიტომ მათ რიპელმარკები¹ შეარ-

¹ Rippe, გერმ. — (გვერდის) ნეკნი, Marke — ნიშანი.

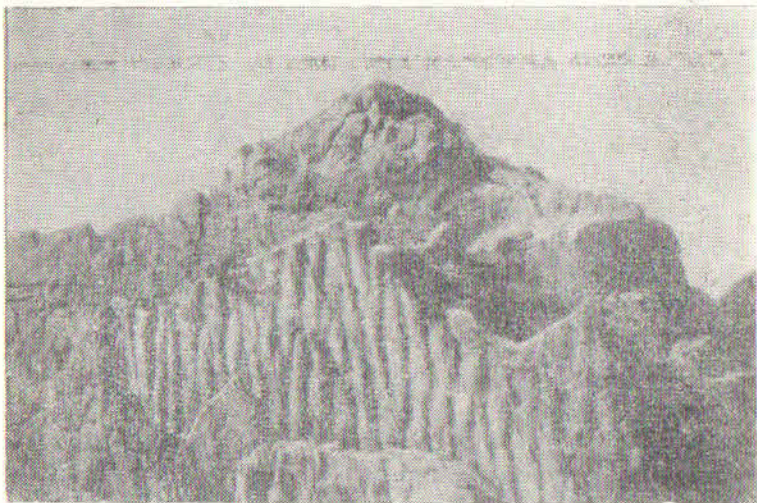


სურ. 30. ქვეწარმავლის ნაკვალევი კირქვაზე (იმდროინდელი ზღვის პირას) სათაფლიას გვერდით ქუთაისთან.

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

ამ ფიგურებს დიდი მნიშვნელობა აქვს იმ მხრივაც, რომ ისინი შრის ზედაპირის და ქვედაპირის გარჩევის საშუალებას იძლევიან მაშინაც კი, როდესაც შრის პირვანდელი განლაგება შეცვლილი არის.

მართლაც, ქვედა შრის ზედაპირი ზედა შრის ზედაპირზე ზუსტად არის მორგებული, მაგრამ ჩამოთვლილი ფიგურების ფორმა ერთ შემთხვევაში და მეორეში სხვადასხვა იქნება. მაგალითად, წვიმის ნაწვეთავი ზედაპირზე ფოსოებით იქნება წარმოდგენილი და მომყოლი შრის ქვედაპირზე კი კოპებით. თუ აღმოჩნდება, რომ ზედა



სურ. 31. რიპელმარკები კამბრიულისწინა გენისებზე. შოტლანდი.

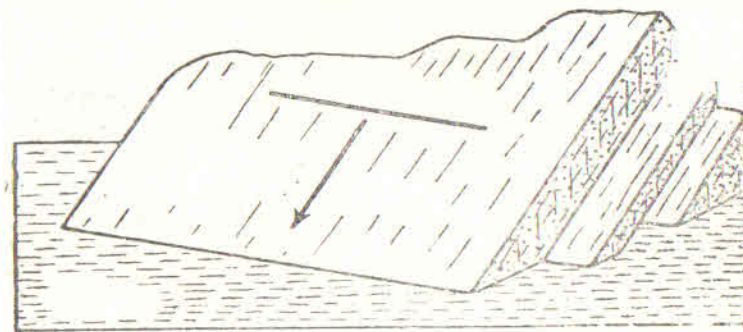
მხარეზე შრეს ასეთი კოპები აზის, დავასკვნიტ, რომ შრე გადაბრუნებული არის.

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

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

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

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



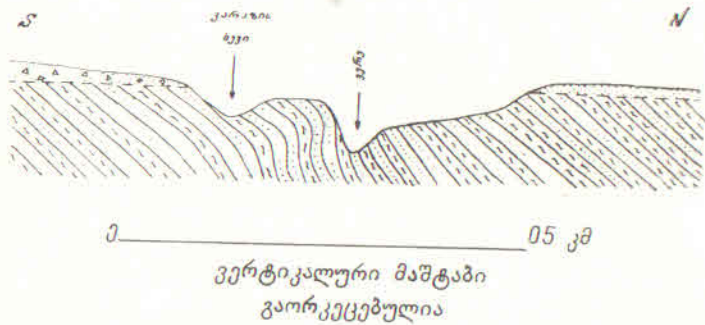
სურ. 32. მიმართება-დაქანება (ბლოკდიაგრამა). შრის ზედაპირზე გავლებული ჰორიზონტული ხაზი წარმოდგენს შრის მიმართებას, დახრილი — დაქანებას.

შისი გაზომვა კომპასზე მოთავსებული კლინომეტრის¹ (კუთხემზომის) საშუალებით ხდება. ვთქვათ, მივიღეთ 50°. ასეთი დაქანება ითქმის: დაქ. 240° ± 50°, და შრის განლაგება სავსებით გარკვეულია.

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

¹ „კლინო“, ბერძნ. — ვხრი; „მეტრო“ — ვზომავ.

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



სურ. 33. გეოლოგიური ქრილი მდ. ვერის ვარდიგარდში. თბილისის უნივერსიტეტთან (ვ. ალფაიდის მიხედვით).

ტორს წარმოუდგენია. მეორე მხრით, ნახაზი პირობითი რამ არის, რადგან საგანი, მაგალითად კირქვის შრე, არ იხატება, არამედ პირობითი ნიშნით, ე. ი. სიგნატურით¹ წარმოადგინება. სიგნატურა-სა და მისი საშუალებით წარმოდგენილ საგანსა თუ თვისებას შორის მხოლოდ პირობითი კავშირი არის. მაგალითად, კირქვას ხშირად სწორკუთხედებით გამოხატავენ, თიხას — ტალღებრივი ხაზებით, მაგრამ შეიძლება საწინააღმდეგო გზასაც დავდგომოდით. სწორედ ამიტომ არის საჭირო, რომ ასეთ ნახაზს სიგნატურის განმარტება, ანუ ლეგენდა² დაერთოს.

შემდეგ, გეოლოგიური ობიექტი შეუძლებელია მისი ნამდვილი სიდიდის დაცვით წარმოვადგინოთ. ასეთ შემთხვევაში ვერის ხევის

¹ Signatura, ლათ. — ხელმოწერა. დღეს — ნახაზზე ხმარებული პირობითი ნიშნები.

² Legenda, ლათ. — რაც უნდა წაკითხულ იქნას.

ზემოხსენებული ტრანშეის ქრილი, ქალაქის ფურცელზე კი არა, თითქმის არ დაეტეოდა. რაღა ითქმის კავკასიონის ქრილზე? აუცილებელია სიდიდეთა შემცირება. ვთქვათ, ქრილის სიგრძე ბუნებაში 100 კმ არის. წარმოვადგინოთ იგი 10 სმ სიგრძე ხაზით. ხაზის სიგრძე 10⁶-ჯერ ნაკლები იქნება, ვიდრე სათანადო მანძილი ბუნებაში. 1:10⁶ იქნება ნახაზის მასშტაბი³. ეს იმას ნიშნავს, რომ ამ ნახაზზე ყოველი მანძილი 10⁶-ჯერ ნაკლები უნდა გამოვსახოთ, ვიდრე ნამდვილად არის. კილომეტრის ნახაზს 1 მმ სიგრძე ექნება, ხოლო ნახაზზე აღებული 5 მმ უდრის 5 კმ-ს.

მაგრამ ქრილი ხომ ორ განზომილებას იძლევა: სიგრძეს და სიმაღლეს. დაუშვათ, რომ ქედის სიმაღლე 4 კმ არის. ნახაზზე ეს მოგვცემს 4 მმ. სიმაღლის ასეთი განსხვავება ოდნავ შესამჩნევი თუ იქნება. თვალსაჩინობისთვის ქედის სიმაღლეს 20 მმ მაინც აიღებენ. სიმაღლის მასშტაბი იქნება არა 1:10⁶, არამედ 1:200 000. ახლა რელიეფი მკაფიოდ ჩანს, მაგრამ სიგრძე-სიმაღლის შეფარდება დამახინჯებულია, სიგრძის მასშტაბი სხვაა და სიმაღლისა სხვა. დამახინჯება ზოგჯერ ათკეცი, ოცკეცი და მეტიც არის. ამიტომ, როდესაც ქრილს ვეცნობით, ყოველთვის უნდა გავითვალისწინოთ, როგორი არის სიმაღლეთა მასშტაბი, ნორმული თუ გაზვიადებული და რამდენად.

მეტი თვალსაჩინობისთვის გეოლოგიური აგებულება შეიძლება გამოიხაზოს არა ორი განზომილებით, ე. ი. ქრილში ან გეგმაში, არამედ სამი განზომილებით, სტერეოგრაფიულად. ეს იქნება ბლოკდიագრაფია³ (სურ. 32).

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

¹ Mass, გერმ. — ზომა, Stab — ჯოხი, საზომი ჯოხი.

² „სტერეოს“, ბერძნ. — სივრცობრივი, „გრაფო“ — ვწერ.

³ „დიაგრამა“, ბერძნ. — ნახატი, მთლიანი სურათი.

ბული თითქმის ყველა შრე „ჰორიზონტული“ არის, რადგან მათი დიდი ნაწილი ზღვიური ნალექებია. მამასადამე, ზღვის დონეს ქვევით წარმოშობილან და დღეს კი ხმელეთზე მოქცეულან. ცხადია, მათ აზევება განუცდიათ, მაგრამ ისე, რომ განლაგება არ შეცვლილა.

მთიან მხარეებში ასე არ არის. თბილისში საბურთალოდან დილისაკენ რომ წავიდეთ და გზადაგზა შრეებს დავაკვირდეთ, დავინახავთ, რომ ჯერ შრეები სამხრეთისკენ არიან დაქანებული დიდი კუთხით, შემდეგ ჩრდილოეთისაკენ. ეს შრეები ზღვიურ ქვიშაქვებს წარმოადგენენ და, ცხადია, ასე არ დალექილან: მათი განლაგება დალექვის შემდეგ არის შეცვლილი. სხვაგან კიდევ შრეები გაწყვეტილი არიან და ერთიმეორის მიმართ გადაადგილებული (ზემო ავჭალა). მსგავს მოვლენებს შრეების აშლა ან უდისლოკაციის¹ ჰქვია. დისლოკაცია შეიძლება იყოს უწყვეტო და წვეტიანი. დისლოკაციებისა და საერთოდ შრეების განლაგების შესწავლას აწარმოებს გეოლოგიის სპეციალური დისციპლინა — სტრუქტურული გეოლოგია, ხოლო თვით ეს განლაგება ტექტონიკა² იქნება.

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

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

ამგვარად დეფორმებულ შრეებზე იტყვიან, ისინი შენაოჭებული არიანო. დიდი და წესიერი ნაოჭები მტკიცე და სქელ შრეებში ვითარდება. ასეთ შრეებს კომპეტენტურს უწოდებენ.

¹ Dislocatio, ლათ. — გადაადგილება.

² „ტექტონომაია“, ბერძნ. — შენება.

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



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

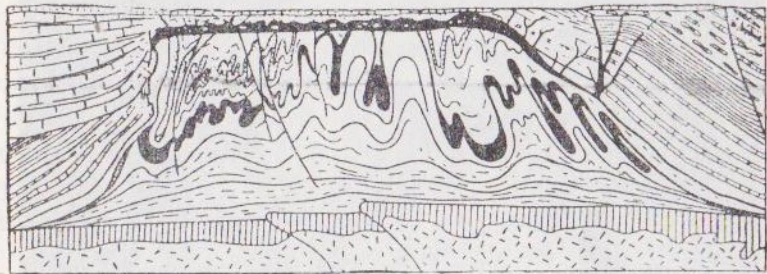
განსაკუთრებით დამახასიათებელი არის აშმუშენილობა ქვამარილისა და მისთანათა ნალექებისათვის (სურ. 35). როდესაც არაკომპეტენტური შრეები კომპეტენტურებთან მორიგეობენ, დისლოკაციის ხასიათს უკანასკნელნი განსაზღვრავენ — წესიერი ნაოჭები წარმოიშობა.

როგორც დასახელებული მაგალითებიდან ჩანს, ნაოჭი ზოგი ამოზნექილია, ზოგი ჩაზნექილი. მათ ერთობლივობას ტალღებრივი ხასიათი აქვს (სურ. 36). ამოზნექილი ნაოჭი შედგება თალისა და ორი ფრთისაგან, ჩაზნექილი — ისევ ორი ფრთისა და ძირისგან. პირველ შემთხვევაში ფრთები ერთიმეორის საწინააღმდეგოდ არიან დაქანებული. ეს იქნება ანტიკლინი¹. მეორე შემთხვევაში, სა-

¹ „ანტი“, ბერძნ. — წინააღმდეგ; „კლინო“ — ვხრი.

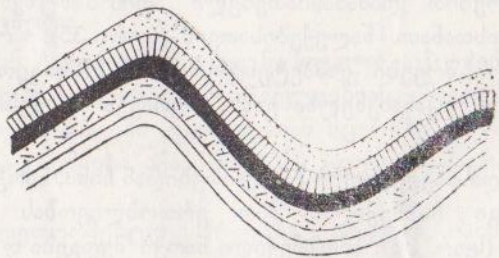
დაც ფრთები ერთიმეორისკენ არიან დაქანებული, სინკლინი¹ გვექნება.

ნაოჭის თაღის ან ძირის (სინკლინის შემთხვევაში) იმ ადგილს, სადაც გადალუნვა ხდება, შარნირი ანუ საქცევი ჰქვია თუ



სურ. 35. მარლიის ტექტონიკა (ჭ. ჰანოვერის ახლოს ვერმანიაში). ძლიერი ლაბილობის გამო ქვაშარლის, კალიუმის შარღობის და სხვათა დიდი საბადოები ძლიერ თავისებურად არიან აშუშენილი. ეს მოვლენა არსებითად განსხვავდება ჩვეულებრივი დანაოჭებისგან და მისი შესწავლა ტექნიკური კვლევის სპეციალურ ამოცანას წარმოადგენს.

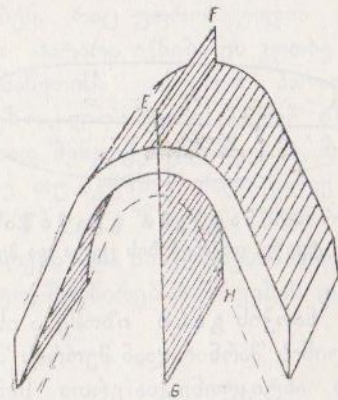
ნაოჭი წაგრძელებულია, შარნირიც გრძელი ვიწრო ზოლის სახეს მიიღებს. ნაოჭის შემადგენელ თითოეულ შრეს, ცხადია, თავისი შარ-



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

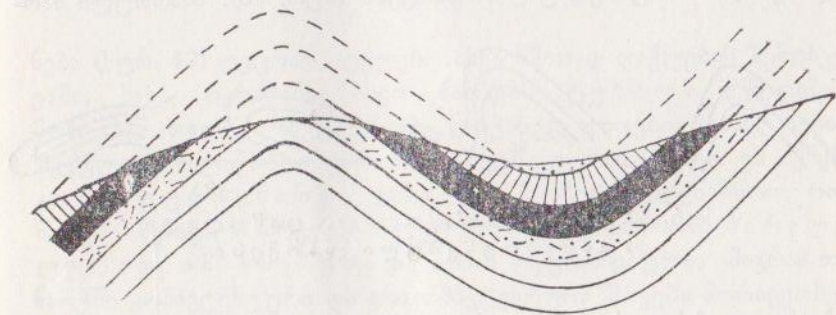
¹ „სინ“, ბერძნ. — თანა და „კლინო“.

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



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

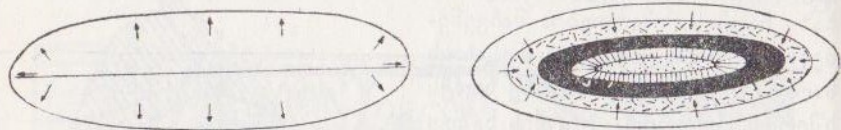
ზედაპირის გადაკვეთის ხაზს ღერძის ხაზი ჰქვია. ღერძის ხაზი ნაოჭის მიმართების მაჩვენებელი არის და კარგად გამოსახავს ნაოჭის სიგრძესაც. ნახაზზე ნაოჭს ხშირად სწორედ ღერძის ხაზით წარმოადგენენ (სურ. 39). ნაოჭის უფრო მიახლოებულ გამოსახულებას გეგმაში მეტად თუ ნაკლებად წაგრძელებული ელიპსის ფორმა ექნება (სურ. 39).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



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

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

წრიულად შეიცვლება. ასეთ დაბოლოებას პერიკლინი¹ ანუ პერიკლინური დაბოლოება ეწოდება. პერიკლინი კარგად უჩანს გეგმაში გამოხაზულ ნაოჭებს (სურ. 39).



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

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

თუ ნაოჭის ღერძი ვერტიკალური არის, ამართული ნაოჭი გვექნება. არის წახრილი, წაწოლილი, დაწოლილი და გადაბრუნებული ნაოჭები (სურ. 40). ამართული ნაო-



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

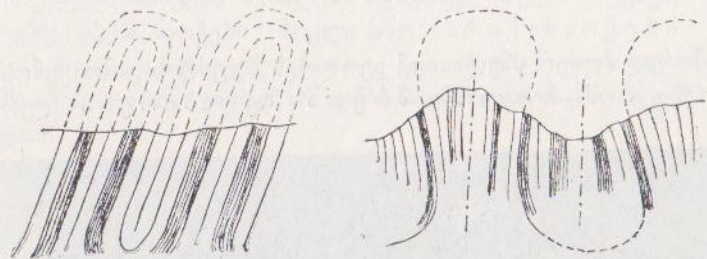
ჭი ჩვეულებრივ სიმეტრიული არის, ე. ი. მისი ერთი ფრთა მეორის სარკისმიერულ ანარეკლს ემთხვევა. მეტნაკლებად წახრილ ნაოჭში კი შეგვიძლია ნორმული და შექცეული ფრთა გა-

¹ „პერი“, ბერძნ. — გარშემო და „კლინო“ — ვხრი.

ვარჩიოთ. უკანასკნელი გაწვდილ-გათხლებული არის, ნაოჭი ასიმეტრიულია.

როდესაც ნაოჭის ღერძსა და ფრთებს შუა გარკვეული კუთხე არის, ნაოჭს ნორმულს უწოდებენ. რაც უფრო დიდია და ნაოჭების ინტენსიურობა, მით უფრო პატარა იქნება ეს კუთხე და ბოლოს ფრთა ფრთას მიეკვრის, ერთმანეთისა და ღერძის პარალელური გახდება. ასეთ ნაოჭებს იზოკლინური¹ ჰქვია. იზოკლინური ნაოჭები ხშირია ინტენსიურად შენაოჭებულ მთებში, მაგალითად კავკასიონის სამხრულ ფერდზე. თუ მკუმშავი ძალა კიდევ შეტია, შეიძლება წარმოიშვას მარაოსებური ნაოჭი (სურ. 41).

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



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

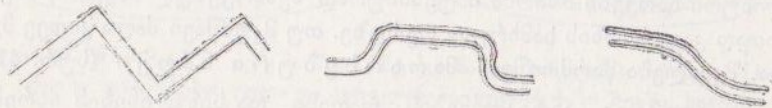
ნება (სურ. 42) უეცრად იცვლება. ასეა ხშირად ფიქლების შემთხვევაში, მაგ., ოკრიბაში. ასეთ ნაოჭებს ტეხილს უწოდებენ. მოხდება ხოლმე ისეც, რომ ნაოჭის ფრთები დაახლოებით შეველია, ხოლო თალი ფართო და მეტნაკლებად სწორი. ეს იქნება კოლოფური ნაოჭი. დასასრულ შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ ნაოჭში შემავალი შრეები ჩვეულებრივ ერთიმეორის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

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

¹ „იზო“, ბერძნ. (თავსართავი) — მსგავსი, ტოლი.

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

იზოკლინური დანაოჭების შემთხვევაში, განსაკუთრებით თუ ნაოჭთა თაღები გადარეცხილია, ანტიკლინის და სინკლინის გამოც-



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

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



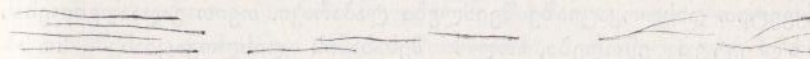
სურ. 43. დისპარმონიული ნაოჭები. შენაოჭებული თაბაშირი დაუნაოჭებელ შრეებში მოქცეული. თაბაშირის დანაოჭება სპეციალური მიზეზით არის გამოწვეული (ანპიდრიტის გადასვლა თაბაშირში და მოცულობის სათანადო ზრდა).

ორივე მხარეზე გარეთევენ არის მიქცეული, სინკლინში კი — შიგნითკენ, ე. ი. ღერძისკენ.

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

ნაოჭების დაჯგუფება. ნაოჭები ზოგან განცალკევებული გვხვდებიან, როგორც, მაგალითად, ურალის დასავლეთით ვოლგის მხარეში, ჩვეულებრივად კი მრავალი არის ერთად დაჯგუფებული, როგორც კავკასიონზე, ურალზე და სხვა ნაოჭა მთებში. ვათვისებული ნაოჭები შეიძლება წაგრძელებული იყვნენ, მაგრამ მცირეზე, ასეთ ნაოჭებს მოკლე ანუ ბრაქინაოჭები¹ ეწოდება. ბრაქინაოჭები და ბრაქისინკლინები. თუ ნაოჭის სიგრძე დიდად არ განსხვავდება განისგან, გუმბათს იტყვიან.

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



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

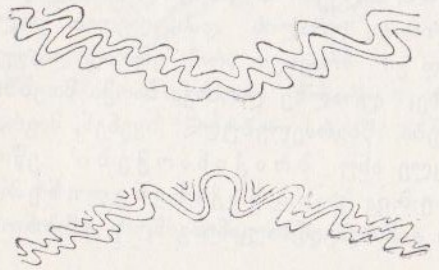
რამ შეიძლება განვითარების პროცესში ერთი ნაოჭი მეორეს გადაეხას. ეს იქნება ნაოჭების ვირგაცია. ისიც მოხდება, რომ განვითარებისას ნაოჭი რაიმე დაბრკოლებას წააწყდება, მაგალითად, მცირე უღრეკ მასას. ასეთ შემთხვევაში ნაოჭი შეიძლება გაიყოს.

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

¹ „ბრაზის“, ბერძნ. — მოკლე.

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

ნაოჭების გენეზისი გეოლოგიის ერთი ურთულესი საკითხთაგანია. ეს კია, რომ დანაოჭება ძირითადად უეჭველად მთების წარმოშობასთან არის დაკავშირებული. გათვისებული ნაოჭებიც კი მთების გვერდით გვხვდებიან. მართალია, ცნობილი არის სხვაგვარი ნაოჭებიც, მაგალითად მეწყრული ნაოჭები ან მარილიანი წყებების ნაოჭები, მაგრამ მათი მნიშვნელობა შეუდარებლად უფრო მცირეა. ამ საკითხზე შემდეგ გვექნება მსჯელობა.



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

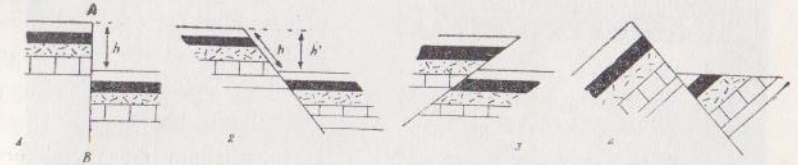
წყვეტილი დისლოკაციები. ქანები თითქმის ყოველთვის დასერილი არიან ბზარებით და ნაპრალებით, მაგრამ, თუ ამას ნაპრალის გასწვრივ ქანის გადაადგილება არ ახლავს, ეს იქნება განწევრება და არა დისლოკაცია.

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

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

ქვედა ბაგე (ნახაზზე მარჯვნივ). ხაზები h და h' წარმოადგენენ სხლეტვის ამპლიტუდს. უკანასკნელი იზომება არა ერთი ბაგის კიდიდან მეორის ზედაპირამდე, არამედ რომელიმე შრიდან ერთ ბაგეში იმავე შრემდე მეორე ბაგეში. თუ ეს ხაზი შვეული არის, იგი იწოდება გადაადგილების ვერტიკალურ ამპლიტუდად.

თვით მოძრაობის მიმართულებაზე ნახაზის მიხედვით და ხშირად ბუნებაშიც გარკვეულს ვერაფერს ვიტყვით. ასეთი სურათი მიიღება, თუ ზედა ბაგემ ქვევით დაიწია, და მაშინაც, თუ ქვედა ბაგე

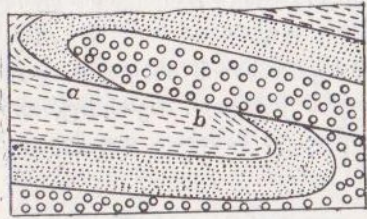


სურ. 46. ნასხლეტები: დასხლეტი (ვერტიკალური დასხლეტი), დახრილი დასხლეტი, ასხლეტი, დასხლეტი დაქანებულ შრეებში. AB — სხლეტვის ზედაპირი.

ზევით აიწევს. შეიძლება ისიც, რომ ორივე ბაგე ზევით აწეული იყოს, მაგრამ ზედა ბაგე ნაკლებად და ამიტომ ჩამორჩენილი. შეიძლება ასევე ორივე ბაგე დაწეული იყოს, მაგრამ ქვედა ჩამორჩენილი. არც ის არის გამორიცხული, რომ ქვედა ბაგეს აეწიოს და ზედას დაეწიოს: სხლეტვის ამპლიტუდი ორი მოძრაობის ალგებრული ჯამი იქნება. თუ დავუმატებთ, რომ ყოველივე ამას შეიძლება განივი მოძრაობაც დაერთოს (ჰორიზონტული ან დახრილი), ადვილი დასანახავი იქნება, რამდენად ძნელია მოძრაობის აბსოლუტური ხასიათის დადგენა. ამიტომ კმაყოფილებიან იმით, რომ შეფარდებითს მოძრაობას აღნიშნავენ.

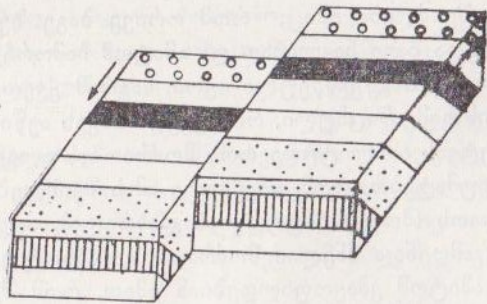
თუ ნასხლეტში ზედა ბაგე არის ქვედას მიმართ დაწეული, ეს იქნება დასხლეტი. თუ ზედა ბაგე აწეულია (სურ. 46), ასხლეტი გვექნება. დამრეცი სხლეტვის ზედაპირის შემთხვევაში (სურ. 47) ამბობენ შესხლეტიო ან შეცოცებაო. ასხლეტს და შესხლეტს შებრუნებულ დასხლეტსაც უწოდებენ ნორმული დასხლეტისაგან გასარჩევად. ნასხლეტი, რომელშიც გადაადგილებას ჰორიზონტული მიმართულება აქვს, იქნება განსხლეტი ან უნაწევი (სურ. 48).

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



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

ამ ზონაში დამსხვრეული ქანის ხარჯზე შეიძლება წარმოიშვას ხახუნის ბრეჩია. რღვევის სიგრძისა და ვერტიკალური ამპლიტუდის მიხედვით

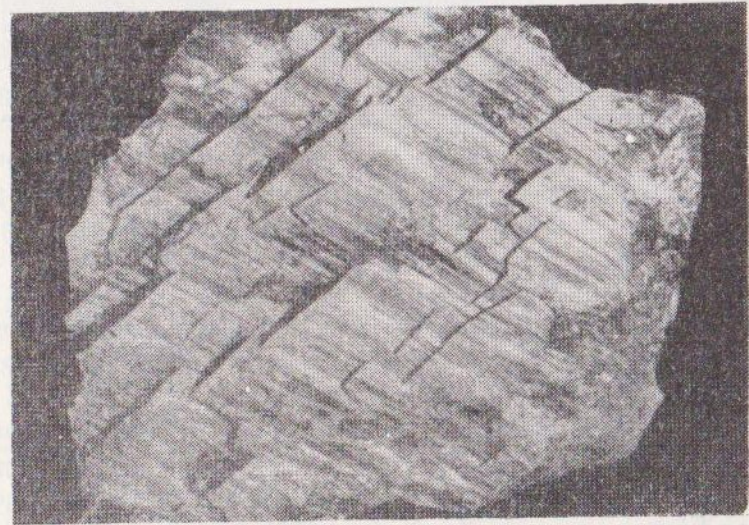


სურ. 48. განსხლეტი (ნაწევი).

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

ნაოჭების მსგავსად ნასხლეტებიც ზოგან ცალკეულად გვხვდ-

ბიან, ზოგან კი დაჯგუფებული. დაჯგუფება შეიძლება იყოს რადიალური, კონცენტრიული, პარალელური. თუ პარალელური ნასხლეტები ერთი მხარისკენ არიან დასხლეტილი ან ასხლეტილი, მივიღებთ კიბურ ნასხლეტებს (სურ. 50). თუ დასხლეტვა პარალელური ნასხლეტების ზოლის შუაგულისკენ ხდება და იქეთ-აქეთ კი-



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

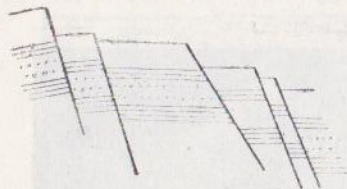
დეები მაღალი დარჩენილან, ეს იქნება გრაბენი¹. წინააღმდეგ შემთხვევაში, როდესაც შუა ნაწილი ამალღებულია და იქეთ-აქეთ მხარე დასხლეტილი, ჰორსტი² გვექნება (სურ. 51, 52). შეიძლება ისიც, რომ ნასხლეტთა დაჯგუფებაში წესი რამე არ ჩანდეს ან ერთი რღვევა მეორეს ჰკვეთდეს კიდეც.

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

¹ Graben, გერმ. — თხრილი.

² გერმანული ტერმინია.

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



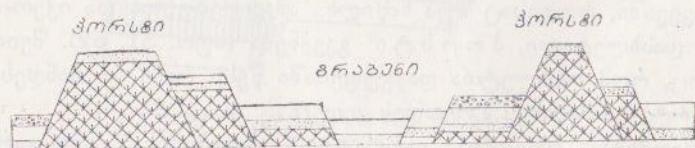
სურ. 50. ნასხლეტების საფეხურებრივი დაჯგუფება.

ფარს ქვევით ჩადიან.

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

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

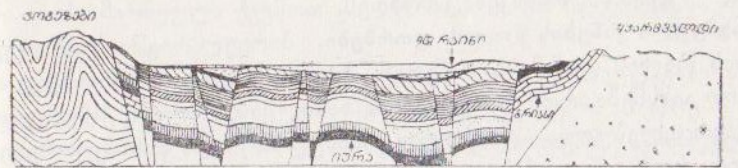
ცალგვერდ ნაოჭს, ისევე როგორც ნაოჭებს საერთოდ, ტანგენსური, შრისგასწვრივი ძაბვა იძლევა. ჩვეულებრივ ეს ხდება დახრი-



სურ. 51. პორსტი და გრაბენი. კალხარის უდაბნო SW აფრიაში (სქემა).

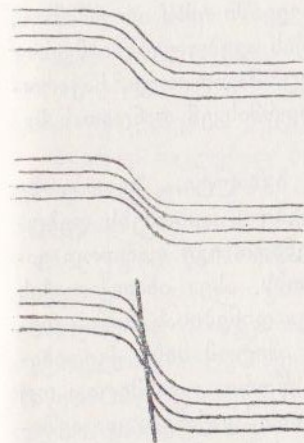
ლი შრეების ცოცვის შემთხვევაში, რისი ნახვაც, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, კარგად შეიძლება თბილისიდან წყნეთს მიმავალი შარის პირას. ტიპური ფლექსურა კი შრის გამკვეთი ძაბვით არის გამოწ-

ვეული. მხოლოდ, ძაბვას გამოუწვევია შრის გაღუნვა და არა წყვეტისგასწვრივი მოძრაობა. აქაც, თუ გადაადგილების ამპლიტუდი

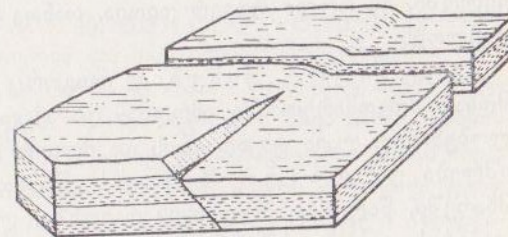


სურ. 52. რეინის გრაბენი შვარცვალდსა და ვოგეზებს შუა.

მატულობს, ამას მოჰყვება შრეების გაწყვეტა (სხლეტვა) და სათანოდ დასხლეტვა ან შესხლეტვა. სხვათა შორის, აქედან ისიც ჩანს, რომ ნასხლეტი, როგორც წესი, წინასწარ არსებულ ნაპრალს კი არ მოჰყვება, თვითონ აჩენს მას.



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



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

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

ხშირად ნასხლეტი მეტ-ნაკლებ სიღრმეზე ვითარდება ტოპო-გრაფიულ ზედაპირს ქვეშ. ზედაპირისკენ იგი თანდათან სუსტდება და შეიძლება ფლექსურით გათავდეს. ასეთი რამ, მსგავს პირობებში, შესაძლებელია სიღრმისკენაც მოხდეს.

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

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

ეფუზიური ქანები, როგორც ბაზალტი, ზედაპირზე მდნარ მდგომარეობაში ამოდიან და აქ დინებითს ფორმებს ღებულობენ. თუ ლავა უხვად არის და ძლიერ დენადი, იგი ფართოდ გაიშლება და ლავურ ზეწარს წარმოშობს. ასეა ახალქალაქის მხარეში, წალკაში, ბოლნისის რაიონში. ლავა დინებისას მიწის ზედაპირის ყველა უსწორმასწორობას ავსებს, ამიტომ მისი ქვედაპირიც უსწორმასწოროა. ზედაპირი, პირიქით, სწორია და მეტად თუ ნაკლებად დაქანებული დინების მიმართულებით. დაქანება დაკავშირებულია ლავის სიბლანტესთან: რაც მეტია სიბლანტე, მით მეტი უნდა იყოს დაქანება, რომ ლავამ იდინოს. თანაც ეს სიბლანტე სწრაფად მატულობს გაცივების გამო თვით დინების პროცესში.

რადგან ბევრ შემთხვევაში ლავის ამონთხევა ერთსა და იმავე ადგილას რამდენიმეჯერ მეორდება, ხშირად ზეწარი ზეწარზე, არის განლაგებული სართულებად. თუ ამონთხეული ლავის რაოდენობა მცირეა და ფუძის დაქანება დიდი, ზეწარის ნაცვლად ლავის ნაკადი წარმოიშობა. ასეთია ლავის ნაკადი, რომელიც ბორჯომში ბოლოვდება. ნაკადი შეიძლება პატარაც იყოს და დიდიც. ზოგ შემთხვევაში ზეწარის და ნაკადის გარჩევა სუბიექტური საქმეა.

ზეწარიც და ნაკადიც, ადრე თუ გვიან გაცივების შემდეგ, შეიძლება უფრო ახალგაზრდა ნალექებით დაიფაროს. მაგალითად, წალკა-თეთრიწყაროდან მონადენი ნაკადი მარნეულამდე გაშიშვლებული არის, მარნეულს ქვემოთ კი იგი ხრამის და ალგეთის ნალექებს დაუფარავს.

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

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

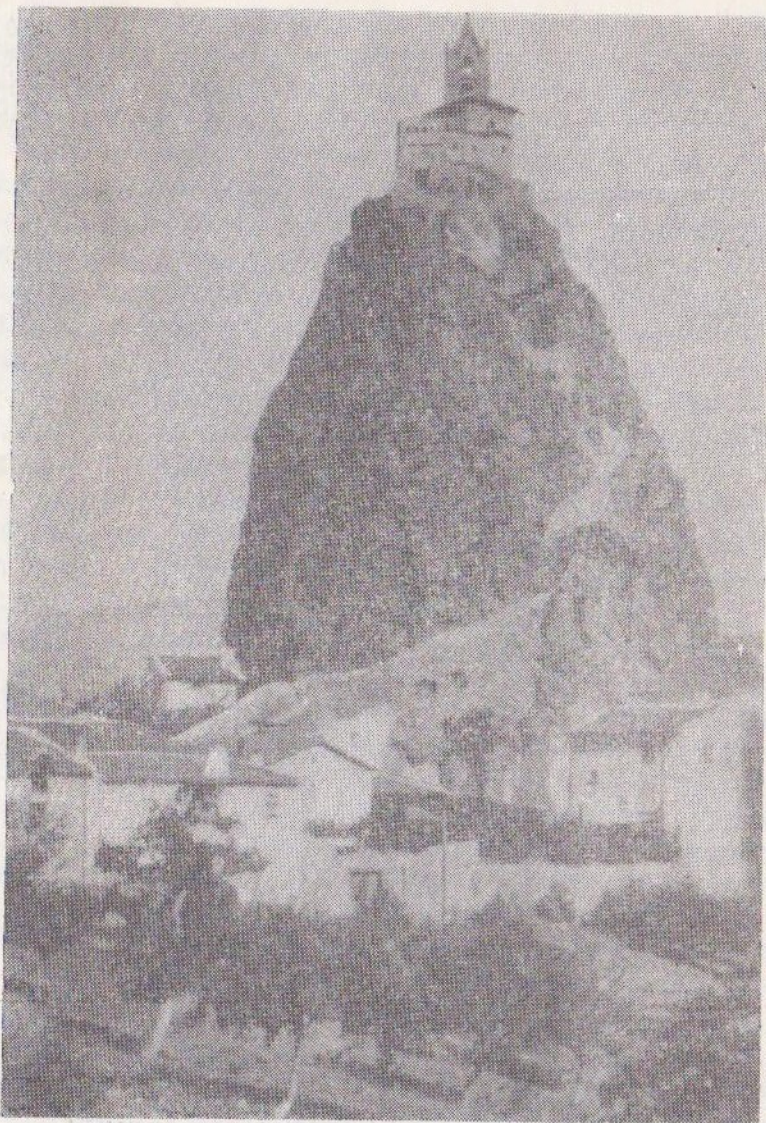
ბევრად ნაკლებად წესიერია და თან ძლიერ მრავალგვარი ინტრუზიული ქანების წოლის ფორმა. როდესაც მაგმა მეტ-ნაკლებად ვიწრო ნაპრალებში არის შეჭრილი, სხვადასხვა სახის ძარღვები წარმოიშობა. თუ მაგმატიტის (მაგმეული ქანის) მიერ დაჭერილი ადგილი გარდიგარდმო ჭრილში ყველა მიმართულებით დაახლოებით ერთგვარია, ე. ი., თუ ინტრუზიული სხეული იზოდიამეტრულია, ძარღვს სვეტისებური ფორმა ექნება, ეს იქნება ნეკი¹. რადგან ინტრუზიული ქანი ჩვეულებრივ მის შემცველ დანალექებზე უფრო გამძლეა, ნეკი ზედაპირზე ზოგჯერ სვეტისებური სხეულის სახით არის გაშიშვლებული (სურ. 55).

როდესაც ინტრუზივი გრძელსა და შედარებით ვიწრო ნაპრალს ავსებს, წარმოიშობა კედლისებური დაიკი² (სურ. 56). მეტნაკლებად იზოდიამეტრული და შედარებით მოზრდილი ინტრუზივი შტოკი³ იქნება. ყველა ეს სხეული სიღრმისკენ საკმაოდ შორს გრძელდება, იქამდე, საიდანაც მათი მკვებავი მაგმა მოდიოდა.

¹ Neck, ინგლ. — კისერი.

² Dike, ინგლ. — დამბა, თხრილი.

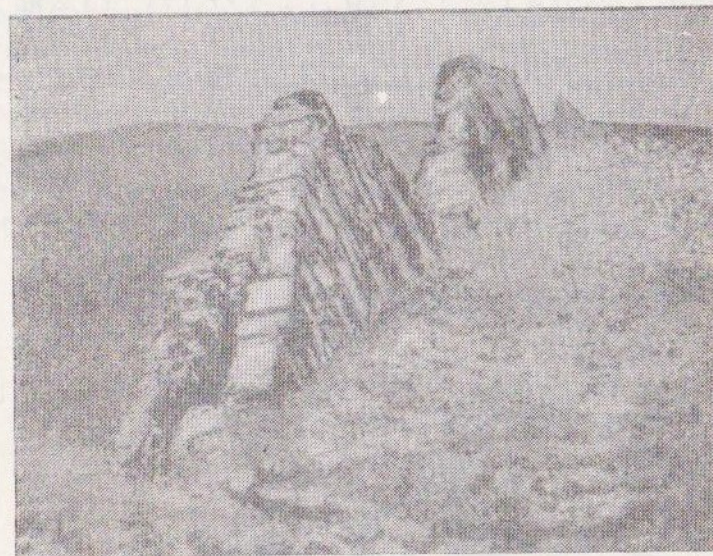
³ Stock, გერმ. — ჯოხი, კუნძი.



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

თვითონ შტოკიდანაც შეიძლება მეორადი ძარღვები გამოდიოდეს. მათ აპოფიზები¹ ეწოდება. ნეკებიც და დაიკებიც ხშირად იტოტებიან.

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



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

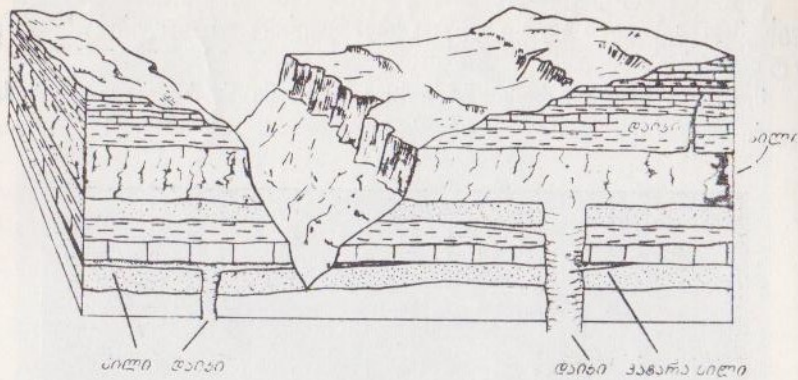
იშობა ძარღვი, რომელიც შრის მსგავსად არის ნალექებში განლაგებული (სურ. 57). ამას ჰქვია შრეძარღვი ანუ სილი².

თუ სილმა შრეები დიდად დააცილა ერთმანეთს და ზედა შრეები საგრძნობლად ამოიბურცა, მივიღებთ ლაკოლითს³ (სურ. 58). ლაკოლითის შემთხვევაში კარგად ჩანს, რომ ინტრუზივი თავი-

¹ „აპოფისის“, ბერძ. — მინაზარდი.

² Sill, ინგლ. — ზღურბლი.

³ „ლაკოს“, ბერძნ. — ორმო და „ლითოს“ — ქვა.



სურ. 57. შრეძარღვები (სილები). ჩანს ჰორიზონტულ შრეებში შეჭრილი სქელი და თხელი სილები და მათი მკვებავი დაიკები. ერთი პატარა დაიკი ზედა სილიდანაც გამოდის ზევითკენ და მის ამოფიხს წარმოადგენს.

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



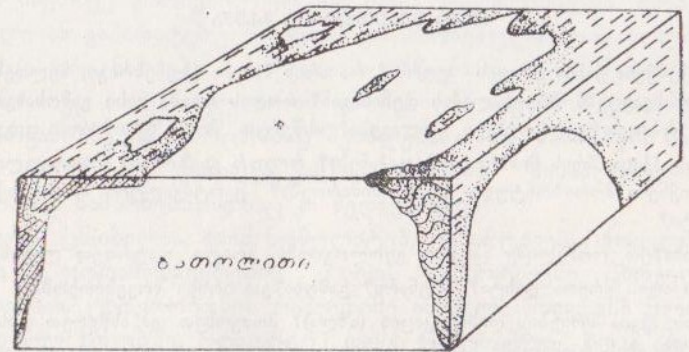
სურ. 58. ლაკოლითი. ჩანს, როგორ აუწევია ზევითკენ ზედა შრენარი შრეთაშუა შეჭრილ მავას. გამოყოფილა ამოფიხებიც.

ადგილი დასანახავია, რომ დანალექ შრეებში მოთავსებული ვულკანური ზეწარი და შრეძარღვი ძნელი გასარჩევი არიან ერთმანეთისაგან. თუ ვულკანური ზეწარი ხმელეთზედ არის წარმოშობილი, მას ქვეშ მდებარე შრეები შეიძლება გადარეცხილი იყოს და შეხებაც უთანხმო. მაგრამ, თუ განფენი ზღვის ფსკერზე არის წარმოშობილი, მაშინ ეს განსხვავებაც არ იქნება. დარჩება კრიტერიუმი,

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

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

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



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

შიშვლებული. მათი დამახასიათებელი ის არის, რომ ზედაპირზე შეიძლება პატარა ადგილიც ეჭიროთ, მაგრამ სიღრმისკენ თანდათან ფართოვდებიან, მომყვანი ყელი არა აქვთ. რადგან ბათოლითები ძირითადად გრანიტოიდებისგან (გრანიტის ჯგუფის ქანებისაგან) შედგებიან, ბათოლითის წარმოადგენა ჰგულისხმობდა, რომ მიწის ქერქის ქვედა ნაწილი კონტინენტებში მთლიანად გრანიტული უნდა ყოფილიყო. თანამედროვე შეხედულებით ბათოლითების მასალა ძირითადად მეტამორფიზმის შედეგი არის და მხოლოდ ნაწილო-

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

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

მიწის ქერქის დისლოკაციები, რა თქმა უნდა, მაგმურ ქანებზედაც ვრცელდება. აჭარა-თრიალეთის ქედზე, რაჭა-აფხაზეთის ზოლში და სხვაგან ვულკანური განფენები და სილები ფართო მონაწილეობას იღებენ დანაოჭებაში დანალექ შრეებთან ერთად. ასევეა სხვაგანაც. დანაოჭებით გამოწვეულ დეფორმაციას განიცდიან სხვადასხვა ძარღვებიც. რაც შეეხება შტოკებს და ბათოლითებს, ისინი დანაოჭებას ეურჩებიან. სანაცვლოდ ბათოლითებში დიდ როლს თამაშობს აშმუშენა.

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

ზოგი შეკითხვა და რჩევა

რას ჰქვია ქანის წოლის ფორმა? რა არის ნაჩენი (ბუნებრივი, ხელოვნური)? რით განსხვავდება შრე ნალექის ფენისაგან? როდის ხდება მისი გამოსახვა? როგორია მისი პირველყოფილი განლაგება? ასწერეთ შრის ზედაპირის ფიგურები.

რას ჰქვია შრის მიმართება? დაქანება? როგორ გაიზომება თითოეული? როგორი იქნება პორიზონტული შრის მიმართება? ვერტიკალური შრის დაქანების აზიმუტი?

მოხაზეთ რომელიმე ნაჩენის გეოლოგიური კრილი. დაურთეთ ლეგენდა.

რა არის შრეთა დასტა? შრენარი? გამოხაზეთ ირიბი შრეებრივობა.

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

მოხაზეთ ანტიკლინი და სინკლინი კრილში და გეგმაში. აღნიშნეთ ამ ნაოჭების თხემი, ძირი, ფრთები, შარნირები, ლერძი. რა არის ლერძის ხაზი და როგორ გამოისახება იგი გეგმაში და კრილში? გამოხაზეთ მრუდღერძიანი ნაოჭი.

გამოხაზეთ ნორმული, იზოკლინური, მარაოსებური ნაოჭები.

გამოხაზეთ ამართული, წახრილი, დაწოლილი, გადაბრუნებული ნაოჭები.

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

გამოხაზეთ ნახლეტი და აღნიშნეთ სხლეტის ზედაპირი (შვეული, დაბრილი), ბაგეები, შეფარდებითი გადაადგილების ამპლიტუდი. რა არის საფეხურებრივი ნახლეტები. გრაბენი, ჰორსტი?

რა არის ვულკანური ნაკადი? ზეწარი? დაასახელოთ მაგალითები. რას ჰქვია ეფუზია და ინტრუზია? რას უწოდებენ ძარღვს, შტოკს, ნეკს, დაიკს, სილს, ლაკოლითს? გამოხაზეთ თითოეული. რა არის ბათოლითი?

გეოლოგიური წარსული

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

თბილისის სამხრეთით თელეთის ქედზე რომ გავიაროთ ქალაქ-გარეთ, დავინახავთ, რომ ამ ანტიკლინზე გავრცელებული არის ერთგვარი რუხი ქვიშაქვები. გულდასმით ძებნის შემდეგ ამ ქვიშაქვებში შეიძლება ვიპოვოთ პაწია, ოსპის მარცვლისებური სხეულები, რომელთაც სპეციალისტები ნუმულიტებს უწოდებენ (სურ. 75). ნუმულიტი ნამარხი არის, ე. ი. ცოცხალი ორგანიზმის ისეთი ნაშთი, რომელიც ქანში მოხვედრილა მისი დალექვისას და შემდეგ ქანშივე შენახულა უცვლელად ან შეცვლილი შედგენილობით. მაგალითად, ლოკოკინის კალციტური ნიჟარის ნამარხი შეიძლება ასეთივე დარჩენილიყო და ისიც შესაძლებელია, რომ გაკაჟებული ან გაპირიტებული იყოს. განამარხებული არის ხოლმე ხეც და სხვა ორგანიზმები, ცხოველი თუ მცენარე. ასეთ შემთხვევებში ფორმა ისევ პირვანდელი არის დარჩენილი, ასე რომ განამარხებული ორგანიზმების გამოცნობაც შეიძლება. თანაც ნამარხები საკმაოდ ხშირი არიან ზოგ დანალექ ქანში, ისე რომ შესაძლებელია ქანი მთლიანად ნამარხებისაგანაც კი შედგებოდეს!

დღეს ცნობილია, რომ ნუმულიტები უმარტივეს ცხოველთაგანი არიან და ფორამინიფერების ჯგუფს (უმარტივესი ცხოველებია) ეკუთვნიან. ცხოვრობდნენ რამდენიმე ათეული მილიონი წლის წინათ თბილ ზღვებში, როგორც დღეს ხმელთაშუა ზღვა არის. მაშასადამე, იმ დროს, როდესაც თელეთის ქედის ქვიშაქვები ილექებოდნენ, თბილისის ადგილას ზღვა ყოფილა და თან თბილი ზღვა.

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

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

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

ნაცვლად ეს იქნება მოლუსკების (ლოკოკინების) ნიჟარები. შესწავლამ გამოარკვია, რომ ეს მოლუსკები ზღვის მცხოვრებნი იყვნენ და ცხოვრობდნენ რამდენადმე გამტკნარებულ, დღევანდელი შავი ზღვის მსგავს ზღვაში: უნდა დავასკვნათ, რომ იმ შრეების დალექვისას იქ შავი ზღვის მსგავსი შიგა ზღვა ყოფილა.

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



სურ. 60. სოღანლუღის განფენი.

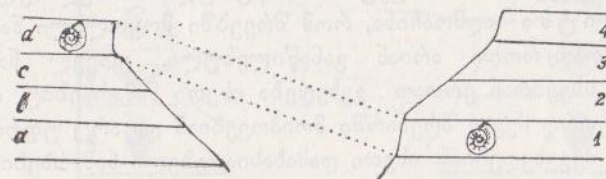
ბულ ნაჩენში გზის პირას ზემოთ ხსენებული ნამარხიანი შრეების თავზე ვხედავთ თიხებისა და ქვიშაქვების მორიგეობას. ამ შრენარს გეოლოგები ნაცხორის (ნაცხორი—ნაციხვარი. ეს არის იგივე ბებრის ციხე) წყებას უწოდებენ. არავითარი ზღვიური ნამარხი აქ აღარ არის. პოულობენ მხოლოდ ხმელეთის ლოკოკინებს. მაშასადამე, წყება ხმელეთზე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

ნაცხორის ქვიშაქვებს და თიხებს უშუალოდ მოსდევს (თავზე ადევს) კონგლომერატების და ქვიშიანი თიხების ძლიერ სქელი მორიგეობა. აქაც მხოლოდ ხმელეთის მოლუსკებია, კონტინენტური რეჟიმი გრძელდება. მუხრანის ველის ჩრდილოეთით, დღუშეთისკენ, ამავე წყებაში იპოვეს ხერხემლიანი ცხოველების ძვლები. ეს არის ცხენის წინაპარი ჰიპარიონი, ყირაფი და სხ. ამის მიხედვით შეგვიძლია ვთქვათ არა მარტო ის, რომ იმ დროს აქ ხმელეთი იყო, არამედ დაუშვათ, რომ ეს იყო სტეპები, რადგან ყირაფი სტეპის მცხოვრებელი არის. მეორე მხრივ, თუ მხედველობაში მივიღებთ რომ კონგლომერატების მასალა, როგორც ქვარგვალეების პეტროგრაფიული რაგვარობა გვიჩვენებს, კავკასიონიდან არის ჩამოტანილი, უფლ-

მა გვექნება დავასკვნათ, რომ კავკასიონი იმ დროს უკვე მაღალ მთებს წარმოადგენდა.

როგორც ვხედავთ, ნალექები მდიდარ ინფორმაციას გვაწვდიან მიწის ქერქის წარსულის შესახებ, მაგრამ რა როლის ხდებოდა? ნუმულიტებიანი ზღვა თბილისის ადგილას და ხმელეთი მცხეთასთან ერთდროულად იყო? და, თუ არა, რა იყო უფრო ადრე და რა უფრო გვიან? ბუნებრივად ისმის მოვლენათა დათარიღების საკითხი.

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



სურ. 61. განლაგება და ასაკი შრეების პარალელიზაცია ნამარხების მიხედვით.

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

კოდმანის შრეებს უშუალოდ თავზედ ადევს ნაცხორის ქვიშაქვები და თიხები. უკანასკნელთ ასევე მოსდევს კონგლომერატების წყება. ცხადია, რომ უძველესია კოდმანის წყება, შემდეგი ნაცხორის წყება იქნება და კიდევ უფრო გვიან მათ კონგლომერატები სცვლის. მამ მცხეთის ადგილას ჯერ კოდმანის ზღვა ყოფილა, შემდეგ, როდესაც ნაცხორის წყება ილექებოდა—ხმელეთი და ხმელეთი დარჩენილა კონგლომერატების დროსაც.

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

ზრდა, ვიდრე მცხეთის ეს ნალექები? თელეთის ქედის ქვიშაქვების უშუალო გავლენა მცხეთამდე და ამგვარად გამორკვევა, თუ რომელი წყება არის ქვევით და რომელი ზევით, პრაქტიკულად მოუხერხებელია. მეორე მხრით, შეიძლება მცხეთასთანაც იყოს ქვიშაქვები, რომელნიც თელეთის ქედისას ჰგვანან, მაგრამ იმის თქმა, რომ ეს იგივე ფენა არისო, ძნელია, რადგან შრეების პეტროგრაფიული ხასიათი ყველგან მეტად თუ ნაკლებად ცვალებადი არის მანძილის მიხედვით: შეიძლება ქანი სრულიად მსგავსი დარჩეს, მაგრამ შეიძლება არსებითად შეიცვალოს. ცნობილია, რომ იმავე ასაკის შრეები, როგორისაც თელეთის ქვიშაქვებია, ლეჩხუმში ხალასი კირქვებით არის წარმოდგენილი. პეტროგრაფიული მსგავსების საფუძველზე შრეების იგივეობის დადგენა დასაზღოვბი არ არის. ამიტომ ერთ ნაჩენში გაცნობილი შრის თუ შრეების მეორე, საკმაოდ დაშორებულ ნაჩენში დადგენა ძლიერ ძნელი არის.

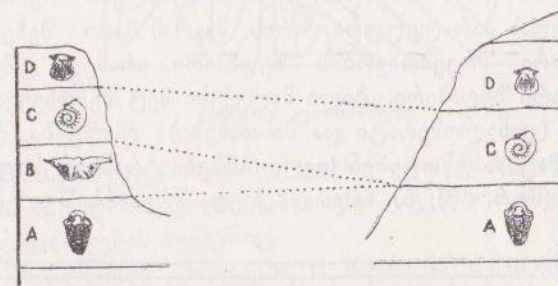
მაგრამ უკვე XVIII საუკუნის მიწურულში ინგლისელმა მეცნიერმა სმიტმა აღმოაჩინა, რომ შრეებში მოყოლილი ნამარხები შემთხვევითად როდი არიან განაწილებული. ყოველ ნამარხიან შრენარში სხვებთან ერთად გვხვდება ისეთი ნამარხებიც, რომლებიც არც უფრო ძველ შრენარში მოიპოვებიან და არც უფრო ახალგაზრდაში შეგვხვდებიან. ასეთი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

ვთქვათ, ორი ერთიმეორეს დაშორებული ნაჩენი გვაქვს და ერთში შრეები a, b, c, d, ხოლო მეორეში — 1, 2, 3, 4 (სურ. 61). დავუშვათ, რომ d შრეში და 1 შრეში ერთგვარი დამახასიათებელი ნამარხები ვიპოვეთ: შრეების პეტროგრაფიული რაგვარობის დამოუკიდებლად დავასკვნით, რომ შრეები d და 1 ასაკობრივად ერთი და იგივეა. კიდევ მეტი: ამის შემდეგ უფლება გვაქვს ვთქვათ, რომ 1 უფრო ახალგაზრდაა, ვიდრე c და მითუმეტეს a და b, ხოლო d უფრო ძველია, ვიდრე 3. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, მივიღებთ თანამიმდევრობას: a, b, c, d=1, 2, 3, 4.

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

რომელიმე შრის პარალელიზაცია ნაჩენებს შორის კორელაციის დადგენაც იქნება.

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



სურ. 62. ხარვეზი შრეებს შუა.

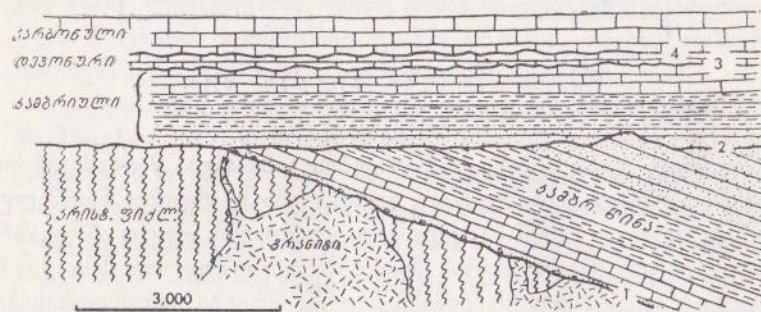
ამგვარად, დებულებას, რომ შრეების განლაგება მათ ასაკობრივ თანამიმდევრობას განსაზღვრავს, დაზუსტება სჭირდება: ნორმალურად განლაგებულ შრეებში ზედა შრე ყოველთვის უფრო ახალგაზრდა არის, ვიდრე ქვედა, მაგრამ შეიძლება იგი უშუალოდ მისი მომყოლი არ იყოს. ასეთ ჭრილში შეიძლება შრეები ერთიმეორის პარალელურიც იყვნენ, ე.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

უთანაობა შეიძლება გამოწვეული იყოს იმით, რომ გარკვეული დროის მანძილზე გარკვეულ უბანში დალექვა არ წარმოებდა, — მაგალითად, ზღვიური ნალექების შემთხვევაში ფსკერული დინების გამო, — მაგრამ ასეთი რამ საკმაოდ იშვიათია. ჩვეულებრივ ხარვეზი გადარეცხვის შედეგი არის ხოლმე. რაღა თქმა უნდა, გადარეცხვის

პირობებში დალექვა თავისთავად გამოირიცხული არის და უკვე და-
ლექილი შრეებიც ისპობა, მეტი თუ ნაკლები.

ასე მოხდება, მაგალითად, თუ ზღვის დონემ დაიწია ან, რაც იგი-
ვეა, კონტინენტმა აიწია. ორივე შემთხვევაში ზღვა უკან დაიხევს
(მოხდება ზღვის რეგრესია¹), და მის ამგვარად გაშიშვლებულ
ფსკერზე დაიწყება გადარეცხვა. თუ ახლა ზღვის დონემ ისევ აი-
წია (ან ხმელეთმა ძირს დაიწია), ზღვა წინ წამოიწევს ხმელეთზე
და მის დიდს თუ მცირე ნაწილს დაჰფარავს. ეს იქნება ტრანს-
გრესია². ტრანსგრესებულ უბანზე თვით ტრანსგრესიის გავრცე-
ლებისას გადარეცხვა ხდება, მაგრამ შემდეგ, რაკი უბანი წყლით
დაიფარება, ნალექების დაგროვება დაიწყება. ახალი ნალექები უთან-
ხმოდ განლაგდებიან გადარეცხილ ზედაპირზე.

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



სურ. 63. უთანხმოება.

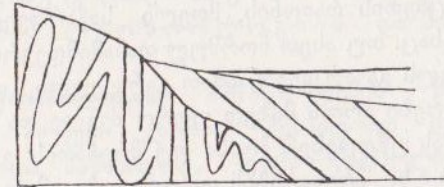
კუთხე არის—აწევ-დაწევას შრეების განლაგების განსხვავება გა-
მოუწვევია. ასეთ უთანხმოებას კუთხური ჰქვია (სურ. 63):

¹ Regressio, ლათ.— უკან დახევა, უკუსვლა.

² Transgressio, ლათ.— წინსვლა, გადავლა.

გ) შეიძლება ტრანსგრესიის წინ დანაოჭება იყოს მომხდარი. უთან-
ხოება ისევ კუთხური იქნება, მაგრამ გადარეცხილ ნალექებზე (სურ.
64); დ) დასასრულ შეიძლება დანაოჭებულ შრეებზე ახალი ნალე-
ქები განლაგდნენ ჰორიზონტულად, კუთხური უთანხმოებით და შემ-
დეგ თავადაც დანაოჭდნენ ძველ შრეებთან ერთად. ახალი დანაოჭე-
ბა უფრო სუსტი იქნება, ვიდრე ძველი შრეების, და ზოგჯერ სხვა
ხასიათისა.

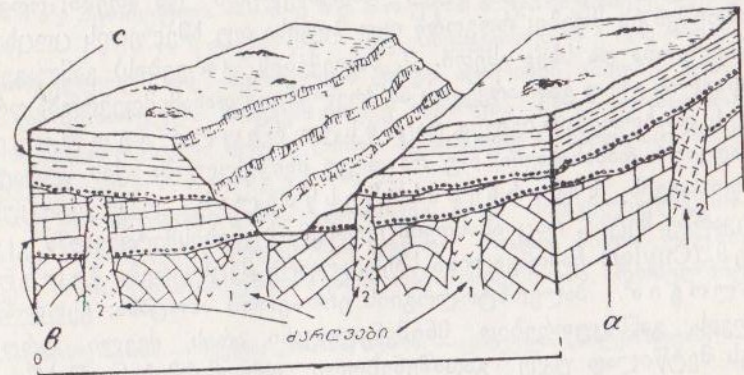
უთანხმოებათა დადგენას და შესწავლას ძლიერ დიდი მნიშვნე-
ლობა აქვს როგორც სტრატეგრაფიული, ისე მთების წარმოშობი



სურ. 64. უთანხმოება.

მოვლენების გარკვევისათვის. აქ აღვნიშნოთ მხოლოდ, რომ უთან-
ხოებებს შეუძლიათ დიდი დახმარება გაგვიწიონ მაგმეული სხეუ-
ლების დათარიღების საქმეშიც.

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



სურ. 65. ინტრუზიის დათარიღება.

და გადარეცხილი არიან შრენარის b ტრანსგრესიით. აქედან შეიძ-
ლება დავასკვნათ, რომ ძარღვები უფრო ახალგაზრდა არიან,

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

რადგან უთანხმოებები და ხარვეზები, დიდი და პატარა, ყველგან არის, სტრატოგრაფის პირველი ამოცანა იქნება ნალექების სრული, უხარვეზო თანამიმდევრობის დადგენა ყველა მისაწვდომი ჭრილის გამოყენების საფუძველზე: ერთ ჭრილში შემჩნეული ხარვეზის შევსების საშუალებას იძლევა მეორე ჭრილი, რომელშიაც ეს ხარვეზი არ არის.

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

გეოლოგიის იმ დარგს, რომელიც ამ საკითხებს შეისწავლის, სტრატოგრაფია¹ ჰქვია. სტრატოგრაფიის ამოცანა არის: 1. ნალექების რაგვარობის შესწავლის გზით ადადგინოს წარსული დროის მოვლენები: სად იყო ზღვა, სად ხმელეთი და მთები; როგორ წარმოიშვა ეს მთები; როგორი იყო ზღვისა თუ ხმელეთის ცოცხალი მოსახლეობა და სხვა ასეთი. 2. ნალექების (შრეების) განლაგების შესწავლის გზით გამოარკვიოს ამ მოვლენათა თანამიმდევრობა დროში. ეს დაახლოებით იგივეა, რაც ისტორიული გეოლოგია².

ადვილი დასაანახავია, თუ რა დიდი მნიშვნელობა აქვს სტრატოგრაფისათვის ნამარხების შესწავლას. უკვე საუკუნე-ნახევარზე მეტია, რაც ამისთვის ფრანგმა ბუნებისმეტყველმა კუვიემ (Cuvier) ჩამოაყალიბა სპეციალური მეცნიერება პალეონტოლოგია³. პალეონტოლოგიის ერთ-ერთი ამოცანა, გეოლოგიისათვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი, არის ძველი დროის, დღეს მეტწილად უკვე გადაშენებული ორგანიზმების შესწავლა

¹ Stratum, ლათ. — ფენა; „გრაფო“, ბერძნ. — ვწერ.

² ვიწრო გაგებით სტრატოგრაფია მხოლოდ შრეების დათარიღება არის.

³ „პალაიოს“, ბერძნ. — ძველი, „ონს“ — არსება, „ლოგოს“ — სიტყვა.

შრეების გარჩევა-დათარიღების მიზნით. ამას ემსახურება სტრატოგრაფიული პალეონტოლოგია. მეორე მხრით, თვით ასეთმა კვლევამ ცხადჰყო, რომ ცოცხალი ორგანიზმების ცვლა დროში შემთხვევითი როდია. დარჯინის შემდეგ ცნობილი გახდა, რომ აქ კანონზომიერ ევოლუციასთან გვაქვს საქმე, უმარტივესი მცენარეებიდან და ცხოველებიდან დაწყებული ადამიანამდე. ამ ევოლუციის რაგვარობის და კანონზომიერებათა კვლევა პალეონტოლოგიის მეორე დიდი ამოცანა არის. ასე გაგებულ პალეონტოლოგიას ზოგჯერ პალეობიოლოგიასაც უწოდებენ. იმის მიხედვით, თუ ცოცხალი სამყაროს რომელ ნაწილს შეეხება კვლევა, არჩევენ პალეოზოოლოგიას და პალეობოტანიკას.

გეოლოგიური ქრონოლოგია. მიწის ქერქის შემადგენელი ნალექების სისქე ძლიერ დიდია. შესაფერად დიდია მათი დალექვის დროც და, მამასადამე, ქერქის წარსულის სათანადო მონაკვეთიც. როგორც ერთის, ისე მეორის შესწავლა აუცილებელს ხდის მათ დანაწილებას. ასე გამოჰყვეს ქვედა, იმ დროს უძველესად მიჩნეული ნალექები, რომელთაც პირველეთი ფორმაცია უწოდეს. მას თავზედ ადევს მეორეთი, შემდეგ არის მესამეთი და, დასასრულ, ყველაზედ ახალგაზრდა მეოთხეთი, რომელიც ჩვენ დრომდე მოდის.

უფრო გვიან ტერმინი პირველეთი შესცვალა პალეოზოოურმა⁴, მეორეთი — მეზოზოოურმა⁵ და მესამეთი-მეოთხეთი — კაინოზოოურმა⁶ ანუ, სხვაგვარად, ნეოზოოურმა⁷. პირველეთულს და მეორეთულს დღეს აღარავენ ამბობს, მესამეთი და მეოთხეთი ზოგჯერ კიდევ იხმარება ნეოზოოურის ორი ნაწილის აღსანიშნავად. ბოლო დროს მეოთხეთულის ნაცვლად ზოგჯერ იტყვიან ანთროპოგენიო⁸.

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

¹ „პალაოს“, ბერძნ. — ძველი, „ძონს“, ბერძნ. — ცხოველი. „პალეოზოოური“ — ძველი ცხოველების დროის.

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

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

⁴ „ნეოს“, ბერძნ.—ახალი.

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

ორ ჯგუფს გამოჰყოფენ. ეს იქნება პროტეროზოული ზევით და არქეული ქვევით. ჩვეულებრივად პროტეროზოული და არქეული ფორმაციები დიდ სიღრმეზე მდებარეობენ უფრო ახალგაზრდა ნალექებს ქვეშ დამარხული. მაგრამ არის ისეთი ადგილებიც, სადაც აზვევების გამო ის ახალგაზრდა ნალექები გადარეცხილან და არქეულ-პროტეროზოული ან ერთი მათგანი გაშიშვლებულია.

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

ჯგუფები ძლიერ დიდი ერთეულებია. აუცილებელი გამოდგამათი დაყოფაც. ჯგუფებს ჰყოფენ სისტემებად. მეზოზოურში, მაგალითად, სამ სისტემას გამოჰყოფენ: ტრიასულს, იურულს და ცარცულს¹ (შეკვეცილად ტრიასი, იურა და ცარცი). სისტემის შესატყვისი დრო არის პერიოდი.

სისტემები თავის მხრით იყოფიან სექციებად (ნალექები) და პერიოდები — ეპოქებად (დრო), ჩვეულებრივ სამად ან

გეოლოგიური დროის დანაწილება

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

ცხრილი 6.

მეზოზოურის დანაწილება

სისტემა და პერიოდი	სექცია და ეპოქა	სართული და საუკუნე
ცარცული	ზედა ცარცული	სენონური ¹ ტურონული სენომანური
	ქვედა ცარცული	ალბური აპტური ბარემული პოტრიველი ვალანჯინური
იურული	ზედა იურული	პორტლანდური კიმერიჯული ოქსფორდული კალოვიური
	შუა იურული	ბათური ბაიოსური
	ქვედა იურული	აალენური ტოარსული შარმუტული სინემურული ჰეტანგური რეტული
ტრიასული	ზედა ტრიასული	ნორიული კარნიული
	შუა ტრიასული	ლადინური ანიზური
	ქვედა ტრიასული	სკვითური

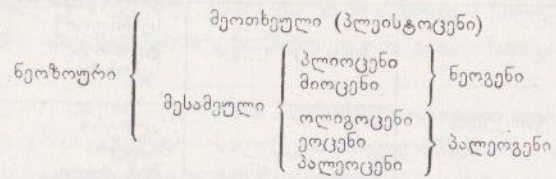
ორად. მაგალითად: ქვედა, შუა და ზედა იურული, ან ქვედა და ზედა მესამეული (იგივე პალეოგენი და ნეოგენი).

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

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

ნე, რომლის ხანგრძლივობა წლების მილიონებით იზომება) და სართულებს — ზოგადად.

ნეოზოურის დანაწილება, ძლიერ გამარტივებული, შემდეგი იქნება:



გეოლოგიური დროის ნაკვეთებს ახასიათებს მიწის ქერქის თანდათან განვითარება: იცვლება ზღვისა და ხმელეთის განაწილება ანუ პალეოგეოგრაფია¹, ინგრევა და წარმოიშობა მთები, ვითარდებიან კონტინენტები, ხდება მადნეული ნივთიერების კონცენტრაცია გარკვეულ უბნებში და სხვა ასეთი. განსაკუთრებით საგულისხმოა ცოცხალი ბუნების ევოლუცია. ნამარხები ხომ ნაღებების დათარიღების საშუალებას იძლევიან და იმავე დროს ისინი წარმოადგენენ მიწის ქერქის წარსულის უაღრესად მნიშვნელოვან დოკუმენტებს.

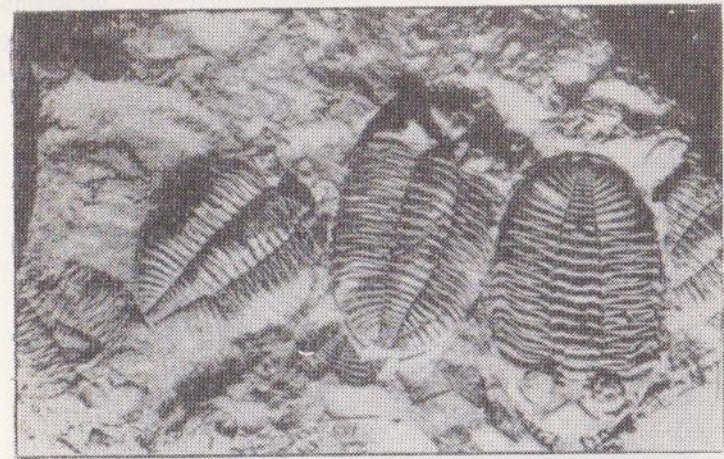
ცოცხალი ორგანიზმების ნაშთები ცნობილი არის უკვე პროტეროზოულში, ხოლო სიცოცხლის ჩასახვა მიწაზე უეჭველად ჯერ კიდევ არქეულში უნდა მომხდარიყო.

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

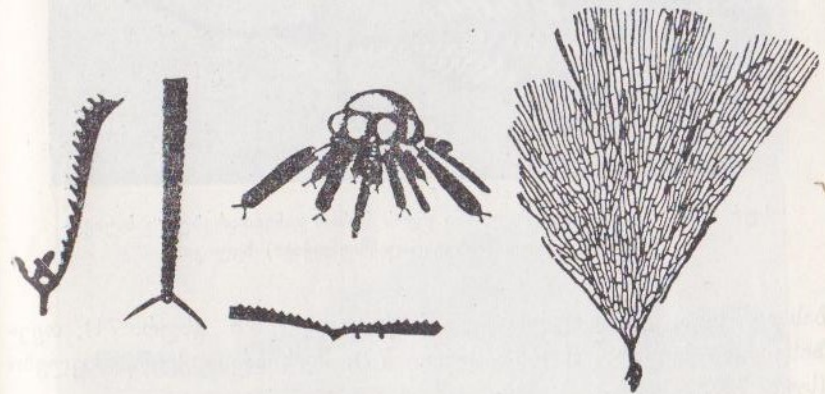
ორდოვიციულისა და სილურულისათვის დამახასიათებელია ნაწლავღრუიანების (Coelenterata) გადაშენებული ჯგუფი გრაპტოლიტები (სურ. 67). სილურულშივე ჩნდებიან უძველესი თევზები.

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

¹ „პალაიოს“, ბერძნ.—ძველი, და გეოგრაფია.



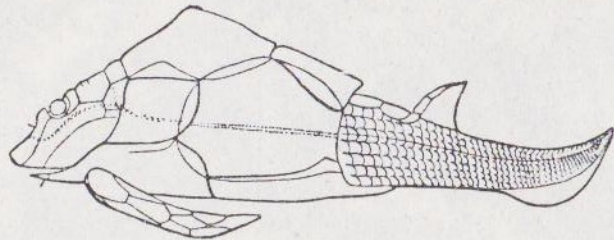
სურ. 66. ტრილობიტები, გადაშენებული პრიმიტიული ასოსახსრიანები.



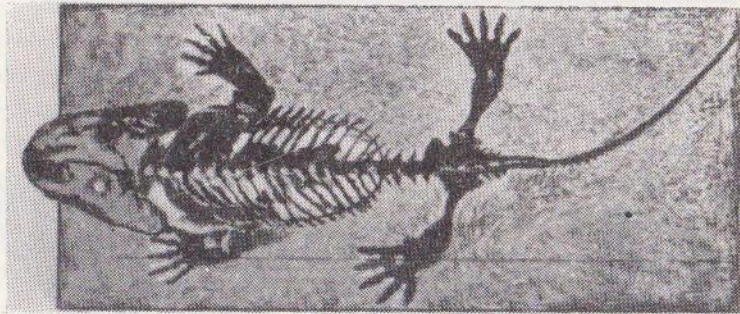
სურ. 67. გრაპტოლიტები, გადაშენებული ნაწლავღრუიანები.

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

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



სურ. 68. ჯავშნიანი თევზი. გარედან შეჩვენულია ძვლის შიგა ჩონჩხი კი არ აქვს.



სურ. 69. — სამასობდე მილიონი წლის წინათ განვითარებული ბაყაყების მონათესავე (ორგვარად მსუნთქავი) ხელივი.

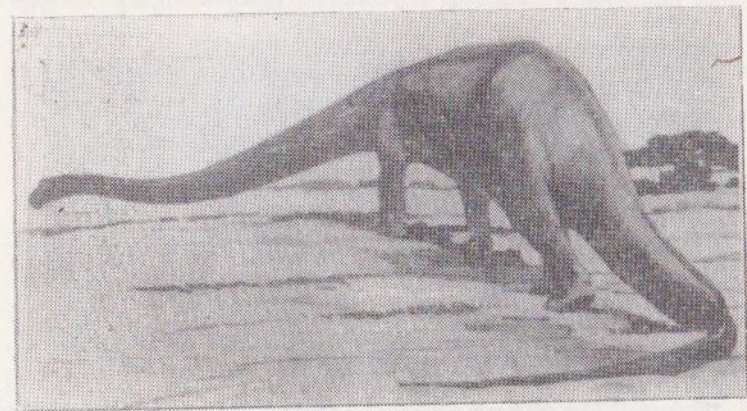
ბას აღწევენ გიგანტური ქვეწარმავლები (სურ. 71), თევზისებური ქვეწარმავლები (სურ. 72), მფრინავი ქვეწარმავლები (სურ. 73).

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

მეზოზოურის მიწურულში ამონიტები და დიდი ქვეწარმავლები მთლიანად გადაშენდნენ. დიდ განვითარებას და გავრცელებას აღწევენ ქვედა ნეოზოურში (პალეოგენში) ნუმულიტები (სურ. 75), ხოლო ნეოზოურში საერთოდ ბურვილთესლიანი მცენარეები.



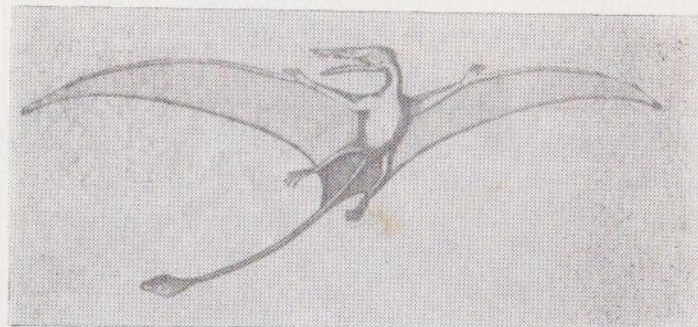
სურ. 70. ამონიტი (თავთფეხიანი), ცხოველი ნიჟარაშია მოთავსებული „ფეხები“ თავის ირგვლივ ასხია.



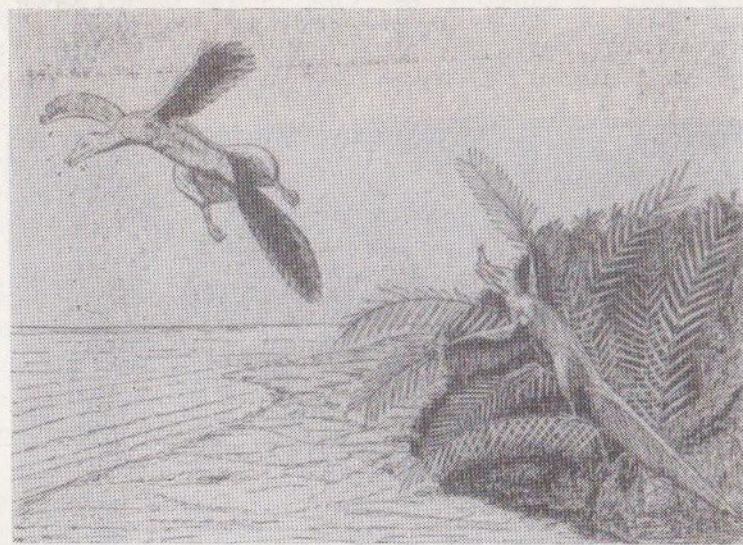
სურ. 71. დიპლოდოკი, მეზოზოური ქვეწარმავალი. უგრძელესია დღემდე ცნობილ ცხოველთა შორის.



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

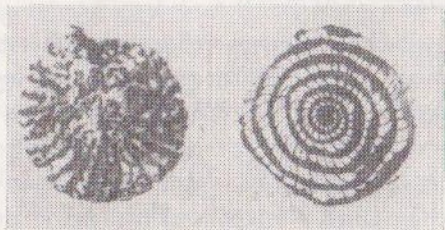


სურ. 73. რამფორინხუსი, მეზოზოური მფრინავი ქვეწარმავალი.



სურ. 74. არქეოპტერიქსი, ფრინველების უძველესი ცნობილი წარმომადგენელი.

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



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

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

ამრიგად, გეოლოგი მიწის ქერქის წარსულის მოვლენებს საკმაოდ ზუსტად აღადგენს და მწყობრად აღაგებს დროში მათი თანამიმდევრობის მიხედვით. მაგრამ როგორია ამ წარსულის ხანგრძლივობა, როგორია თითოეული მოვლენის ასაკი, ამის შესახებ

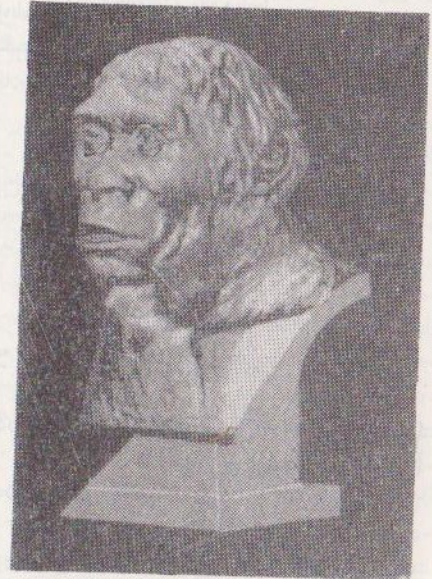


სურ. 76. მამონტი, ბეწვიანი სპილო.

თითქმის ვერაფერს გვეუბნება. მართლაც, გეოლოგიური დათარიღება ზუსტად გვაცნობს მხოლოდ იმას, თუ რა მოხდა უფრო ადრე და რა უფრო გვიან, მაგრამ მხოლოდ ამას. გეოლოგიური ქრონოლოგია შეფარდებითი ქრონოლოგია არის. ისეთი შემთხვევები, რომ გეოლოგს დროის ოდენობითი გაზომვა შეეძლოს, ძლიერ უმნიშვნელოა. მაგალითად, ცნობილია ტბიური თიხები, რომელნიც ძლიერ თხელი ფენებისგან შედგებიან. გამოირკვა, რომ თითოეული ასეთი ფენა ერთ წელიწადში არის დალექილი. მაშასადამე ამ ფენების დათვლა საშუალებას იძლევა დავასკვნათ, თუ რამდენ წელიწადს გრძელდებოდა თიხის მთელი მასის დალექვა, და აქაც კი ვერაფერს ვიტყვით იმის შესახებ, თუ როდის დაიწყო ან დათავდა ეს პროცესი. ვიცით მხოლოდ, რომ ეს იყო მეოთხეულში, ამას სტრატეგრაფია გვეუბნება, მაგრამ რამდენი წლის წინათ?

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

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



სურ. 77. Pithecanthropus erectus, „ამართული მიიმუნ-დამიანი“.

დღეს ამ მიმართულებით დიდი მუშაობა წარმოებს როგორც საბჭოთა კავშირში, ისე უცხოეთში. მიუხედავად მრავალგვარი სირთულისა, უკვე ჩატარებულია მრავალრიცხოვანი გაზომვები სხვადასხვა მხარეში და სხვადასხვა ასაკის ქანებში. მიღებულმა შედეგებმა შესაძლებელი გახადეს მიწის ქერქის მთელი წარსულის საკმაოდ მიახლოებული აბსოლუტური ასაკის სკალის შედგენა. ამ საქმეს ხელმძღვანელობს ქანების აბსოლუტური ასაკის გაზომვის საკავშირო კომისია. აქვე მოცემულია (ცხრ. 8) ამ კომისიის მიერ 1964 წლისათვის მიღებული აბსოლუტური ასაკის სკალა. 1964

გეოლოგიური ფორმაციების აბსოლუტური ასაკი
(ადრიცხვა დღეიდან უკუსვლით მილიონწლობით)

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

წლისთვის იმით ვამბობთ, რომ სკალა წლითი-წლობით უმჯობესდება, ზუსტდება.

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

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

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

ცნობილია, რომ სფერული მიწის ზედაპირის რუკაზე, ე. ი.

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

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

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

როდესაც საფუძველი შერჩეულია, გეოლოგი რუკაზე დაიტანს გეოლოგიურ ცნობებს. ძირითადად ეს იქნება სხვადასხვა ფორმაციების გავრცელება ზედაპირზე, ერუპტიული ქანების ნაჩენები, ნაოჭები, წყვეტები და სხ. (სურ. 78). ფორმაციებს სათანადოდ შერჩეული ფერებით წარმოადგენენ ან სხვადასხვა ნიშნებით, როგორცაა დაწერტვა, დაშტრიხვა და მისთ. ამ სიგნატურის¹ გასამარტავად რუკას ერთვის ლეგენდ².

¹ Signum, ლათ. — ნიშანი.

² Legenda, ლათ. — წასაკითხები, რაც უნდა წაკითხულ იქნას.

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



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

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

ოლოგიურმა კონგრესმა თავის პირველსავე სესიაზე მიიღო რეკომენდაცია იმის შესახებ, თუ რა ფერი რის აღსანიშნავად უნდა იხმარებოდეს. ამის მიხედვით იურულ სისტემას აღნიშნავენ ლურჯი ფერით, ცარცულს—მწვანით, მესამეულს—ყვითლით, გრანიტს—ვარდისფერით და ა. შ. თანაც, რაც უფრო მუქია აღებული ფერი, მით უფრო ძველი უნდა იყოს შესატყვისი ნალექები. არ იქნება, მაგალითად, რომ ქვედა ცარცული ღია მწვანით წარმოვადგინოთ და ზედა — მუქით.

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

ზოგი უპირობო და რჩევა

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

როგორ გამოიცნობა უფრო ძველი და უფრო ახალგაზრდა შრეები ერთ ქრისტში? როგორ გამოიცნობა ერთი ასაკის შრეები სხვადასხვა ქრისტში? შეიძლება, თუ არა, ამ შემთხვევაში ლითოლოგიას დავენდოთ? რატომ? რას ჰქვია შრეების პარალელიზაცია სხვადასხვა ქრისტში? რა არის ქრისტების კორელაცია? რას ჰქვია სტრატიგრაფია? როგორია გეოლოგიური ქრონოლოგიის მთავარი ნაკვეთები? რატომ ჰქვია ამ ქრონოლოგიას შეფარდებითი?

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

ზოგი კითხვა და რჩევა

აღიღებისას წყლის სიჩქარე მდინარეში იგივეა, რაც წყალმცირობისას თუ მეტი (დააკვირდით უახლოეს მდინარეს)? რატომ არის ასე?

რატომ არის, რომ ხევები ერთდებიან და მერე აღარ იყოფიან? რატომ იყოფა მდინარე დელტაში მრავალ ტოტად?

როგორია სიჩქარეთა განაწილება სწორხაზებრივ მდინარეში? მიმოხვეულ კალაპოტში?

რას ჰქვია მდინარის სისტემა და აუზი? პილტოგრაფიული ქსელი? რა არის ეროზია, ფართობული ეროზია, ხაზებრივი ეროზია?

ხეობა და მისი განვითარება? ჩანქერები და ტბები? რა არის უკუსვლითი ეროზია, ახალგაზრდა და მოწიფული ხეობა? ურბივი პროფილის აგება?

როგორ მიმდინარეობს მდინარეული ტრანსპორტი, დაღვევა? როგორ არის რიყის და ხვინჯის ქვები მეტ-ნაკლებად მომრგვალებული? როგორ წარმოიშობა დევის ქვაბები, ალუვიური ველი და დელტა? დაღვევა დელტაში.

როგორ მიმდინარეობს აუზისთვის ბრძოლა? როგორ ხდება მდინარის მიტაცება?

ასწერეთ ტერმინების განვითარება, მუხრები, დევიაციო.

რა არის პენულები, პენულებიზაცია და ეროზიის ციკლი?

მყინვარების მოქმედება

წყლის ცირკულაცია და მყარი წყალი. ატმოსფეროდან წყალი მარტო თხევადი სახით არ იღეჭება. მნიშვნელოვანი წილი უდევს მყარ წყალსაც. ასეთია რთვილი, თოვლი, ხოშკაკალი, სეტყვა. მაგრამ ეს არის მხოლოდ სწრაფწარმავალი ეპიზოდი წყლის ცირკულაციაში: წვიმის ნაცვლად თოვლი მოვიდა ან სეტყვა, რომლებიც მალევე დნებიან და უერთდებიან მიწასქვეშა წყალს ან ზედაპირულ ჩამონადენს. წყლის ცირკულაციაში ყველაფერი უცვლელი რჩება, მხოლოდ ეს არის, რომ მიწაში ჩაყონვა უფრო უხვი იქნება, რადგან თოვლის დნობა ნელი პროცესი არის. თანაც, დნობა ძირითადად გაზაფხულს უკავშირდება და იწვევს წყალდიდობას, რომელსაც სეზონური ხასიათი აქვს.

სულ სხვაა მყინვარის შემთხვევაში. მყინვარი ხანგრძლივად და თვითონ აწარმოებს გეოლოგიურ მუშაობას, რომელიც არსებითად განსხვავდება მდინარი წყლის მოქმედებისგან და ამიტომ სპეციალურ შესწავლას მოითხოვს, რაც ფიზიკური გეოგრაფიის და დინამიური გეოლოგიის დამოუკიდებელი დისციპლინის, გლაციოლოგიის ამოცანას შეადგენს.

მარადი თოვლი. ცნობილია, რომ თოვლი ზომიერ ჰავაში მხოლოდ ზამთრობით ჰფარავს მიწის ზედაპირს მეტი თუ ნაკლები

ზნით და ზაფხულში იგი აღარსად არის. მაგრამ პოლუსურ მხარეებში და მაღალ მთებზე თოვლის საფარი ზამთარ-ზაფხულ რჩება. ამას უწოდებენ მარად ანუ უდნობ თოვლს. რა თქმა უნდა, ეს იმას არ ნიშნავს, თითქო თოვლი მართლა მარადი იყოს: თოვლი იქაც ისევე დნება, როგორც ჩვენს პირობებში, მაგრამ თოვა სჭარბობს დნობას და თოვლის საფარი არ აიღება. ავითონ თოვლი კი სულ ახალი და ახალი არის, როგორც წყალი მდინარეებში. მარადი თოვლი არის არა თოვლის თავისებური რამ სახე, არამედ ისეთი შეფარდება თოვსა და დნობას შორის, რომლის პირობებში თოვლი არ აიღება. უფრო სწორი იქნებოდა გვეთქვა „მარადი თოვლიანობა“.

მარადი თოვლიანობის ზოლს თოვლეთი ჰქვია, თოვლეთის ქვედა საზღვარს კი — მარადი თოვლიანობის ხაზი. ეს ხაზი იქნება იქ, სადაც თოვა ზუსტად უდრის დნობას. მასასადამე, იგი წონასწორობის გამომხატველი არის.

მარადი თოვლის ხაზის მდებარეობა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე და ნალექების რაოდენობაზე: რაც უფრო ცივია ჰავა, მით უფრო დაბლა ჩამოდის ეს ხაზი და პირიქით. ამიტომ ტროპიკულ ზოლში იგი 6000 მეტრამდე აღის ზღვის დონეს ზევით, ხოლო პოლუსებისაკენ თითქმის ზღვის დონემდე ჩამოდის.

მეორე მხრით ალპების სამხრულ ფერდზე, მოლოდინის წინააღმდეგ, მარადი თოვლიანობის ხაზი უფრო დაბლა მდებარეობს, ვიდრე ჩრდილოზე. ეს იმით აიხსნება, რომ სამხრულ ფერდზე ნალექების რაოდენობა ბევრად მეტია და ჩრდილავს ტემპერატურათა სხვაობის გავლენას. კიდევ უფრო თვალსაჩინოა ეს მოვლენა ჰიმალაის შემთხვევაში. ამ მთების ჩრდილო ფერდი უდაბნოებს ესაზღვრება და არიდული არის, ხოლო სამხრული ფერდი, სადაც ნალექების რაოდენობა 10 მ აღემატება წელიწადში, მიწის ყველაზე ნესტიან მხარეებს მიეკუთვნება. ამიტომ ჩამოდის მარადი თოვლიანობის ხაზი ძლიერ დაბლა, მიუხედავად მაღალი ტემპერატურისა.

რადგან ტემპერატურაც და ნალექების რაოდენობაც წლიდან წლამდე იცვლება მცირეოდენად, მარადი თოვლიანობის ხაზიც შესატყვისად ქანაობს საშუალოს ზევით-ქვევით. წელთა უკანასკნელი ათეულების მანძილზე კი მისი სისტემატური აწევაც შეიმჩნევა, რასაც მიწაზე საერთო ათბობას მიაწერენ. მიწის ტემპერატურის

ასეთი ცვლა (ათბობა ან აცივება) დიდი ხანია ცნობილი არის და მას პერიოდული ხასიათი აქვს.

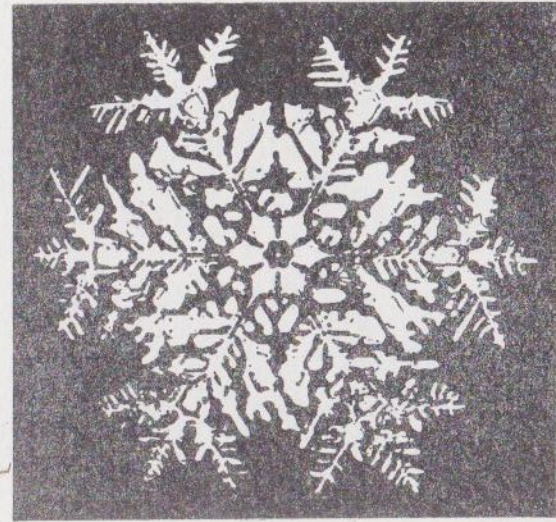
მყინვარები. ყოველ შემთხვევაში, მარადი თოვლის ხაზზე თოვა და ღნობა ერთიმეორეს უდრია. ხოლო მას ზევით მეტს თოვს. ვიდრე იქაურ პირობებში შეიძლება გადნეს. ეს სხვაობა საერთოდ მით მეტი იქნება, რაც უფრო მაღლა ავიწევთ. ცხადია, თოვლეთში ყოველწლიურად თოვლს თოვლი უნდა ემატებოდეს, მისი სისქე უნდა მატულობდეს და უნდა იზრდებოდეს მთების სიმაღლე. ვინ იტყვის, წელთა ათასეულებში და ათიათასეულებში როგორ სიმაღლეს მიაღწევდა თოვლიანი მთების მწვერვალები?

მაგრამ არაფერი ამის მსგავსი ბუნებაში არ ხდება. მერე როგორ უნდა აგხსნათ ეს? თითქო ერთადერთი გამოსავალი ის არის, რომ რაკი თოვლეთში სიტბო არ კმარა, ზედმეტი თოვლი თოვლეთის საზღვარს ქვევით ჩადიოდეს და იქ დნებოდეს: იმისათვის, რომ თოვლეთში თოვლის რაოდენობა უცვლელი რჩებოდეს, აუცილებელია თოვლეთის განტვირთვა კარბი თოვლისაგან. როგორ არის ეს შესაძლებელი?

ერთი იქნება შვავი, როდესაც ძლიერ დაქანებულ ზედაპირზე თოვლი გროვდება, იგი მერყევი წონასწორობის მდგომარეობაში არის. საკმაო თოვლის პატარა გუნდა დაიძრას, რომ შვავი წარმოიშვას. მზარდი საჩქარით მოძრავი შვავი თოვლის ახალ და ახალ მასას წაიტაცებს, შემდეგ ქვას და ღორღსაც თან წაიტანს და დიდი საჩქარითა და ძალით ენარცხება ქვევითკენ, უახლოეს დაბლობში. პატარა შვავების სათავე და ბოლოც შეიძლება თოვლეთშივე იყოს. მაგრამ დიდი შვავები ხშირად მარადი თოვლის ხაზს ქვევით ჩამოდიან საკმაოდ დაბლა და ამგვარად ჩამოტანილი თოვლი ახალ პირობებში მალე უნდა გადნეს (ზამთარში შვავები მარადი თოვლის ხაზს ქვევითაც წარმოიშობიან, მაგრამ საკითხისათვის, რომელსაც აქ ვეხებით, მათ მნიშვნელობა არა აქვთ).

მაინც ეს მექანიზმები (შვავები) მეორეხარისხოვან როლს თამაშობს და თოვლეთის განტვირთვის მთავარ ფაქტორს წარმოადგენენ მყინვარები, რომლებიც თოვლის ხარჯზე ვითარდებიან. თოვლის ფიფქი წარმოადგენს ყინულის ჰექსაგონური ნემსისებური კრისტალების ვარსკვლავურ დაჯგუფებას (სურ. 132). ასეთი მასალისაგან შემდგარი მშრალი თოვლი ძლიერ პორიანი არის და ჰაერს ბევრად მეტს შეიცავს, ვიდრე ყინულს. მისი სიმკვრივე შეიძლება 0,05-ზე მეტი არ იყოს. ასეთი თოვლი 20-ჯერ უფრო მსუბუქია, ვიდრე წყა-

ლი. შემდეგ ყოველი დამზევებისას, როგორც კი ტემპერატურა ნულს ზევით აიწევს, ყინულის კრისტალები ღნობას იწყებენ. აცივებისას კი, კერძოდ ღამე, ღნობი წყალი იავე იყინება. ასეთი ღნობა-შეყინვის შედეგად პირვანდელი ნემსისებური ნაცვლად ყინულის პაწია მარცვლები ვითარდებიან. მარცვლაკების ზრდასთან ერთად მიმ-

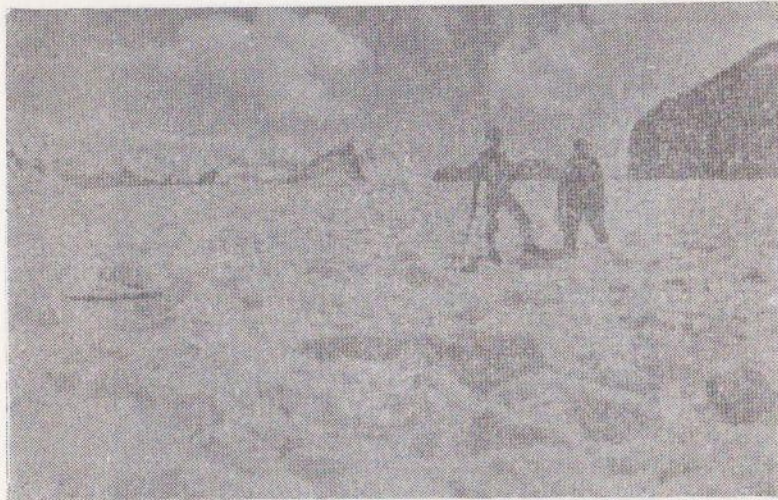


სურ. 132. თოვლის ფიფქი. წარმოადგენს ყინულის ნემსისებური წვრილი კრისტალების დაჯგუფებას.

დინარეობს მათი შემჭიდროება და თოვლის პორიანობის შემცირება. ასეთ მარცვალა თოვლს, რომელიც პირვანდელის გარდაქმნის შედეგი არია, ფირნი ჰქვია, ხოლო ფირნით დაფარულ ფართობს — ფირნის ველეები (სურ. 133). ჩვეულებრივ ეს არის არამარტო თვით ფირნის ველზე თოვის შედეგად დაგროვილი მასა, არამედ ქარის მიერ ფერდობებიდან ჩამოხვეტილი ნამქერიც.

დაგროვილი ფირნის საკუთარი სიმძიმე და ღნობა-შეყინვა იწვევს მზარდი მარცვლების პროგრესულ შემჭიდროებას. როდესაც პორიანობა იმდენად შემცირდება, რომ სიმკვრივე დაახლოებით 0,8-ს გაუტოლდეს, ეს იქნება უკვე ყინული ანუ, უკეთ, მყინვარის ყინული (სურ. 134). ასეთი დაზუსტება იმიტომ არის სა-

ჭირო, რომ მყინვარის ყინულის სტრუქტურა სულ სხვაგვარი არის ვიდრე ტბის ან ზღვის ყინულისა. ტბის ყინული შედგება ნემსისებური პრიზმული კრისტალებისაგან, რომელნიც წყლის ზედაპირის მართობულად არიან განლაგებული, მჭიდროდ ეკვრიან ერთმანეთს და კრისტალოგრაფიული ორიენტაციაც ერთი აქვთ. მყინვა-



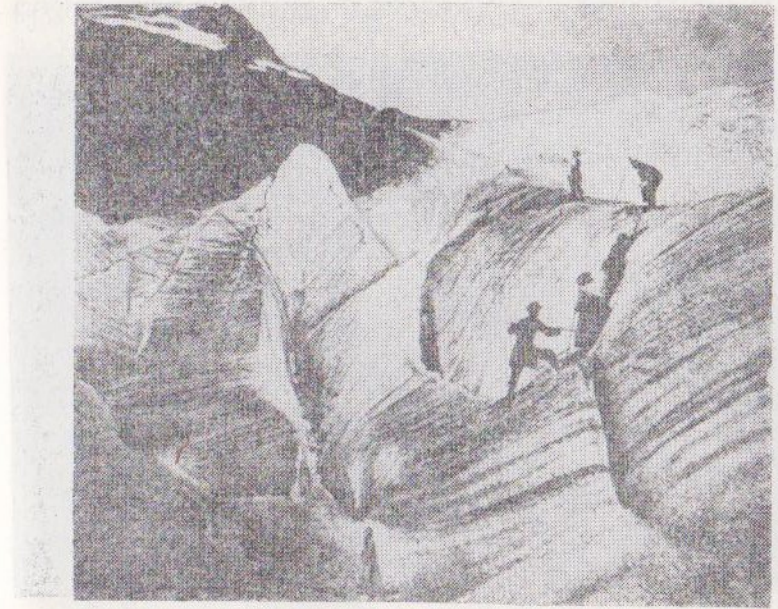
სურ. 133. ფირნის ველი. სვანეთი. ფოტო დ. წერეთლისა.

არის ყინულს კი მარცვლოვანი აგებულება აქვს. მართალია, მარცვლებიც კრისტალებს წარმოადგენენ, მაგრამ ეს არის ალომორფული კრისტალები და თანაც ისე არეული, რომ კრისტალთა ოპტიკურ ღერძებს სულ სხვადასხვა ორიენტაცია აქვთ. ფირნი კვარცის ქვიშას შეიძლება შევადაროთ. ხოლო მყინვარის ყინული კვარციტს. გარდა ამისა, ზღვის ყინულის მაქსიმალური სისქე მეტრობით იზომება, ხოლო მყინვარის ყინულმა შეიძლება ათასეულ მეტრებს მიაღწიოს.

თოვლისგან ამგვარად წარმოშობილი ყინული ჰქმნის დიდ სხეულებს, რომელთაც მყინვარებს უწოდებენ. მყინვარი იქ წარმოიშობა, სადაც ფირნი გროვდება, მაგრამ იქვე როდი რჩება. თუმცა ძლიერ ნელა, იგი მოძრაობს წყალივით: გადმოედინება ფირნის ველიდან, მიჰყვება დაქანებას, ჩადის საკმაოდ შორს მუდმივი თოვლის ხაზს ქვევით და იქ თანდათან დნება. ამგვარად, თოვლეთში

დაღეჭილი ჭარბი თოვლი ყინულის სახით თოვლეთს გარეთ გაიტანება.

ამჟამად მომყინვარებული ფართობი მიწაზე დაახლოებით 17 000 000 კმ²-ზე მეტი არის, ე. ი. ხმელეთის მთელი ზედაპირის 11%-ს უდრის. ძირითადად ეს არის ანტარქტიდის და გრენლანდის



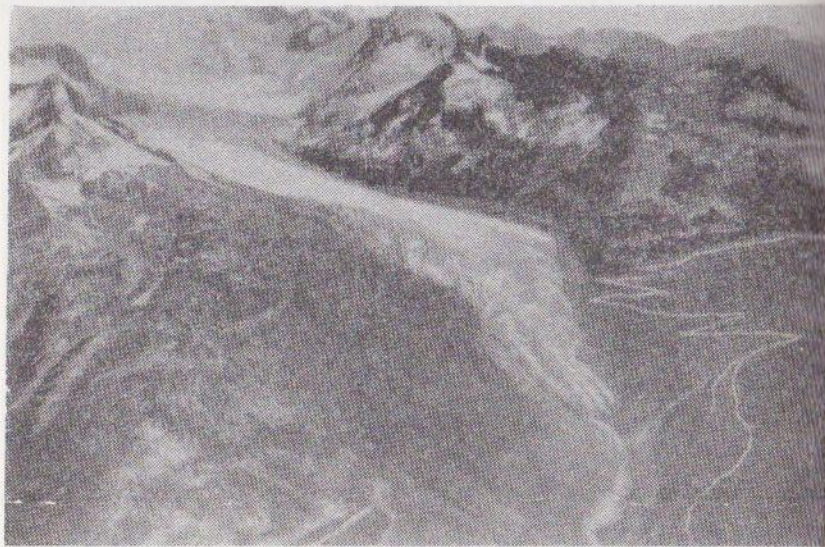
სურ. 134. მყინვარის ყინული. ჩანს ყინულის ფენობრივობა.

უზარმაზარი მყინვარები, რომელთაც ემატება მთების მყინვარები. უკანასკნელთ ვხვდებით ალპებში, კავკასიონზე, ჰიმალაიზე და სხვა მაღალ მთებში. პირველ რიგში ასეთი მყინვარები დეტალურად იქნა შესწავლილი ალპებში.

მთის მყინვარი ორი ნაწილისაგან შედგება: 1. მისი მკვეთრი ფირნის ველი და 2. საკუთრივ მყინვარი. ფირნის დაგროვება და ყინულის წარმოშობა ხდება თოვლეთის ტაფობისებურ უბნებში, რომელთაც მყინვარულ ცირკებს უწოდებენ. ცირკი (სურ. 135) ჩვეულებრივ სამი მხრით მეტად თუ ნაკლებად ციცაბო კლდეებით არის გარშემორტყმული, ხოლო ერთი მხარე ღია აქვს.

სწორედ აქეთკენ გადმოდის მყინვარის ტახი, უკანასკნელი მოძრაობის ხეობაში მდინარის მსგავსად და, როგორც ვთქვით, შეიძლება არაერთი კილომეტრით ჩასცილდეს თოვლეთის საზღვარს.

საგულისხმოა, რომ მყინვარის მოძრაობა უშუალოდ როდი ჩანს, დიდი ხნის განმავლობაში დარწმუნებულიც კი იყვნენ, რომ მყინვარები უძრავი არიან და სპეციალური დაკვირვებები გახდა საჭირო



სურ. 135. მყინვარი Mer de glace (ყინულის ზღვა) ფრაზულ ალპებში. სათავეში ჩანს კარვად გამოსახული ცირკი.

ამ შეხედულებების მცდარობის დასამტკიცებლად. ამ მიზნით მყინვარზედ არჭობდნენ პალოების რიგს: ორს—კლდეზე მყინვარის კიდეებთან, ხოლო დანარჩენებს—ყინულზე სწორხაზებრივად იმ ორს შუა, როდესაც წლების შემდეგ ბრუნდებოდნენ, ირკვევოდა, რომ გახაპირა ორი პალო თავის ადგილზე დარჩენილიყო. დანარჩენები კი ქვევითკენ დაძრულიყვნენ. თანაც ჩანდა, რომ ნაპირის ახლობელი პალოები ნაკლებად იყვნენ გადაადგილებული, შუა ხაზისაკენ კი თანდათან მეტად ამგვარად დამტკიცდა არამარტო ის, რომ მყინვარი მოძრაობს, არამედ ისიც, რომ ეს მოძრაობა ისეთივეა, როგორც წყლის: ხახუნის გამო შემცირებული სიჩქარე კიდევბთან, უდიდე-

სი სიჩქარე შუაში: მსგავსება ამითაც არ თავდება: თუ მყინვარი კავილებს აკეთებს, მაქსიმალური სიჩქარე გარეთკენ გამოზნექილი ნაპირისაკენ გადაიწევს, როგორც მდინარეებში ხდება. აქედან უნდა დავასკვნათ, რომ მყინვარი კი არ მიცოცავს დაღმა,—წყლის მსგავსად მიედინება, თუმცა მისი სიბლანტე ბევრად უფრო დიდია.

ყინული მყარი სხეული არის, მაგრამ სუსტი. ჩვეულებრივ დინება არ შეუძლია, მაგრამ თუ მისმა სისქემ რამდენიმე ათეულ მეტრს მიაღწია და მეტს, მისი საკუთარი წონა საკმაოდ იქნება იმისათვის, რომ დინება გამოიწვიოს. მყინვარის ყინულის მარცვლოვანი აგებულებაც ამას ხელს უწყობს უეჭველად.

მიედინება კი მყინვარი, მაგრამ ძლიერ ნელა. ვაზომვებმა ნათელჰკო, რომ მოძრაობის სიჩქარე არის ორი-სამი სანტიმეტრიდან რამდენიმე მეტრამდე დღელდამეში, იმისათვის, რომ ცირკში მოსულმა თოვლმა მოზრდილი მყინვარის ბოლომდე მიაღწიოს, არაერთი წელიწადი არის საჭირო. სიჩქარე მით მეტია, რაც მეტია ყინულის სისქე (შეადარე მდინარე) და ფუძის დაქანება. თუ მყინვარის ზემო ნაწილი მაღალია და ყინულის სისქე დიდი, მყინვარს შეუძლია მცირე აღმართიც გადაიაროს. ამგვარად, მყინვარის გზაზე სუსტი ქანების ადგილას წარმოიშობა ჩაღრმავებული უბნები.

მყინვარის ნაპირებს კიდევებს უწოდებენ, მის ბოლოს — შუბლს ანუ ფრონტს. რადგან მყინვარი მარადი თოვლის ხაზს ქვევით არის ჩამოსული, ყინულის რაოდენობა მასში თანდათან მცირდება დნობისა და აორთქლების გამო. თუ დნობა-აორთქლებამ გადააჭარბა ყინულის მოდინებას, მყინვარის ფრონტი უკან დაიხევს, თუ მოდინება ჭარბობს, ფრონტი წინ წამოიწევს. ამგვარად, მყინვარის ფრონტის წინსვლა-უკანდახვევა ცვალებადი წონასწორობის გამომხატველი არის და არა თვით ყინულის მოძრაობის მიმართულებისა. თბილად და მშრალი ამინდები იწვევენ მყინვარის ფრონტის უკან დახევას. ცივი და ნესტიანი — წინ წაწევას.

მყინვარების სახეობები. მთის მყინვარები ხეობებს მიჰყვებიან. ამიტომ მათ ხეობის მყინვარებსაც უწოდებენ. ეს ხეობები უეჭველად ადრინდელი მდინარის ხეობები არიან, მაგრამ მყინვარს მათთვის დამახასიათებელი, ასომთავრული ლათინური M -ს მაგვარი ჭრილი მიუტია. ასეთ მყინვარეულ ხეობას ტროგს¹ უწოდებენ (სურ. 136).

¹ Trog, გერმ. — გობი.

მოძრაობის პროცესში მყინვარის ტანში შეიძლება ნაპრალები გაჩნდეს. ასე მოხდება, მაგალითად, თუ მყინვარის სავალზე დაქანების გადატეხა (უეცარი ზრდა) არის. ასეთ შემთხვევაში ნაპრალები მყინვარის გარდიგარდმო წარმოიშობიან. იქ, სადაც



სურ. 136. ტროგი. ნორვეგია.

მყინვარი ვიწრო ყელიდან ფართო კალაპოტში გადის, ვითარებიან რადიალური ნაპრალები (სურ. 137) და ა. შ. საგულისხმოა, რომ როდესაც მყინვარი ასეთ ადგილებს გასცდება, ნაპრალები ისევ შეიკვრიან და შეიზრდებიან ისე, რომ მათი კვალიც არ რჩება. რაც შეეხება ნაპრალების სიღრმეს, ფიქრობენ, რომ ყინულის პლასტიურობის გამო იგი 100 მეტრს ვერ გადააჭარბებს. ამ ზედა ასმეტრიან ფენას უწოდებენ მყინვარის ქერქს.

მთის მყინვარს სხვადასხვაგვარს არჩევენ. ტიპური ხეობის მყინვარის გვერდით, რომელიც ფრონტით ბოლოვდება, აღნიშნავენ მყინვარებს, რომელნიც ციკაბო კოეცს წასწყდომიან და უეცრად თავდებიან. მათ დაკიდებულს უწოდებენ (სურ. 138). რადგან მყინვარი წინ მიიწევს განუწყვეტლივ, მას ბეჭის გასწვრივ დიდი და პატარა ნაკვეთები სწყდება და ცვივა ქვევით. თუ ნაწყვეტები ხშირია და დიდი, მათი შეზრდით კოეცს ძირში შეიძლება ახალი მყინვარი წარმოიშვას.



სურ. 137. ნაპრალები ხეობის მყინვარში.

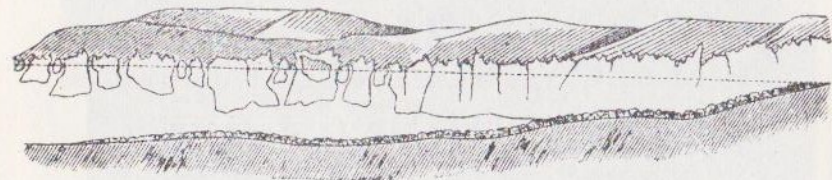


სურ. 138. გადმოკიდებული მყინვარი.

სკანდინავიური ტიპის მყინვარში ერთი დიდი ფირნის ველიდან რამდენიმე მყინვარი გამოდის მეტ-ნაკლებად რადიალურად.

როდესაც ხეობის მყინვარები მთის ძირამდე ჩადიან და იქ ვაკეზე იშლებიან, ეს არის მთის ძირის (piedmont) მყინვარები. კარგი მაგალითები ცნობილია ალასკაში.

თუ ხეობის მყინვარი ან მთისძირის მყინვარი ზღვაში შედის, მივიღებთ ზღვისპირის მყინვარს (სურ. 139). სანამ ზღვის სიღრმე მცირეა, ასეთი მყინვარი ფსკერს ეყრდნობა და ფსკერზე მოძრაობს, მაგრამ როგორც კი სიღრმე ყინულის სისქის ცხრა მეათედს (ასეთია მყინვარის ყინულის სიმკვრივე) გადააჭარბებს, მყინვარი ატივტივდება. ატივტივებულ მყინვარს ზღვის დელ-

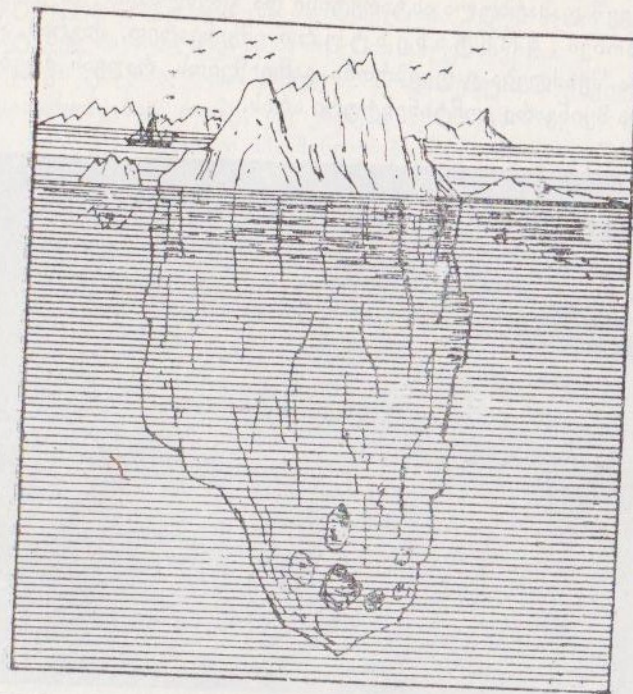


სურ. 139. ზღვაში შესული მყინვარი.

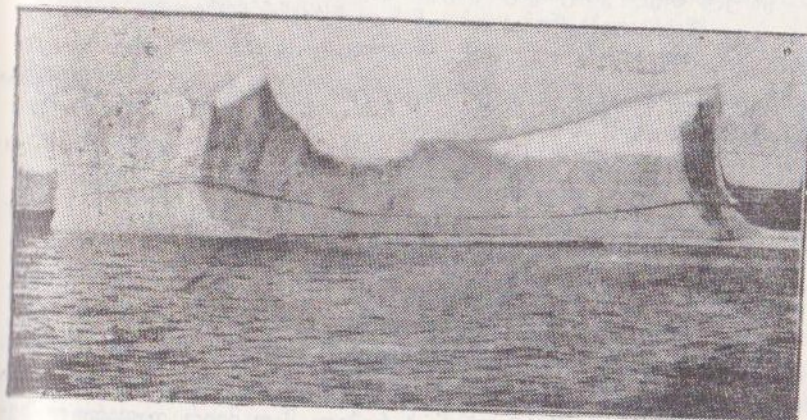
ვა აქანავებს და ამ მოძრაობის პროცესში ჩნდება ნაპრალები. ამ შემთხვევაში ნაპრაღმა შეიძლება მთელი ყინული გაჰყვეთოს ზევიდან ძირამდე ან ძირიდან ზედაპირამდე და მყინვარს მეტად თუ ნაკლებად დიდი ნაკვეთი მოსწყვიტოს. ასეთ ნაკვეთს ზღვა გაიტაცებს და ატარებს თავის ნებაზე. ეს იქნება ე. წ. ყინულის გორა ანუ აისბერგი¹ (სურ. 140). რაც უფრო დიდია ყინულის გორა, მით უფრო დიდ ხანს იცურებს ზღვაზე, სანამ გაღნებოდეს. გრენლანდის ნაპირებიდან მოწყვეტილი უზარმაზარი აისბერგები ატლანტურ ოკეანეში განედის 30°-მდე აღწევენ და მეზღვეობისათვის დიდ საფრთხეს წარმოადგენენ (სურ. 141).

დასასრულ, მთის მყინვარებს შეიძლება დაეუბირისპიროთ მყინვარები, რომელნიც თვალუწვდენელ სივრცეზე მთას და ბარს ერთიანად ჰფარავენ: ცალკეული მალბობები და მწვერვალები თუ გადარჩენიან გადაფარვას. ეს არის ზეწრული მყინვარები,

¹ Eis, გერმ. — ყინული, Berg — გორა.

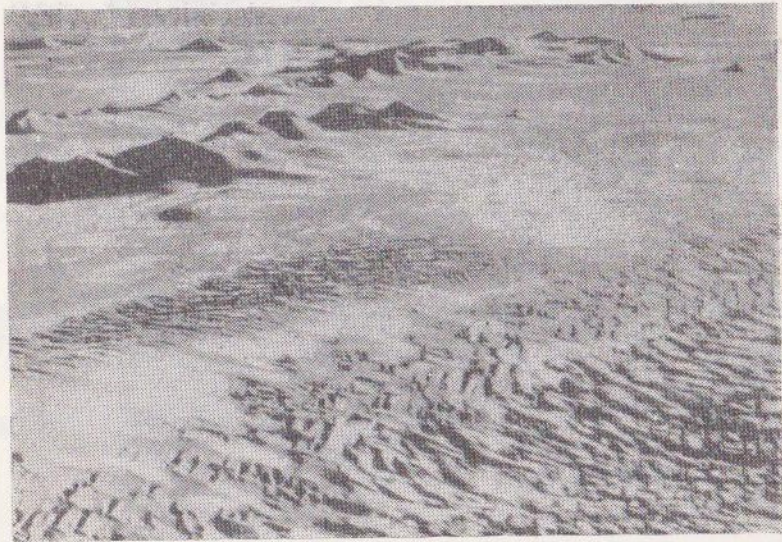


სურ. 140. აისბერგი.



სურ. 141. აისბერგი.

რომელთა ქვეშ დამარხულა ანტარქტიის და გრენლანდი (სურ. 142)–
ზოგჯერ ამბობენ კონტინენტური მყინვარიო, მაგრამ ასეთ-
მა ტერმინმა შეიძლება გაუგებრობა გამოიწვიოს, რადგან მდებარე-
ობით ყველა მყინვარი კონტინენტური არის.



სურ. 142. ზეწრული მყინვარი ანტარქტიის ზე-
ყინულს მთელი კონტინენტი დაუფარავს. მოჩანს მხოლოდ ცალკეული
მწვერვალები (ნუნატაკები). წინ და მარჯვნივ ნაპრალები.

საერთოდ მყინვარების კლასიფიკაცია შემდეგნაირად შეიძლება
გამოიხატოს:

მყინვარი	{	ზეწრული
		{
		ხეობის, დაბლობებული
		ხეობის, დაკიდებული
	მთის	{
		მთისძირის
		ზღვისპირის

მყინვარის გეოლოგიური მოქმედება ერთხანს საკამათო იყო.
ზოგი ფიქრობდა, მარადი თოვლი და მყინვარი ნგრევას და
დენუდაციას კი არ აწარმოებენ, პირიქით, მათ მიერ დაფარულ ზე-
დაპირს მდინარეული ეროზიისაგან იცავენო. დღეს მყინვარული

დენუდაციის რეალობა და მნიშვნელობა ეჭვს აღარ იწვევს. დასა-
ზუსტებელია მხოლოდ ამ პროცესის ინტენსივობა.

ეს კი ცხადია, რომ ყინულის სოლისებურ მოქმედებას (გაყინ-
ვა-გაფართოება), რომელიც კარგად არის ცნობილი ზომიერ ჰავა-
შიც, განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს თოვლეთში. საცა აწვე-
ტილი კლდეები შიშველი არიან, ყინულის სოლებით დედაქანს მო-
წყვეტილი ლოდები და უფრო წვრილი მასალა თავისთავად ცვივა
ქვევით და მყინვარზედ ეცემა. მეორე მხრით, მყინვარის ფსკერ-
სა და გვერდებს თვით მყინვარი აცლის ასეთ მასალას.

მაგრამ მყინვარის აქტივობა ამით არ ამოიწურება. იგი თვით
ამსხვრევს და თითქოს ჰქლიბავს ქანებს, რომლებზედაც მოძრაობს.
რბილ ყინულს იმიტომ შეუძლია შეუდარებლად უფრო მაგარი ქა-
ნების მოცვეთა, რომ ყინულში შეტაცებული არის ქანების მსხვრე-
ვის მასალა და სწორედ მას იყენებს მყინვარი როგორც ნაუდაკის
ფხვნილს. მყინვარის ასეთი მოქმედება, რომელსაც ეგზარა-
ცია¹ ჰქვია, საფეხებით თვალსაჩინო ხდება, სადაც კი მყინვარის
ძველი ფსკერი გაშიშვლებული არის: მისი ზედაპირი მოსწორებუ-
ლია და ხშირად მოლიბულიც და ამ ფონზე მკვეთრად გამოირჩევა
მრავალრიცხოვანი ნაკაწრები (სურ. 143). უკანასკნელები გაუე-
ლია ყინულში მოქცეულ მაგარი ქანის ნატეხებს, რომელთაც მყინ-
ვარი დიდი ძალით აწვება და თან ქვემოთკენ მოაცოცებს. ნაკაწრე-
ბი ზოგი უფრო ღრმაა, ზოგი ნაკლებ, მაგრამ ყველა დაახლოებით ერ-
თიმეორის პარალელური, რაც მყინვარის მოძრაობის მიმართულების
მაჩვენებელი არის.

ეგზარაციის შედეგად ქანების უფრო რბილი უბნები ქვაბუ-
ლივით ჩაღრმავდება, მაგარი უბნები ამობურცული და თან მო-
ლიბული არიან. წარმოიშობა ე. წ. ვერძის შუბლები ის
ლანდშაფტი. ვერძის შუბლს სწორედ ამ ამობურცულ უბნებს ამ-
სგავსებენ (სურ. 144).

ვერძის შუბლის ფორმა ასიმეტრიული არის (სურ. 145). მყინ-
ვარის მოძრაობის აღმა მას მცირე დაქანება აქვს, დაღმა კი მკვეთ-
რი საფეხურით თავდება. ეს გარემოება მყინვარის მოძრაობის
დამხრობის საშუალებას იძლევა. მართლაც, ნაკაწრები გვატყობი-
ნებენ, თუ როგორ იყო მიმართული მოძრაობა, მაგრამ არაფერს

¹ Exaratio, ლათ. — გადახვანა.

გვეუბნებიან იმის შესახებ, თუ საით მოძრაობდა მყინვარი ამ ხაზის გასწვრივ. ვერძის შუბლები ამ ცნობასაც გვაწვდიან.

ნგრევას მიღებული მასალის ტრანსპორტი უნდა მოჰყვეს ამ ფუნქციას მყინვარი სულ სხვაგვარად ასრულებს, ვიდრე მდი-



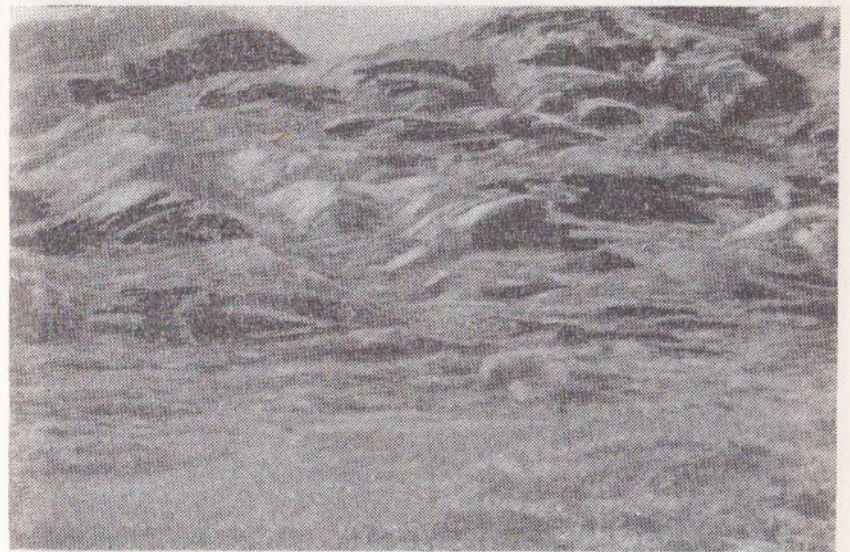
სურ. 143. ძველი მყინვარის მიერ მოლიპულ-დაკაწრული რელიეფი. ნორვეგია.

ნარე; ფსკერის და გვერდების მასალას დიდი ძალით აწევა და მიატოვებს, მყინვარის ზედაპირზე მდებარე კი მიაქვს, როგორც ტივი წაიღებდა. დიდი და ბატარა, მძიმე და მსუბუქი მასალის გადატანა სრულიად ერთგვარად მიმდინარეობს და არაეითარი დახარისხება არ წარმოებს.

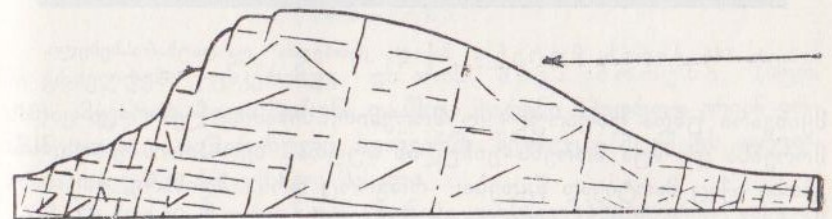
მასალას, რომელსაც მყინვარი მიეზიდება, მორენი ჰქვია. მისი დამახასიათებელი სწორედ ის არის, რომ დიდი ლოდები, თიხის უწმინდესი მარცვლები, თუ როჭკი უწესრიგოდ არის ერთმანეთში არეული. არც ქვარგვალეებია შიგ, თუ ადრინდელი ნალექებიდან არ მოხვდა (სურ. 146).

არჩევნ მორენის რამდენიმე სახეს: ზედა მორენი კიდის და შუა, ქვეშა მორენი, შიგა მორენი.

ზედა მორენი ეწოდება მორენს, რომელიც მყინვარის ზედაპირზე დევს. სწორედ ის არის, რომ მყინვარს მიაქვს თითქო ტივის. ეს მასალა მყინვარზე ზევიდან ცვივა, კლდეებიდან, რომელნიც მას დაჰყურებენ. ზედა მორენი ორი სახისაა: კიდის და შუა.



სურ. 144. ვერძის შუბლები.



სურ. 145. ვერძის შუბლის მორფოგენეზი. მყინვარის მოძრაობის აღმა (აქ მარჯვნივ) ქანის მოცვეთა-მოლიპვა ხდება, დაღმა (წინ) — წაწვეტვა.

კიდის მორენის წარმოშობა ადვილი გასაგებია. კლდეებიდან ჩამოცვენილი მასალა მყინვარის კიდეებზე უნდა დაგროვდეს, ერთზე და მეორეზეც, და ამიტომ გაუყვება ზოლად მყინვარს

ორივე მხრით. ეს მიწისებური მუქი ზოლი მკვეთრად გამოირჩევა მყინვარის ლაპლაჰა სუფთა ზედაპირზე და ალბათ ამიტომ არის, რომ რაჭაში მორენს სკორეს უწოდებენ.

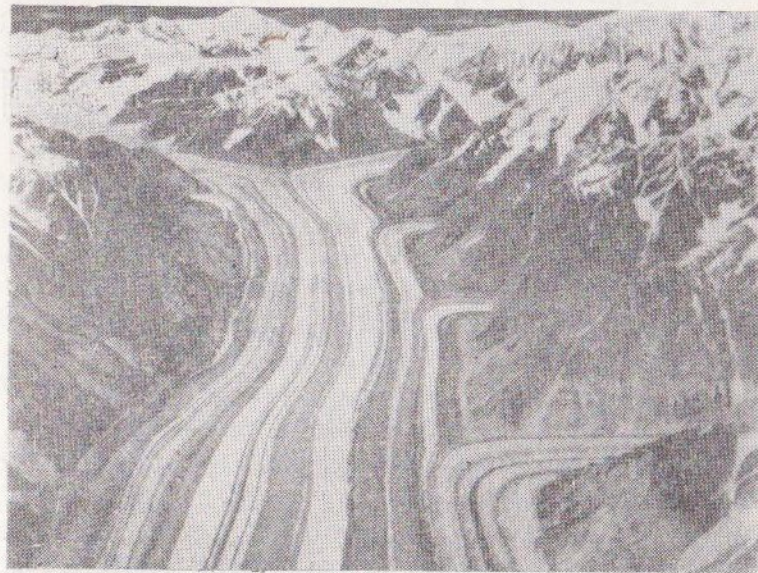
მაგრამ როგორ-ღა ჩნდება შუა მორენი? გვერდიდან ჩამოცვენილი მასალა რომ აქამდე მოსულიყო, მაშინ ხომ მთელი



სურ. 146. ძირის მორენი. მასალა კუთხელია და დაუხარისხებელი.

მყინვარი უნდა დაფარულიყო მორენით, სინამდვილეში კი კილის მორენსა და შუა მორენს ყინულის სუფთა ზედაპირი ჰყოფს. საკითხი აქაც მარტივად წყდება: როგორც ორი მდინარე, ისე ორი მყინვარიც შეიძლება ერთმანეთს შეერთოს: ასეთ შემთხვევაში ერთის მარცხენა კილის მორენი და მეორის მარჯვენა ერთმანეთს შეერთდებიან და წარმოიშობა ერთი მორენი, შენაერთი მყინვარის ზედაპირის შუა ზოლში მოთავსებული (სურ. 147). აქედან ადვილად დავასკვნით, რომ შუა მორენი ყველა მყინვარს არ ექნება; თუ აქვს, მყინვარი შენაერთია, და ცხადია ისიც, რომ შესაძლებელია, მყინვარს რამდენიმე შუა მორენი ჰქონდეს, იმდენი, რამდენჯერაც შეერთება მომხდარა.

ფსკერის მორენს შეადგენს მყინვარის მიერ ძირში წაბრუნებული მასალა. იგი კიდეებზედაც გრძელდება და ზედაპირულ კილის მორენს უერთდება. ამიტომ არის, რომ შუა მორენიც, რომელიც ორი კილის მორენის შეერთებით წარმოიშობა, მყინვარის ტან-



სურ. 147. მყინვარების შერთვა და შუა მორენის წარმოშობა.

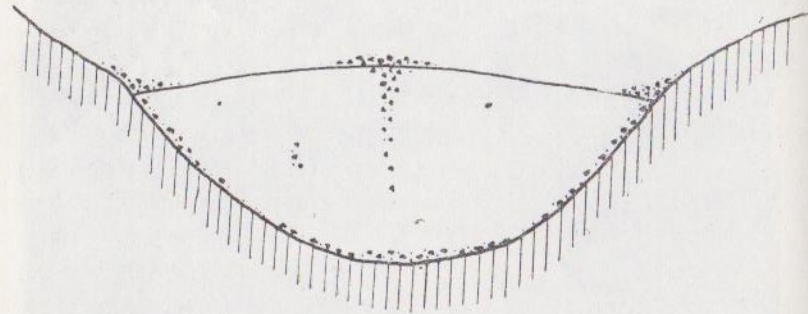
ში გრძელდება ფსკერამდე. ეს არის შიგა მორენი (სურ. 148). ამგვარად, ზედა მორენი და შიგა მორენი მჭიდროდ არიან ერთმანეთთან დაკავშირებული. მყინვარში შეიძლება მოექცეს აგრეთვე ნაპრალებში ჩაცვენილი მასალა.

შუბლის მორენის ბუნება განსხვავებული არის. აქ ყინული მთლიანად დნება-ორთქლდება და მოტანილი მასალა მიწაზე რჩება. ყინული მას ველარ დასძრავს, თუ ჰავის შეცვლამ მყინვარის წინსვლა არ გამოიწვია. მამასაღამე, აქ საქმე გვაქვს უკვე მასალის დაღეჭვასთან.

შუბლის მორენს რკალური ფორმა აქვს, როგორც თვით მყინვარის შუბლს. უკანასკნელი გარემოება გამოწვეულია იმით, რომ მყინვარის შუა ნაწილი უფრო სქელია, უფრო გვიან დნება და მეტ-

ზე წაიწვეს წინ. შუბლის მორენი შეიცავს ყველა მორენის მასალას, დიდი ხნის მანძილზე დაგროვებულს და ამიტომ ბევრად უფრო სქელს. მყინვარის უკან დახევის შემთხვევაში აქ, შუბლის მორენს უკან, შეიძლება ტბა დაგუბდეს.

ამით თავდება საკუთრივ მყინვარის მოქმედება, მაგრამ ამით არ თავდება მორენების ისტორია. უკან დახევის პროცესში და მა-



სურ. 148. მორენების სახეები (სქემა).

ნამდევ მყინვარებიდან წყალუხვი ნაკადები გამოდის. მათ ყინულის დნობის წყალი ასაზრდოებს. ზოგი მათგანი მყინვარის ზედაპირზეც მიედინება მეტად თუ ნაკლებად ღრმა ნაპრალებში. ზოგი გვირბებს მიჰყვება მყინვარის ტანში და ზოგიც კიდევ ყინულქვეშ მყინვარის ფსკერზე დის. ეს ნაკადები მორენულ მასალას ევატრონებიან, გააქვთ ქვემოთ და ფართო ველებზე შლიან სხვა მასალასთან ერთად. ამ ნალექებს, რომელთა მასალა მყინვარულია ძირითადად და რომელთა ტრანსპორტს და დალექვას მდინარი წყალი აწარმოებს, ფლუვიუს-გლაციატორს¹ უწოდებენ. მათი გამორჩევა წმინდა მდინარეული ნალექებისგან ხშირად არც კი ხერხდება.

მეორე მხრით, მყინვარეული ნალექი მარტო შუბლის მორენით არ ამოიწურება. უკან დახევისას მყინვარი ნალექის სახით სტოვებს ფსკერის მორენს, შიგა მორენს და ზედაპირულ მორენებსაც.

დასასრულ, მყინვარული ტრანსპორტის და დალექვის საგულისხმო სახეს იძლევიან აისბერგები. როგორც დავინახეთ, აისბერგები

¹ Fluvius, ლათ.— მდინარე, glacies — ყინული. მდინარეულ-მყინვარეული. უფრო სწორი იქნებოდა, გვეთქვა გლაციატორ-ფლუვიუსი.

ზღვაში შესული მყინვარების ნაწყვეტებს წარმოადგენენ. ამ ყინულის გორებზე ყოველთვის არის მორენული მასალის მეტი თუ ნაკლები. რაოდენობა, რომელიც მათ (გორებს) თან მიაქვთ ოკეანეში და საკმაოდ შორსაც. ბოლოს ყინული დნება და რაც ზედ იყო, ზღვაში ცვივა და ილექება. ოკეანოლოგიურმა კვლევებმა გამოარკვეეს, რომ სამხრულ ოკეანეში ასეთი ნალექები, ანტარქტიისიდან მოტანილი, მნიშვნელოვან როლს თამაშობს. უფრო მკირეს, მაგრამ მსგავს როლს ასრულებს გრენლანდის აისბერგები ჩრდილო ატლანტიკაში.

ანტარქტიის და გრენლანდის ზეწრულ მყინვარებს უზარმაზარი ფართობი უჭირავთ. ანტარქტიისზე ეს არის დაახლოებით 16. 10⁶ კმ² და გრენლანდზე — 1.6. 10⁶ კმ². ამის შესაფერია ყინულის სისქეც. სეისმომეტრიული მეთოდით ანტარქტიისზე გაზომილია 4000 მ-ზე მეტი. რა თქმა უნდა, ასეთი სისქე ყინულს ყველგან არა აქვს, მაგრამ უმაღლესი მწვერვალების გამოკლებით ყველაფერი ყინულს ქვეშ იფარება (სურ. 142). გრენლანდზეც არის გაზომილი 3000 მეტრის სისქე ყინული.

მეოთხეულის მომყინვარება. სწორედ ამ სქელი საფარის გამო ზეწრული მყინვარების მოქმედების შესწავლა ანტარქტიისზე და გრენლანდზე ძლიერ შეზღუდულია, მაგრამ მშვენიერ კომპენსაციას იძლევა მეოთხეულის მომყინვარება. უკვე გასული საუკუნის პირველ ნახევარში მიაქციეს ყურადღება რომ შვეიცარიაში მყინვარების მოქმედების კვალი თითქო კარგად ჩანს ბევრად უფრო დაბლა, ვიდრე დღევანდელი მყინვარებია. ბევრგან ნალექი საკვირველად წააგავს მორენულს. თითქო რაღაც კავშირი უნდა ჰქონოდა მყინვარებთან შვეიცარიისა და იტალიის ტბების წარმოშობასაც ალპების ძირში და განსაკუთრებით დამაფიქრებელი იყო ე. წ. ერატიული¹ ლოდები, რომელთაც, დიდსა თუ პატარას, მრავალგან ჰპოულობდნენ (სურ. 149). ეს არის ქვები, რომელთა დედა ქანი ან არ ჩანდა, ან ისე შორს და ისეთ ადგილას, რომ წყლის მიერ იქედან მათი მოტანა ძნელი წარმოადგენი იყო.

კიდევ უფრო უცნაურად გამოიყურებოდა მდგომარეობა ჩრდილო გერმანიაში, სადაც დღეს მყინვარი არსად მოიპოვება. იქაც პოულობენ, ზოგჯერ უზარმაზარ, ერატიულ ქვებს, რომელთა მსგავსი მკვიდრი ქანი გერმანიაში არსად ჩანს. კიდევ მეტი, გამოირკვა, რომ

¹ Erraticus, ლათ.— გზადაბნეული.

ამ ლოდების დედა ქანი სკანდინავიაში არის. მერე როგორ უნდა მოხვედრილიყვნენ ისინი გერმანიაში? სწორედ ამ თავსამტვრევი ამოცანის ამოსახსნელად შექმნა ლაიელმა თავისი დრიფტის¹ თეორია. ამ თეორიის მიხედვით ერატული ლოდები



სურ. 149. ერატული ლოდი.

სკანდინავიიდან გერმანიაში ყინულის გორებს (აისბერგებს) უნდა მოეტანათ. უეჭველად გონებამახვილი ჰიპოთეზა², მაგრამ გამოიჩინა, რომ ერატული ქვები ზღვიურ ნალექებთან როდი არიან დაკავშირებული, როგორც ამას თეორია ჰგულისხმობს.

მხოლოდ გასული საუკუნისათვის 70-იან წლებში მოხერხდა იმის დასაბუთება, რომ ეს ლოდები სკანდინავიიდან ზეწრული მყინვარის მიერ არიან მოტანილი, რომ იმ დროს ევროპის ჩრდილო ნაწილი დაფარული იყო უზარმაზარი ზეწრული მყინვარით, რომლის ცენტრი სკანდინავიაში მდებარეობდა. კიდევ უფრო დიდ მყინვარს გადაეფარა იმ დროს ჩრდილო ამერიკის ჩრდილო ნაწილი დიდ ტბებამდე ჩათვლით, ალბების მყინვარებიც ჩრდილოეთისაკენ შვეიცარიის დაბლობში და სამხრეთით ლომბარდში ჩამოდიოდნენ. კავ-

¹ Drift, ინგლ. — ძვრა, ზიდვა.

² „ჰიპოთეზის“, ბერძნ. — წარმოდგენა, ვარაუდი.

კასიონზეც მყინვარების განვითარება მეტი იყო, ვიდრე დღეს. მყინვარებს იმ დროს ხმელეთის ზედაპირის 30% უნდა სჭეროდა დაახლოებით (სურ. 150).



სურ. 150. მეოთხეულის მომყინვარების რუკა.

დღეს ყინულის ამ უზარმაზარი საფარიდან მხოლოდ გრენლანდის და სკანდინავიის მთების მყინვარები დარჩენილან. სწორედ ეს გარემოება იძლევა საშუალებას ამჟამად მყინვარების მიერ მიტოვებულ სივრცეებზე დაუბრკოლებლად შევისწავლოთ ზეწრული მყინვარის მოქმედების თავისებურებანი.

მთელი ეს სივრცე მორენული ნალექების ნაწყვეტებით არის მოფენილი. ეს არის ფსკერის მორენი, რომელსაც მყინვარის დნობისა და უკან დახვევის დროს შიგა და ზედაპირული მორენებიც ემატებოდა. შემდეგ მორენული საფარის ნაწილი გადარეცხილა (ამიტომ აქვს მას წყვეტილი სახე), ნაწილი უფრო ახალგაზრდა ნალექებს დაუფარავს, ტბიურს ან მდინარეულს, მაგრამ მორენის გამოცნობა მაინც მეტ შემთხვევაში ძნელი არ არის: 1. მას ფენობრი-

ვობა არა აქვს; 2. მასალა დახარისხებული არ არის და მეტ წილად არც დარგვალებული; 3. ფსკერის მორენში გვხვდება ზედაპირ-მოლიბული და დაკაწრული ლოდები; 4. შიგ ნამარხები არ არის ან, თუ არის, მყინვარული ჰავის წარმომადგენლები არიან.

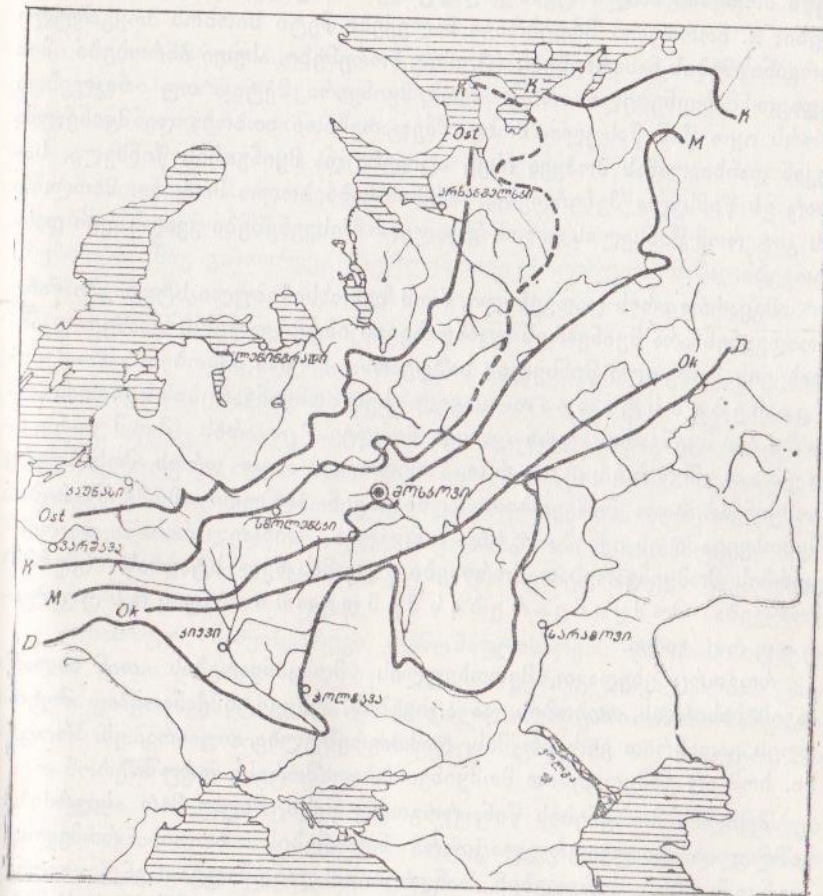
მორენული საფარი სრულიად უწყვეტი არც თავიდან ყოფილა. სადაც ფუძის რელიეფი ცოტა მაღალი იყო და თან მაგარი ქანებისგან აგებული, მყინვარულ ეგზარაციას (იხ. ზემოთ) თავისი კვალი მოლიბულ-დაკაწრული უბნების სახით დაუტოვებია. ამის მაგალითები ხშირია ფინეთში, რომელიც მტკიცე მეტამორფული ქანებით არის აგებული. ამავე პირობებში გვხვდება ვერძის შუბლებიც.

თუ ჰავა ხანგრძლივი დროის განმავლობაში არსებითად უცვლელი იქნებოდა, ასეთ პირობებში შუბლის მორენი უხვად დაგროვდებოდა. თუ შემდეგ, ჰავის შეცვლის გამო, მყინვარი აჩქარებულად დაიხევდა უკან, იგი შუბლის მორენს ვეღარასდ დააგროვებდა საგრძნობი რაოდენობით და მხოლოდ ძველი შუბლის მორენი დარჩებოდა ძველი ფრონტის ადგილას ამდღებულ სოგორის სახით. ასეთ მორენს ვიწრო და გრძელი, მცირედ ამღლებული ზოლის სახე აქვს. მისი მოხაზულობა ცალკეული რკალური ნაკვეთებისაგან არის შემდგარი და მყინვარის ფრონტის მოხაზულობას იმეორებს. ზოგჯერ ეს ნაკვეთები ერთმანეთს მოწყვეტილიც კი არიან ან თავიდანვე, ან შემდეგი მდინარეული ეროზიის გამო.

თუ გარკვეული უკანდახევის შემდეგ მყინვარი ისევ შეჩერდებოდა ერთ ადგილას, ახალი შუბლის მორენი უნდა წარმოშობილიყო. ასეც მოხდა. ალპებში ოთხ ძველ შუბლის მორენს არჩევენ ერთიმეორის უკან და ამის მიხედვით მომყინვარების 4 სტადიას აღწერენ (პენკი და ბრუკნერი): ყველაზე ძველია გუნცური, მას მოჰყვება მინდელური, შემდეგ რისული და ბოლოს ვურმული. რუსეთში დღეს ზოგი სპეციალისტი ოთხ სტადიას არჩევს, ზოგი მეტსაც. აქ ყველაზე ძლიერი იყო დნეპრული მომყინვარება (სურ. 151).

მარტო შუბლის მორენის მიხედვით რომ ვიმსჯელოთ, კაცი იფიქრებდა, რომ მომყინვარების სტადიები მხოლოდ უკანდახევის სტადიები არის: პირველი მომყინვარება იყო უძლიერესი, შემდეგ კი უფრო და უფრო სუსტი, თუმცა რამდენიმე შეჩერებით. მაგრამ მყინვარი თუ უკანდახევის შემდეგ წინ წავიდა და აღრინდელ შუბლის მორენს გასცდა, იგი ხომ ამ მორენს წახვეტს და მის

კვალს დაჰკარგავს. ვადარება მხოლოდ ის შუბლის მორენები, სადამდეც მყინვარი ვერ მიაღწევს.



სურ. 151. მომყინვარებები რუსეთში. D-D—დნეპრული, Ok-Ok—ოკური, M-M—მოსკოვური, K-K—კალინინური. Ost-Ost — ოსტაშკოვოს მომყინვარება.

მაგრამ მყინვარის წინსვლის დასადგენად სხვა გზა არსებობს. ვთქვათ, მყინვარმა უკან დაიხია. ის მორენით მოფენილ სივრცეს დასტოვებს, მაგრამ ასეთი ვითარება უცვლელი როდი დარჩება. მორენს ახლა მდინარეული, ტბიური და ჭაობის ნალექები გადაე-

ფინება. შიგ მცენარეების და ცხოველების ნაშთებიც მოექცევა ნა-
მარხების სახით. თუ ახლა მყინვარი ისევ წინ წამოვიდა, ამ ნალე-
ქებს მორენის ახალი ფენა გადაეფარება მივიღებთ სურათს: 1. მო-
რენი; 2. ნორმული შრეებრივი ნალექები მეტი სიბოზის მოყვარული
ორგანიზმების ნამარხებით; 3. ისევ მორენები. ასეთი პირობები იმის
უდავო მაჩვენებელი არის, რომ მყინვარი მეტად თუ ნაკლებად
შორს იყო წინ წასული. მოხდა შედარებითი ათბობა და მყინვარმა
უკან დაიხია. ამას მოჰყვა ისევ აცივება და მყინვარის წინსვლა. სა-
დაც ეს წინსვლა შეჩერდება, წარმოიშობა ბოლო მორენი. მხოლოდ
ეს კია, რომ წინსვლის დროს შუალედი შესვენებები კვალს ვერ დას-
ტოვებს.

ამგვარად არის დადგენილი, რომ ზემოხსენებული სტადიები წარ-
მოადგენენ არა მყინვარის უკანდახევის ინტერვალებს, არამედ უკან-
დახევის მომყოლი წინსვლის საზღვარს. ამიტომ ამბობენ, მომყინ-
ვარების სტადიათ. ყოველ ასეთ მომყინვარების სტადიას ათ-
ბობა და მყინვარის უკან დახევა მოსდევს. ეს არის მომყინვარ-
ებათათა შორისი დრო. თითოეულ ასეთ დროს მოსაზღვრე
მომყინვარებათა მეშვეობით აღნიშნავენ. ალპური მომყინვარების
შემთხვევაში ეს იქნება გუნც-მინდელის, მინდელ-რისის და რის-
ვურმის მომყინვარებათა შორისები. უკანასკნელ სტადიას (ვურმს)
მოჰყვება მომყინვარების შემდგომი ანუ პოსტგლაც-
იური დრო.

როგორც ვხედავთ, მეოთხეულის მომყინვარებას თან ახლავს
პავის ხასიათის, ათბობის და აცივების, უწყვეტი ქანობა. ამიტომ
დღეს გადაჭრით ვერ ითქმის, დამთავრებულია, თუ არა, ეს პროცე-
სი. ხომ არ ვიმყოფებით მომყინვარებათა შორისის დროში?

შუბლის მორენების წინ, როგორც წესი, მთელ მათ სიგრძეზე,
გაშლილია ფლუვიურ-გლაციური ნალექების ზოლი, რომელსაც
ზანდრებს უწოდებენ. ზანდრების ლანდშაფტი ვაკე, ოდნავ
ქვემოთკენ დაქანებული რელიეფით ხასიათდება. მასალის სიმსხო
მორენიდან დაშორებისას თანდათან მცირდება და იმავე დროს
ფლუვიურ-გლაციურ ნალექებს თანდათან წმინდა მდინარეული
სცვლის.

ზანდრების ზოლში ხშირია დაბალი, მაგრამ წაგრძელებული
ბორცვები ანუ დრუმლინები. დრუმლინები დაკავშირებული

¹ Sand, გერმ. — ქვიშა. აქედან ეს ტერმინიც.

არიან მტკიცე მკვიდრი ქანების აზვეების პატარა უბნებთან და რამ-
დენადმე ვერძის შუბლებს ემსგავსებიან. აქაც მკვიდრი
ქანის კონცხს სიგრძევე მორენული ღორღი განაგრძობს წყალ-
დაღმა.

ბოლო მორენის უკანაც (ზემოთაც) ცნობილია რელიეფის თა-
ვისებური ფორმები. ვარდა დრუმლინებისა, რომელნიც აქაც გვხვ-
დებიან, შეიძლება აღინიშნოს კამები და ოზები.

კამები ათიოდე მეტრის და ნაკლების სიმაღლე ბორცვებს
წარმოადგენენ. ისინი აგებული არიან ფენობრივი ქვიშებისაგან, რომ-
ლებშიაც უფრო მსხვილი მასალაც გამოერევა, და ფურცელა თი-
ხებისგან. შიგ გამოერევა ჩვეულებრივი მორენული მასალაც. ფიქ-
რობენ, რომ კამები დალექილან პატარა ტბებსა და გუბებში, რო-
მელნიც მყინვარის უკანდახევისას დარჩენილან.

ოზები¹ გრძელი, სერისებური ამაღლებები არის (სურ. 152).
მათი სიმაღლე რამდენიმე მეტრსა და ორმოცდაათს შუა ქანობს,
ხოლო სიგრძე შეიძლება რამდენიმე ასეული მეტრი და რამდენიმე
კილომეტრიც კი იყოს. მათი გაგრძობა ხან სწორხაზებრივია და ხან
მენადრებისებურად მიმოხვეული. აგებული არიან ფენობრივი ქვი-
შით, ხვინჭით და რიყით. ფენობრივობა ხშირად დიაგონალური არის.
ოზების წარმოშობა მყინვარსქვეშა და მყინვარსშიგა ნაკადებთან
უნდა იყოს დაკავშირებული.

დასასრულ, ნამყინვარევი ლანდშაფტისათვის დამახასიათებელი
არიან დიდი და პატარა ტბები, რომელნიც კარგად არიან ცნო-
ბილი ფინეთ-სკანდინავიასა და ჩრდილო ამერიკაში. ისინი ჩამდგარი
არიან მყინვარის მიერ ზეჩალრმავებულ უბნებში ან, ზოგჯერ, ბო-
ლო მორენს უკან დაგუბებულან.

ძველი მომყინვარებები. მეოთხეული დროის მომყინვარება.
დღეს საკმაოდ არის ცნობილი, მაგრამ უკვე კარგა ხანია გამოირ-
კვა, რომ მომყინვარებებს მიწის უფრო შორეულ წარსულშიც არა-
ერთხელ ჰქონია ადგილი, მაგალითად, პალეოზოურის ერის ბოლოს,
შუა პალეოზოურში, პალეოზოურის დასაწყისში და უფრო ად-
რეც. მათი დამადასტურებელი არის განამარხებული მორენული
ნალექები ანუ ტილიტები² და სხვა თანამგზავრი ნიშნები.
ამას უწოდებენ ძველ მომყინვარებებს. გამორკვეულად უნდა

¹ Ås—შვედურად ნიშნავს სერს.

² Tillit, ინგლის. — ლოდებიანი თიხა.

ჩაითვალოს, რომ მიწის ისტორიაში მომყინვარება არის არა შემთხვევითი რამ, არამედ კანონზომიერი მოვლენა, რომელიც პერიოდულად მეორდება. სამწუხაროდ, დღემდე რამდენადმე მაინც დამა-



სურ. 152. თ.ზ.ი.

კმაყოფილებლად ცნობილი არ არის, თუ რა ადგილი უჭირავს ამ მოვლენას მიწის ყოფაში და როგორია მისი გამომწვევი მიზეზები.

მუდმივი მზრალობა. იმისათვის, რომ მიწის ზედაპირის ამა თუ იმ უბნის მომყინვარება მოხდეს, ორი პირობა არის საჭირო: ტემპერატურის წლიური საშუალო 0°-ზე დაბალი უნდა იყოს და ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა უნდა აღემატებოდეს დნობა-აორთქლების რაოდენობას. მხოლოდ, მყინვარის დინების პირობებში შეიძლება იგი ასეთი უბნის გარეთაც გავიდეს, როგორც ხეობის მყინვარების შემთხვევაში დავინახეთ, მაგრამ ეს იქნება მეორადი მოვლენა, ადგილისთვის უცხო.

თუ ტემპერატურა დაბალია, მაგრამ სინესტე მცირე და ნალექის რაოდენობა შესაძლებელ დნობა-აორთქლებაზე ნაკლები, მიწა ზამთარ-ზაფხულ თოვლ-ყინულით დაფარული ვეღარ იქნება. ასეთ პირობებში თოვლის საფარი ზაფხულობით დნება, მაგრამ თვით მიწა

(გრუნტი) გაყინული რჩება, როგორც ამას ციმბირში ვხედავთ. ამას უწოდებენ მუდმივ მზრალობას (вечная мерзлота, permafrost). მუდმივი აქ ისე უნდა გავიგოთ, რომ მზრალობა ზამთარ-ზაფხულ რჩება, თორემ თვით ამ მოვლენის გავრცელება ცვალებადია ისევე, როგორც ჰავა: ერთხანს არის, შემდეგ არა, ან პირიქით — არ იყო და განვითარდა.

ზაფხულში მუდმივი მზრალობის მხარეებში ნიადაგის ზედაფენა ღებება, მაგრამ მცირე სიღრმეზე. ქვევით მიწა გაყინულია, ანუ, უკეთ რომ ვთქვათ, გაყინულია წყალი, რაც კი შიგ არის. ეს მზრალი ფენა გრძელდება სიღრმეში მანამდე, სანამდეც ტემპერატურა ნულზე დაბალია. ქვევითკენ, როგორც ყველგან მიწაში, ტემპერატურა თანდათან მატულობს და ნულს რომ ასცილდება, მზრალობაც თავდება, — წყალი თხევადია და ასევე რჩება მუდმივ. მზრალი ფენის სისქე ცვალებადია ჰავის შესაბამისად: ზოგან იგი თხელია, მაგრამ სხვაგან მატულობს სიცივესთან ერთად და შეიძლება ორიოდ ან მეტად მეტრსაც კი მიაღწიოს.

ზედაპირულ ფენას, რომელშიც წყალი ზაფხულობით დნება და შემდეგ ისევ იყინება, აქტიური ფენა ჰქვია. აქტიური წყალი ქვევით ვერ ჩავა, რადგან მზრალი ფენა სრულიად წყალგაუშვალა (იქ რომ თავისუფალი ადგილი ყოფილიყო, წყალი აავსებდა და გაიყინებოდა). წყალმა იქ მხოლოდ მუდმივ მზრალი ფენის თავზე შეიძლება იმოძრაოს დაქანების შესაბამისად და ასახრდოოს დროებითი წყაროები ან ზედაპირული ნაკადები.

მზრალ ფენაში წყალი მუდმივი ყინულის სახით არის მოთავსებული ქანების პორებსა და ბზარებში და ავსებს მათ, როგორც ჩვეულებრივი მიწასქვეშა წყალი. საცა ქანი მკვრივია და უბზარო, ცხადია, არც ყინული იქნება, მიუხედავად დაბალი ტემპერატურისა. მოხდება ხოლმე ისიც, რომ მზრალ ფენაში მეტად თუ ნაკლებად დიდი ადგილი მთლიანი ყინულის მასას უჭირავს. ასეთ ყინულს ნამარხ ყინულს უწოდებენ. იგი შეიძლება ძლიერ ქველი იყოს, როგორც ამტკიცებს დღეს იმ მხარეებში და ზოგჯერ საერთოდ მიწაზე გადაშენებული ცხოველებისა და მცენარეების ნაშთები ყინულში. ამ თავისებურ პირობებში მეოთხეული დროის ნამარხი ცხოველები ზოგჯერ თითქმის გაუხრჩველი შენახულან.

აქტიურ ფენაში წყლის გაყინვა-გადნობას გაფართოება და შეკუმშვა ახლავს. ეს, რა თქმა უნდა, ნიადაგის აკუმულაციაზე გავლენას ახდენს: მარცვლოვანი ქანების ნაწილაკები ერთიმეორის მიმართ

ფსკერის რელიეფი ზოგან უკეთ არის ცნობილი, ვიდრე ხმელეთისაო.

მეორე მხრით უკვე ხერხდება ზღვის ფსკერიდან დრავით მოხვეტილი სინჯის ნაცვლად 20—30 მეტრის სიღრმე მთლიანი კერნის¹ მიღება, რომელშიც ნალექის სტრუქტურა უცვლელად არის დაცული. უკანასკნელად შესაძლებელი გახდა ადამიანის ჩასვლაც მარჩხი ზღვის ფსკერამდე სკაფანდრით² ან ბათისკაფით³ და იქ უშუალო დაკვირვებების წარმოება და ფოტოსურათების გადაღება.

ასეთ პირობებში შესაძლებელი შეიქმნა ზღვის ფსკერის გეოლოგიის ლაპარაკი. საფუძველი ეყრება გეოლოგიის ახალს და უადრესად მნიშვნელოვან უბანს, რომელიც ალბათ ახლო მომავალში ძლიერ გაამდიდრებს ჩვენს მეცნიერებას და ეგებ ბევრი აქამდე კანონად მიჩნეული წარმოდგენები ძირითადად შესცვალოს კიდევ. მაინც ეს მომავლის საქმეა და ჩვენ აქ ლაპარაკი გვექნება არსებითად არა ზღვის ფსკერის გეოლოგიაზე, არამედ ზღვის გეოლოგიურ მოქმედებაზე.

მსოფლიო ოკეანის ფსკერის რელიეფის შესახებ ზოგი რამ უკვე ზემოთ აღვნიშნეთ. ოკეანური აუზები კონტინენტური ზეგნებისაგან მკვეთრად არიან გათვისებული როგორც ღრმა საცაფები, რომელნიც ადვილი გასარჩევი იქნებოდნენ, კიდევ რომ შიგ წვეთი წყალი არ ყოფილიყო. ოღონდ ეს კია, რომ ხმელეთის და წყლის საზღვარი იგივე არ არის, რაც მორფოლოგიური კონტინენტის და ოკეანისა. კონტინენტებს ოკეანისაგან საზღვრავს მეტად ან ნაკლებად ფართო არშია (სურ. 155), რომელიც, თუმცა წყლით არის დაფარული, ჯერ კიდევ კონტინენტს ეკუთვნის. ამ ზოლს შეღფს⁴ უწოდებენ. შეღფი უჭირავს მარჩხ ზღვას, რომლის სიღრმე ოკეანისკენ თანდათან მატულობს და ბოლოს 200 მეტრამდე აღწევს საშუალოდ: ზოგან ცოტა მეტია, სხვაგან — ნაკლებიც. მცირე რამ უსწორ-მასწორობა, რა თქმა უნდა, თვით შეღფზედაც შეიმჩნევა, მაგრამ საერთოდ მისი ზედაპირი სწორია. დაქანება ოკეანისკენ კუთხის 7 სეკუნდს უდრის ($0^{\circ} 0' 7''$), მაგრამ შეიძლება 2°-მდეც იყოს. შეღფის განი ზოგან ძლიერ დიდია, მაგა-

¹ Kern, გერმ. — შიგა ნაწილი, „გული“.

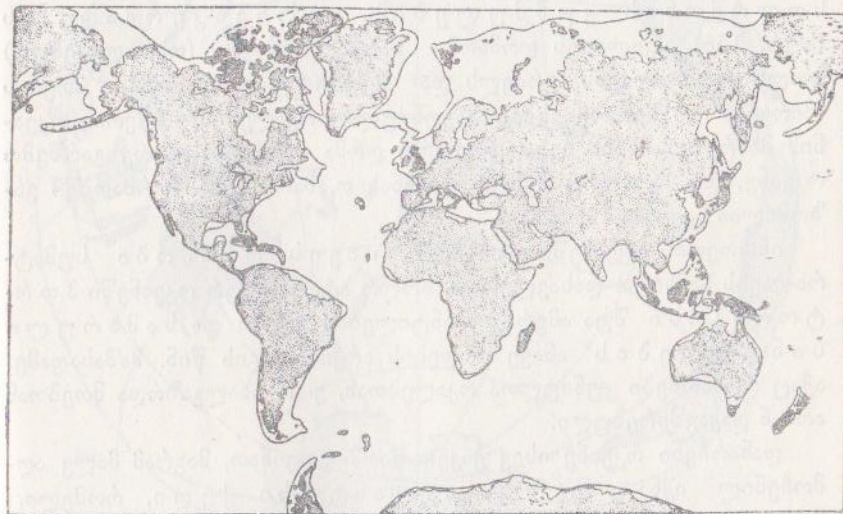
² Scaphandre, ფრანგ. — წყალში ჩასასვლელი საცმელი.

³ „ბათოს“, ბერძნ. — სიღრმე, „სკაფე“ — ნავი. წყალქვეშ ჩასასვლელი ნავი.

⁴ Shelf, ინგლ. — საყრდენი ფიცარი, თარო, მოსილული სიბრტყე.

ლითად ევროპისა და აზიის ჩრდილოეთით ყინულოვანი ოკეანისკენ; სხვაგან, როგორც ამერიკის დასავლურ ნაპირთან, წყნარი ოკეანისკენ, ძლიერ მცირე. ბარენცის ზღვა მთლიანად შეღფზე მდებარეობს და იგივე ითქმის ოქტომბრის რევოლუციის და ახალი ციმბირის არქიპელაგებზე და ვრანგელის კუნძულის შესახებ.

შეღფზეა ჩუქჩეთის ზღვა და ბერინგის ზღვის ჩრდილო-აღმოსავლური ნაწილი და ამგვარად აზიის კონტინენტი ფართოდ ებმის (სურ. 155) ალასკას და მისი საშუალებით ჩრდილო ამერიკას. საშუალოდ კი შეღფის განს 68 კილომეტრამდე ანგარიშობენ.



სურ. 155. კონტინენტები და შეღფი.

შეღფის კილიდან იწყება კონტინენტური ბექობი. მისი საშუალო დაქანება შეუდარებლად უფრო დიდია და უდრის $4^{\circ} 17'$ -ს. სიღრმისაკენ კონტინენტის ბექობის საზღვარი ნაკლებ მკაფიოა, თუმცა დაახლოებით 1000 მეტრის სიღრმემდე კი აღწევს. ზოგან უფრო ღრმადაც მიდის. შემდეგ იწყება საკუთრივ ოკეანის ფსკერი.

უკანასკნელი ბოლო დრომდე წარმოდგინათ როგორც ერთგვაროვანად ვაკე. ხშირად იტყოდნენ, კონტინენტების ზედაპირი ქედებით და ხეობებით არის დასერილი, ოკეანის ფსკერი კი სწორიაო, და ეს თითქო სავსებით ბუნებრივი ჩანდა, თუ მხედველობა-

ში მივიღებთ მთების წარმოშობას ძირითადად კონტინენტებზე და ქარის, მდინარი წყლისა და მყინვარების მოქმედებას. მაგრამ უკვე „ჩალენჯერის“ და შემდგომმა ოკეანოგრაფიულმა ექსპედიციებმა გამოარკვიეს, რომ ოკეანის კიდეებზე, ძირითადად წყნარ ოკეანეში, განლაგებულია გრძელი ღრმა როფები, ანუ ღრმაობები. ასეთი არის ატაკამის ღრმაობი სამხრული ამერიკის ანდეების გასწვრივ ოკეანეში, გვატემალის — მექსიკის დასავლურ ნაპირებთან, ალექსანდრიის ამავე სახელწოდების კუნძულების გასწვრივ, კურილების, იაკონიის, მარიანების, პალაუს, ფილიპინების, ახალგვინეასოლომონის კუნძულების, ტონგა-კერმადეკის (სურ. 156). ყველა ეს ღრმაობი ნარვალისებურ (თხრილისებურ) ზოლს წარმოადგენს, გრძელს და შეფარდებით ვიწროს, მთების (პირველ ორ შემთხვევაში) ან კუნძულთა რკალების გასწვრივ ოკეანის მხარეზე. ისინი ბევრად უფრო ღრმა არიან, ვიდრე გარშემო ოკეანე, და, როგორც ზემოთ დავინახეთ, მარიანების ღრმაობში გაზომილია სიღრმე 11, 521 კმ.

ინდოეთის ოკეანეში ცნობილია იავის ღრმაობი სუმატრა-იავის სამხრეთ-დასავლეთით, ხოლო ატლანტიურ ოკეანეში პორტორიკოსი შუა ამერიკის ანტილების ძირში და სამხრული სანდვიჩების ამავე წოდების არქიპელაგის წინ. მასასადამე, აქაც ღრმაობები კუნძულთა რკალებთან, ე. ი. ახალგაზრდა მთებთან არიან დაკავშირებული.

დანარჩენი ოკეანე ისევ ვაკედ წარმოედგინათ, მაგრამ მალე აღმოჩენილ იქნა ე. წ. შუა ატლანტიური ქედი, რომელიც მთელ ამ ოკეანეს გასდევს ჩრდილოეთიდან სამხრეთამდე. მისი სიგრძე 11 000 კმ აღემატება (სურ. 157) და განიც რამდენიმე ასეული კილომეტრია. საერთოდ, ქედი წყლით არის დაფარული და ოკეანის ზედაპირზე მის არსებობას არაფერი მოწმობს, თუმცა მისი საშუალო სიმაღლე ოკეანის ფსკერიდან 1 800 მეტრს აღემატება. მაინც ცალკეულ ადგილებში სიმაღლე იმდენად დიდია, რომ ქედი წყლის ზედაპირამდე აღწევს და კუნძულებს აჩენს. ეს არის ვულკანური კუნძულები: ასორების კ. (ასორი მიმინოს ჰქვია ერთ-ერთ იქაურ ენაზე), სან პაულუ, ამაღლების კუნძული, ტრიტანდა-კუნია, დიეგო ალვარეს და ბუვე. გარდიგარდმო მიმართულებით ქედში 5 ზოლს არჩევენ. შუაში არის უმაღლესი და თანაც ციცაბო კლდოვანი ზოლი, სადაც ერთპიკიანი ქანები გამომვლებული არიან.

ამ ცენტრულ ზოლს იქეთ-აქეთ მიუყვება უფრო დაბალი „ტერასების“ და შემდეგ „წინა მთების“ ორი ზოლი. აქ, კერძოდ „ტერასების“ ზოლში, მკვიდრი ქანები ოკეანური ნალექებით არის დაფარული. „წინამთებს“ ორივე მხარეზე, ე. ი. ქედის აღმოსავლეთით და

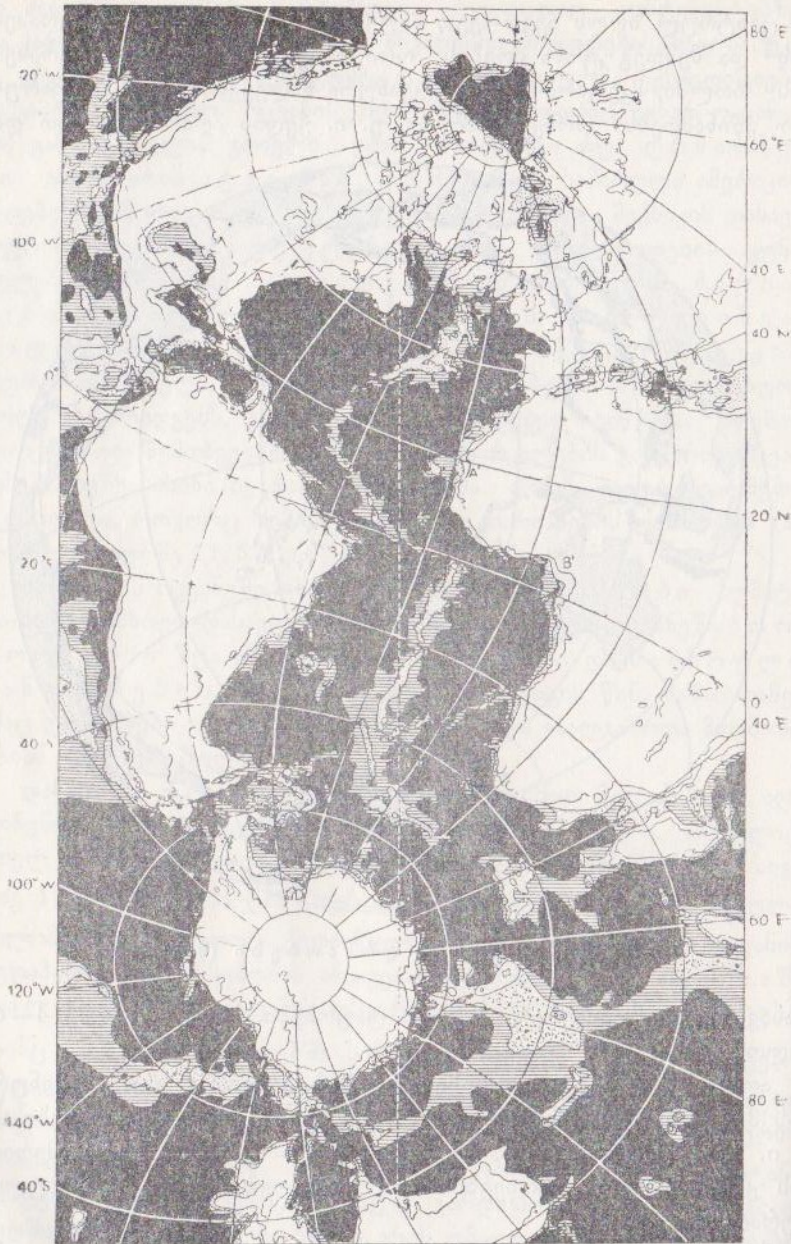


სურ. 156. ოკეანური ღრმაობები (შავად).

დასავლეთით მოჰყვება ოკეანური ტაფობები, სადაც სიღრმე 4—6 კილომეტრია.

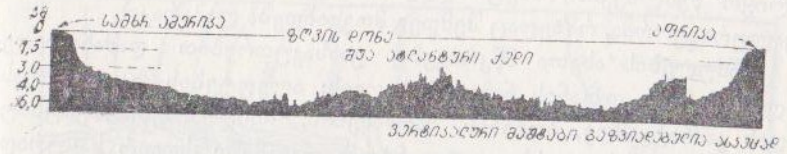
აღსანიშნავია ქედის თავისებური მოხაზულობა: იგი ლათინურ S-ს მოგვაგონებს და აშკარად პარალელურია ოკეანის ნაპირებისა, ე. ი. ერთი მხრით ევროპა-აფრიკის და მეორე მხრით ორი ამერიკის კონტინენტების კიდეებისა. ამ გარემოებას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა.

ჩრდილოეთით შუა ატლანტიური ქედი მიაწყდება ისლანდს და იმ



სურ. 157. შუა ატლანტური ქედის გავრცელება.

შარჩხ ზღურბლს, რომელიც ნიუფაუნდლენდს და ევროპას აერთებს და რომელზედაც მდებარეობს თვით ისლანდია. ქედის სამხრული ბოლო აფრიკას უვლის და, როგორც ფიქრობენ, ინდოეთის ოკეანის შუაოკეანურ ქედს უკავშირდება. მკაფიო ტოტი აკავშირებს



სურ. 158. ატლანტური ოკეანის ფსკერის კრილი აფრიკიდან შუა ამერიკამდე. იკვეთება შუა ატლანტური ქედი.

შსს (შუა ატლანტურ ქედს) სამხრული აფრიკის დასავლურ კიდესთანაც.

შუაოკეანური ქედები არის ინდოეთის (როგორც ესაა აღვნიშნეთ) და წყნარ ოკეანეშიც, მაგრამ ისინი ჯერჯერობით ნაკლებად არიან შესწავლილი. ყოველ შემთხვევაში ინდოეთის ოკეანის ქედი ჩრდილო-დასავლეთისკენ უკავშირდება არაბეთის ნახევარკუნძულს და ჩრდილო-აღმოსავლეთით — ინდოეთ-ციელონს. აქვს კავშირი მადაგასკართანაც.

წყნარ ოკეანეში წყალქვეშა ოკეანური ქედი მიუყვება ახალი ზელანდიდან ბალენის კუნძულამდე, შემდეგ კუნძულ პასეისკენ და აქედან ერთი ტოტი მიდის ჩილის სანაპიროსკენ, ხოლო მეორე — გალაპაგოსის კუნძულებისა და მექსიკის სანაპიროსკენ, კარგად გამოსახულ და დეტალურად შესწავლილ ქედზედ არის მოთავსებული ჰავაისის კუნძულებიც.

შუა ოკეანური ქედების ორივე მხარეზე, ისევე როგორც ატლანტიკაში, ოკეანური ტაფობები არის მოთავსებული. უკანასკნელი დროის მიღწევათაგანი არის აღმოჩენა, რომ ამ ტაფობების ფსკერი, როგორც წესი, სრულიად სწორია, დაქანება 1 მეტრს არ აღემატება კილომეტრზე. ეს არის ე. წ. ღრმაოკეანური ვაკეები, ოკეანური ნალექებით დაფარული. ფიქრობენ, რომ ამ ნალექებს უნდა ამოევისო ზედაპირის პირვანდელი უსწორ-მასწორობა.

როდესაც წყალქვეშა ქედებზე ვლაპარაკობთ, არ შეიძლება არ მოვიხსენიოთ ე. წ. კუნძულთა რკალები. კუნძულთა ხაზობრივი მწყკრივები, როგორც, მაგალითად, ალუუტური კუნძულები,

მიხვევებიან წყალქვეშა ქედს, რომლის უმაღლესი მწვერვალები წყლის დონეს ასცილებიან და კუნძულებს წარმოადგენენ. ასეთსავე სურათს მივიღებდით ხმელეთის რომელიმე ქედი რომ დაძირულიყო ისე, რომ მხოლოდ ზოგი უმაღლესი მწვერვალი დარჩენილიყო წყალზევით. საყურადღებოა კუნძულთა ამ მწკრივების რკალური ფორმა, რაზედაც შემდეგ მოგვიხდება ლაპარაკი.

კუნძულების ასეთი მწკრივები განსაკუთრებით დამახასიათებელია წყნარი ოკეანის ნაპირებისათვის: ალუტების რკალი ალასკიდან კამჩატკამდე, ბონინის, მარიანების, ფილიპინების, კიუსიურ-რიუკიუ-ტაივანის და სხვა. ატლანტურ ოკეანეში ძლიერ საყურადღებოა ანტილური რკალი შუა ამერიკის წინ და სამხრული ანტილების რკალი, რომელიც ცეცხლის მიწას და ანტარქტიკის კუნძულებს აკავშირებს. ინდოეთის ოკეანეში შეიძლება დავასახელოთ დიდი (სუმატრა, იავა) და მცირე ზონდის კუნძულების რკალი.

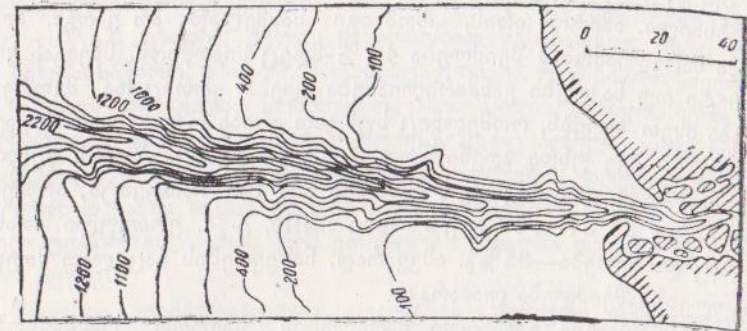
კუნძულთა რკალების გამოზნეილი მხარე ოკეანისკენ არის მიქცეული და მას წინ უდევს ზემოთ აღწერილი ღრმაობები.

ოკეანის ფსკერის რელიეფის სახეები შუაოკეანური ქედებით და ღრმა ვაკეებით არ ამოიწურება. ოკეანეებში, კერძოდ წყნარ ოკეანეში, გაფანტულია მრავალრიცხოვანი განკალკევებული გორები, რომელთა მწვერვალები ზოგ შემთხვევაში წყლის დონეს ასცილებიან და კუნძულებს წარმოადგენენ, უმეტეს შემთხვევაში კი 1000—2000 მეტრის და მეტის სისქე წყლით არის დაფარული. ამათ შორის განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობს კონუსებრივი გორები, რომელთა მწვერვალი აბრაზიულად მოვაკებულია. ასეთი თავკვეთილი წყალქვეშა გორები მეორე მსოფლიო ომის შემდეგ გახდა ცნობილი წყნარ ოკეანეში და მათ გიიოს (გიიოტს) უწოდებენ¹. დღეს გიიოებს უკვე ასობით ითვლიან. ეს უეჭველად ვულკანური გორები უნდა იყვნენ, რომელთა მწვერვალები ზღვის დონეს ასცილებიან და ამიტომ ზღვის ტალღების მიერ გადარეცხილ-მოვაკებული არიან. შემდეგ მომხდარა მათი ფუძის დამატებითი იზოსტაზიური დაძირვა და დღეს ისინი წყალქვეშა გორებს წარმოადგენენ.

კონტინენტური ბექობი, კუნძულთა რკალები, აბისური ვაკეები, წყალქვეშა ქედები, გიიოები — ასეთია ოკეანის ფსკერის რელიეფის მთავარი დიდი ელემენტები, მაგრამ ამ რელიეფის თა-

¹ Guyot შვეიცარიელი გეოლოგის გვარი არის.

ვისებურება არც ამით ამოიწურება. მათ გვერდით უნდა აღინიშნოს უამრავი წყალქვეშა კანიონი. პირველი ზღვისას ქვეშა კანიონები უკვე კარგა ხანია ცნობილია. ასეთია კონგოს კანიონი (სურ. 159) აფრიკის დასავლურ ნაპირთან, ჰუდსონის კანიონი ამე-



სურ. 159. კონგოს წყალქვეშა კანიონი. იზობათები გვიჩვენებენ, როგორ ღრმად არის ჩაჭრილი კონტინენტურ ბექობში კანიონი, რომელიც მდ. კონგოს ხეობას განაგრძობს.

რიკის NO ნაპირთან და სხ. მაგრამ უკანასკნელ წელთათვეულებში ექოლოტის გამოგონების შემდეგ, მათი რიცხვი შეუღარებლად გაიზარდა და იზრდება დღით-დღე. ისინი ძირითადად კონტინენტურ ბექობზედ არიან მოთავსებული, მაგრამ გვხვდებიან ოკეანის ღრმა ფსკერზედაც.

პირველად აღმოჩენილი ზღვისას ქვეშა კანიონები (კონგოსი, ჰუდსონის და სხ.) ხმელეთის მდინარეების შესართავთან არიან დაკავშირებულნი და ამიტომ დასაწყისში ფიქრობდნენ კიდეც, რომ ისინი ხმელეთზედ არიან წარმოშობილი, იმ მდინარეთა ხეობების ვაგრძელებას წარმოადგენენ და მხოლოდ შემდეგ დაძირულანო (რამდენიმე ათასი მეტრით), მაგრამ დღეს ცნობილია მრავალი კანიონი, რომლის სათავე კონტინენტურ ბექობზე იწყება წყალქვეშა და ხმელეთის მდინარეთა ქსელთან არავითარი კავშირი არა აქვს.

კანიონი ასეული მეტრებით შეიძლება იყოს ზღვის ფსკერში ჩაჭრილი. მისი ფერდები მკვეთრად არიან დაქანებული. სათავისაკენ მათ „შენაკადები“ ერთვის ხმელეთის მდინარეებივით, თუმცა ნაკლებ მრავალრიცხოვანი. სიგრძე ათასობით კილომეტრი შეიძლება ჰქონდეს. თავდება ფართოდ გაშლილი გამოზიდვის კონუსით

კონტინენტური ბექობის ძირში ან მეტ-ნაკლებად შორს აბისურ ვაკეზე.

ზღვის წყალი. ზღვის წყალი ყოველთვის მეტად თუ ნაკლებად მარილიანია. მსოფლიო ოკეანის წყლის ნორმული მარილიანობა არის 3,5%, ე. ი. 100 გრამ წყალში 3,5 გრამი სხვადასხვა ნივთიერებაა გახსნილი. ამიტომ არის, რომ იგი სასმელად არ ვარგა. ზოგ ზღვაში მარილიანობამ შეიძლება 4,7%-მდეც მიაღწიოს. სხვაგან კიდევ მეტი თუ ნაკლები განმარილიანება ხდება. ერთი და მეორეც შეეხება ისეთ ზღვებს, რომელნიც სუსტად არიან ოკეანესთან დაკავშირებული. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ, როდესაც ზღვის წყლის მარილიანობაზე ლაპარაკობენ, ამბობენ არა 3,5 პროცენტს, არამედ ჩვეულებრივ 35 პრომილეს (pro mille, ე. ი. ერთეული ათასზე), რაც დაიწერება—35‰. ამგვარად, ნაწვევების ნაცვლად მთელ ერთეულებზე შეიძლება ლაპარაკი.

ოკეანის წყალში გახსნილი მარილების საერთო რაოდენობა უზარმაზარია. აღნიშნავენ, რომ ოკეანე რომ აორთქლებულიყო, ფსკერზე 56 მეტრის სისქე მარილების ფენა დარჩებოდა. ეს მარილები არის:

NaCl	— 78,32%
MgCl ₂	— 9,44
MgSO ₄	— 6,40
CaSO ₄	— 3,94
KCl	— 1,60
CaCO ₃	— 0,04

რომელთაც უნდა მივუმატოთ სილიციუმეზანგა SiO₂—0,009% და კიდევ უფრო მცირე რაოდენობით Br, J, Ni, Cu-ის მარილები და სხ. საჭიროა აღინიშნოს, რომ მოცემული პროცენტები გამოხატავენ არა მარლის შეფარდებას წყალთან, როგორც ზემოთ იყო, არამედ შეფარდებას თვითონ მარილების საერთო რაოდენობასთან. როგორც გხვდებით, მთელი ამ რაოდენობის თითქმის 4/5 ჰალიტი (სუფურის მარილი) არის. სხვა მარილების მონაწილეობა შეუდარებლად ნაკლებია. თანაც საგულისხმოა, რომ ზღვის წყლის საერთო მარილიანობა შეიძლება ამა თუ იმ ზღვაში შეიცვალოს, მაგრამ ყველა შემთხვევაში ცალკეული მარილების პროცენტი იგივე რჩება. ეს იმას ნიშნავს, რომ მიწაზე არსებობს მხოლოდ ერთი ზღვის წყალი, რომელიც შეიძლება მეტად ან ნაკლებად გაზავებული ან

კონცენტრებული იყოს, მაგრამ სხვა მხრივ იგი ძლიერ ერთგვაროვანია.

მსოფლიო ოკეანის წყლის ტემპერატურის რეჟიმი. მზის სითბო ოკეანეს ისევე მოსდის, როგორც ხმელეთს, მაგრამ წყლის ხვედრი სითბოტევადობა რამდენიმეჯერ მეტია, ვიდრე ხმელეთის ქანებისა: წყლის სითბოტევადობა არის 1,00, ხოლო, მაგალითად, კვარცის — 0,17. ცხადია, წყლის გასათბობად შესაბამისად მეტი სითბო იქნება საჭირო. ამიტომ, მიუხედავად იმისა, რომ სითბო ხმელეთს და ოკეანეს ერთგვარად მოსდის, ოკეანის წყლის გათბობა ნელა მიმდინარეობს და მაღალ ტემპერატურებს ვერც აღწევს. ასევე ნელია გაცივებაც. ამის გამო ტემპერატურის ცვალების დღელამური ამპლიტუდი ოკეანის ზედაპირზე 1°-ს არ აღემატება, მაშინ როდესაც ცხელ უდაბნოში ჰაერის ტემპერატურის ქანობა დღელამეში 20°—22°-ს აღწევს.

მსგავსია ტემპერატურის ცვალების წლიური ამპლიტუდიც. ჩრდილო ნახევარსფეროს საშუალო განედებზე ოკეანის ზედაპირზე წყლის ტემპერატურა მხოლოდ 10°—15°-ით იცვლება (თვიური საშუალო), ხოლო ეკვატორზე დაახლოებით 1°-ით. იმავე დროს ხმელეთზე ცვალება ზოგან 40°—45° არის და გამონაკლის შემთხვევაში 65°-საც აღწევს. უნდა აღინიშნოს კი, რომ ტემპერატურის ასეთი მცირე ცვლა გაშლილი ოკეანისთვის არის ძირითადად დამახასიათებელი. სანაპირო და შიგა ზღვებში უფრო საგრძნობია ხმელეთის გავლენა და ზოგი სპეციფიური პირობები. შავ ზღვაში წყლის ზედაპირული ფენის ტემპერატურა ზაფხულში 24° არის, ხოლო ზამთარში 6°-7°, მაგრამ ნაპირთან ქერჩის სრუტის მიდამოში და ჩრდილო-დასავლეთის ლიმანებში წყალი შეიძლება კიდევ გაიყინოს.

უფრო მოულოდნელია სხვა გარემოება. თითქო ოკეანის ფსკერის ტემპერატურა მაღალი უნდა ყოფილიყო დიდი სიღრმის შესაბამისად და წყალიც უნდა გაეთბო. მაგრამ გამოირკვა, რომ ოკეანის წყლის ტემპერატურა ფსკერთან თვით ტროპიკულ სარტყელშიც კი დაახლოებით 2°-ია. ამას იმით ხსნიან, რომ ეკვატორული ზოლიდან თბილი და, მაშასადამე, მსუბუქი წყალი ზედაპირულ დინებებს პოლუსებისაკენ მიაქვთ. იქ წყალი ცივდება და მძიმდება, რასაც ისიც უწყობს ხელს, რომ, თუ გაყინვა დაიწყო, ყინულს ქვეშ წყლის მარილიანობა იზრდება (გაყინვისას ხომ მარილი წყალში რჩება). დამძიმებული ცივი წყალი ნელ-ნელ იძირება და ფსკერის

დადგენილია, რომ დევონურ პერიოდში დიდი უდაბნო იყო ჩრდილო ევროპაში, ასევე უდაბნო იყო შუა ევროპაში ტრიასულ პერიოდში.

მაშასადამე, ძველი და თანამედროვე უდაბნოები ერთსა და იმავე ადგილას არ მდებარეობენ. ძველი უდაბნოს ადგილას დღეს გერმანიაში ნესტიანი ჰავაა. ასევე შესაძლებელია, რომ ის ადგილი, სადაც დღეს უდაბნოა, წინათ ნესტიან ლანდშაფტს სჭეროდა. ამიტომაც, რომ ზოგი მკვლევარის აზრით საჰარის უადიები აწინდელი დროებითი ღვარების წარმონაქმნი კი არ არის, ძველი მდინარის ხეობის გადმონაშთია, იმ დროისა, როდესაც საჰარაში ნესტიანი ჰავა იყო.

უდაბნოების შესწავლა და მისი მნიშვნელობა. ქარის მოქმედებას უდაბნოში და უდაბნოს გარეთ დიდი მნიშვნელობა აქვს. ეოლური მოვლენების შესწავლას გეოლოგი ვეკრდს ვერ აუვლის. მაგრამ ბოლო დრომდე უდაბნოები ძნელი მისადგომები იყვნენ და მათ კვლევას მხოლოდ ცალკეული გაბედული მოგზაურები ახერხებდნენ, როგორც რიხტჰოფენი, სვენჰედინი, ვალტერი, ობრუჩევი და სხვები. დღეს მდგომარეობა რადიკალურად შეცვლილია. ავტოტრანსპორტმა და განსაკუთრებით საჰაერო ტრანსპორტმა უდაბნო აღამიანს დაუახლოვა. აეროფოტომ გაამარტივა უდაბნოური მხარეების აგეგმვა და, რაც მთავარია, გაიზარდა უდაბნოებისადმი პრაქტიკული ინტერესი: მორწყვა შესაძლებელს ხდის დიდი ფართობების სამეურნეო ათვისებას, იყენებენ უდაბნოების ტრანზიტული მდინარეების ენერჯიას. ეძებენ და პოულობენ ნავთობის და სხვა სასარგებლო ნამარხების საბადოებს.

ზოგი შეკითხვა და რჩევა

რა არის დეფლაცია? კორაზია? რა უპირატესობა აქვს ეოლური მოვლენების შესწავლისათვის უდაბნოებს?

რა არის უდაბნო? როგორი არის უდაბნოების გავრცელების კანონზომიერება? სტეპების?

როგორია ატმოსფერული ნალექების და ტემპერატურის რეჟიმი უდაბნოში?

როგორია უდაბნოს მცენარეულობის ხასიათი? ცხოველების? დეფლაცია-კორაზია უდაბნოში (ფიჭისებური გამოფიტვა, წახნაგოვანი ქვები, იარღანგები)?

რა არის ჰამადა, ერგი?

რა არის დიუნები (ბარქანები)? როგორ მიმდინარეობს მათი მოძრაობა?

რა არის ლოესი და როგორ და სად ხდება მისი წარმოშობა?

დიუნის მოძრაობა და ხლართული შრეებრიობა.

რა არის ეოლური ქვაფენილი, ტაირი, თაზისი, უადი?

შიგაღინამიური მოვლენები

ვულკანიზმი

ვულკანი და მისი მოქმედება. მიწაზე არის თვალშეწვენილი სივრცეები, სადაც დღეს არც ერთი ვულკანი არ მოიპოვება, მაგრამ ხმელთაშუა ზღვის რეგიონში არაერთი მოქმედი ვულკანი არის ამართული. ამიტომ აქაური ხალხები, კერძოდ ბერძნები და რომაელები, ვულკანიზმს უხსოვარი დროიდან იცნობდნენ. თვით ტერმინი „ვულკანი“ ქვესკნელის რომაული ღმერთის, ვულკანის, სახელიდან მომდინარეობს. აქაური ვულკანები არიან ეტნა სიცილიაში, სტრომბოლი იქვე ახლოს ლიპარის კუნძულებზე და სხ. ვეზუვს, რომელიც აპენინების ნახევარკუნძულზე ნეაპოლის ახლოს მდებარეობს, ამათ რიცხვში არავინ იხსენიებდა, რადგან არავის ახსოვდა და არც გაეგონა, რომ მას ვულკანურად ემოქმედოს. მხოლოდ ცნობილმა ბერძენმა მეცნიერმა სტრაბონმა გამოსთქვა ეპვი, ეს გორა ვულკანი უნდა იყოსო.

ვეზუვი მწვერვალამდე ტყით იყო შემოსილი, ხოლო მის ნაყოფიერ ფერდობებზე და კალთებზე მთელი რიგი პატარა ქალაქები გაშენებულიყო. და აი სრულიად მოულოდნელად 79 წლის აგვისტოს 24-ს გორამ საშინელი ძალით იფეთქა. ეს შემზარავი მოვლენა ასწერა პლინიუს უმცროსმა, რომელიც მას 30-ოდე კილომეტრის მანძილიდან უმზერდა.

მიწა იძვროდა და ზანზარებდა. მოისმოდა მიწასქვეშა გუგუნი. გორის წაწყვეტილი მწვერვალიდან ტყვიისებური სიჩქარით ამოჩქეფდა ორთქლისა და გაზების უზარმაზარი რაოდენობა. ცხელი ორთქლი, უეცრად გაცივებული, მყისვე ღრუბლად იქცეოდა და ღრუბლის გრიგალის სახით იჭრებოდა ჰაერში რამდენიმე კილომეტრის სიმაღლემდე. ამ სვეტის ზედა ნაწილი იტოტებოდა და იშლებოდა ბრტყელი ქოლგის მსგავსად (პინიის¹ მსგავსად). თან

¹ პინია ფიჭვის ერთი იტალიური სახეობა არის, რომელსაც მაღალი შიშველი ღერო და ზედ ჰორიზონტულად გაშლილი კრონა ახასიათებს.

ღრუბელი დატვირთული იყო წვრილი და მსხვილი მსხვრეული მასალით. განუწყვეტლივ ელავდა და ჰქედა საოცარი ძალით და მოდიოდა ამის შესაფერი თქეში. წვიმდა არა წყალს, არამედ ცხელ ტალახს. გორის ფერდებზე დაეშენენ ამ ტალახის ღვარები, რომელთაც მთლიანად დაჰფარეს და დამარხეს მათი მცხოვრებლები ანად სამი ქალაქი: პომპეიი, ჰერკულანუმი და სტაბია. აქვე დაიღუპა, ალბათ როგორც ცხელი გაზების მსხვერპლი, ცნობილი რომაელი ბუნებისმეტყველი პლინიუს უფროსი, რომელიც ფლოტის უფროსი იყო და ვეზუვისკენ გაეშურა მცხოვრებლების დასახმარებლად. ბოლოს გორის მწვერვალზე გახსნილი კელიდან წამოდიან მდნარი ლავაც.

ხსენებული ქალაქები ისე საფუძვლიანად დაიმარხნენ ვულკანურ მასალას ქვეშ, რომ შემდეგში მათი მდებარეობაც აღარავინ იცოდა. მხოლოდ მიწის თხრის დროს თოთხმეტი საუკუნის შემდეგ შემთხვევით, წააწყდნენ პომპეიის ნაშთებს. 1748 წელს დაიწეს გეგმიანი გათხრები და დღეს მთელი ქალაქი გაწმენდილია და თავისებურ მუზეუმს წარმოადგენს. მნახველები აქ ხედავენ ძველ რომაულ ქალაქს, მის ვიწრო ქუჩებს, სახლებს, ფორუმს, ქულბაქს (ბაზარს) და სხვა დაწესებულებებს (სურ. 200). შენახულან მცხოვრებლებიც. თვითონ სხეულისა, რა თქმა უნდა, აღარაფერი ჩანს, მაგრამ მის ადგილას ქანში სიღრუე დარჩენილა, სხეულის გაბრუნის შემდეგ ცარიელი. და, როდესაც ამ თავისებურ კალაპოტში თაბაშირს ასხამენ, ლებულობენ მოდელს, რომელიც საკვირველი სიზუსტით აღადგენს ადამიანის ფორმას იმ მდებარეობით და განწყობით, როგორშიაც დაღუპვის მომენტში იყო.

ამ კატასტროფული ამოფრქვევის შემდეგ ვეზუვი მოქმედი ვულკანია, მაგრამ მოქმედებს დროგამოშვებით. 1631 წლის დიდი ამოფრქვევის შემდეგ ინტერვალი ამოფრქვევათა შუა რამდენადმე რვაჯერ არის. უკანასკნელი დიდი ამოფრქვევები იყო 1872, 1906 და 1944 წელს.

ვეზუვის მაგალითიც კმარა, რათა დავასკვნათ, რომ ვულკანიზმი არის ნივთიერების ამოსროლა ან ამოღინება მიწის შიგნეთიდან ზედაპირზე. ეს ნივთიერება თხევად, მყარ ან გაზებრივ მდგომარეობაშია. ზოგჯერ ვულკანებს ცეცხლისმფრქვევ მთებსაც უწოდებენ, მაგრამ ასეთი გამოთქმა აშკარად უმართებულოა. მართალია, ვულკანური მასალა მეტად თუ ნაკლებად ცხელია, გავარვარებულებიც, მაგრამ, ჯერ ერთი, ცეცხ-

ლი წვის პროცესია და არა ნივთიერება და, მეორეც, წვა ვულკანური ამოფრქვევის დროს იშვიათია, მხოლოდ ვულკანური გაზები თუ აინთება და აალებება აქა-იქ. ასეთ ალებს ვულკანის ამოფრქვევის დროს აღნიშნავენ კრატერიდან ამომავალსაც.

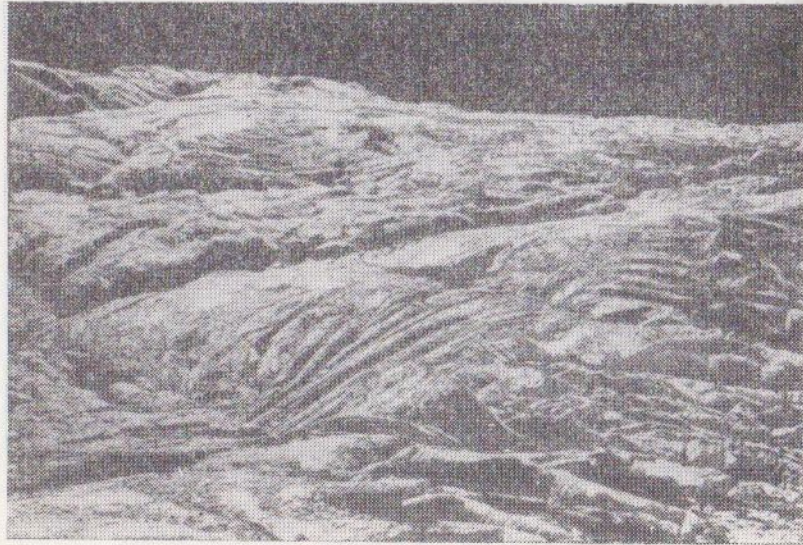


სურ. 200. პომპეიის ერთი შენობა გათხრების შემდეგ.

ვულკანიზმის პროდუქტები. ვულკანის პროდუქტებიდან მთავარია ლავა. თავისი შედგენილობით ლავა იკვივა, რაც ზემოთ აწერილა ვულკანური ქანები, მაგრამ მაღალი ტემპერატურის გამო, რომელიც შეიძლება 1200—1300 გრადუსამდეც კი აღწევდეს, მეტ შემთხვევაში გამდნარი არის ან ბლანტ-დენადი მაინც. ვულკანური ქანები ხომ ლავის გაცივებით არიან წარმომდგარი და ექსპერიმენტულადაც ადვილი არის ქანიდან მდნარი ლავის მიღება და პირიქით. ქიმიური შედგენილობის მიხედვით არჩევენ ფუძე და მჟავე ლავას. ფუძე ლავა, ჩვეულებრივ ბაზალტური, ძლიერ დენადი არის. მცირე რამ დაქანება კმარა, რომ მან საკმაოდ ჩქარი ნაკადი მოგვცეს და, სანამ გაცივდებოდეს, კილომეტრების არა-ერთი ათეუ-

ლი გაიაროს. მეავე ლავა კი მეტად თუ ნაკლებად ბლანტია და ნაკადს ან არ იძლევა, ან ძლიერ მოკლეს.

ზევით ამოსული ლავის ნაკადი სწრაფად ცივდება ზედაპირიდან და ქვედაპირიდანაც (მიწიდან). ზედაპირზე მას მყარი ქერქი უჩნდება, ხოლო მთავარი მასა მოძრაობას განაგრძობს ქერქს ქვეშ. ასეთი მოძრაობისას მოხდება ხოლმე, რომ ქვეშ ალაგ-ალაგ მოძრავი ლავა გადაადგილდეს და ქერქი კი თავის ადგილას დარჩეს —



სურ. 201. დაბაწრული ლავა.

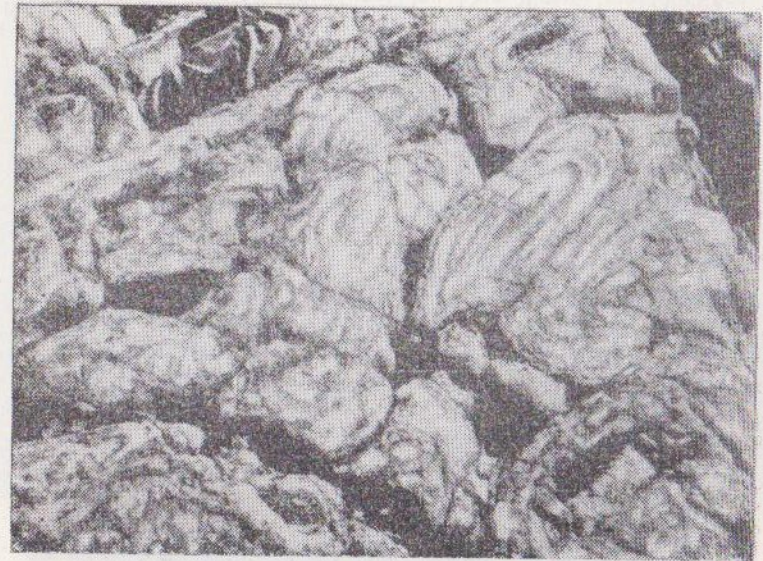
ლავის სხეულში დრუები წარმოიშობა. ისიც მოხდება, რომ მოძრავმა ლავამ ქერქი დაამტვრიოს და წაიტანოს, — მივიღებთ ლოდურ ლავას (აა ლავა). თუ დინების გავლენით თხელი, ჭერ კიდევ ბლანტი ქერქი ბაწარივით მიმოგრეხილა, დაბაწრული ლავა (პაპოპო¹ ლავა) იქნება (სურ. 201). არის ასევე ბალიშა ლავა (სურ. 202) და სხვა.

გაცივებისას ლავა მყარდება კრისტალური, მიკროკრისტალური ან მინებრივი სახით. გამყარებისას გაზების გამოყოფა ხდება და რად-

¹ ეს სახელები — აა, პაპოპო — ჰავაის კუნძულებიდან არის.

გან გაცივებული ლავა გაზს ძნელად თუ გაატარებს ან სრულიად ვეღარ, ჩნდება ქანში მომწყვდიელი გაზის ბუშტები. ამგვარად წარმოიშობა პორიანი ფენა ლავის ზედაპირთან და ქვედაპირთან.

მეორე მხრივ გამყარება შეკუმშვასაც იწვევს. ქანში კუმშვის ბზარები ჩნდებიან, რომელთაც ბაზალტისთვის დამახასიათებელი პრი-



სურ. 202. ბალიშა ლავა.

ზმული განწევრება (სურ. 203) მოჰყვება. პრიზმების ღერძები გაცივების ზედაპირის მართობული იქნებიან, თვით პრიზმებშიაც გარდი-გარდმო ბზარები ვითარდებიან და, თუ ბზარების განლაგება დამხრობილია, გამოიყოფა მეტად თუ ნაკლებად იზოდიამეტრული ნაკვეთები, რომელთა გამოფიტვამ შეიძლება შემდეგში სფერული განწევრება მოგვეცეს.

ვულკანის ამონასროლი მყარი მასალა ძლიერ კანსხვავებული სიდიდის სხეულებისაგან შედგება. არის ვებერთელა ლოდები და უწმინდესი მტვერიც. ძირითადად ყველა ლავის ნაწილს წარმოადგენს, აფეთქების გამო მოწყვეტილს და ჰაერში გატყორცნილს, მაგრამ არის აფეთქების მიერ წამოტაცებული შემ-

ცველი ქანების, მათ შორის ადრინდელი ვულკანურისაც, ნამსხვრევები, დიდი და პატარა.

არის რამდენიმე მეტრის სიგრძე დიამეტრის მქონე ბელტები. უფრო პატარებში გამოარჩევენ ე. წ. ბომბებს. ეს არის ჰაერში გასროლისას ჯერ კიდევ მდნარი ან ბლანტი მხურვალე ლავის ნაწყვეტები, რომელნიც ინტენსიური ბზრიალ-ტრიალის პრო-



სურ. 203. ბაზალტური ლავის პრიზმული განწყვერება. ირლანდი.

ცესში ბრუნვითი სხეულის ფორმას ღებულობენ: ჩვეულებრივ მეტნაკლებად წაგრძელებული ელიპსოიდისას, რომლის ორივე ბოლო წაწვეტილი არის და მთელ სიგრძეზეც ბომბს მოწყვეტის ნაწიბური მიუყვება. ხშირად ბომბის გულში მოქცეულია უცხო ქანის ნატეხი, რომელიც ლავის საბურველში გახვეულა (სურ. 204). არის მეტრის სიგრძე ბომბები და მეტიც, თუმცა იშვიათად. არის მუჭის ოდენებაც.

ერთი სანტიმეტრის რიგის მარცვლები შეადგენენ ლაპილის¹,

¹ Lapilli, ლათ. — წვრილი კენჭები.

ერთი მილიმეტრისა — ვულკანურ ქვიშას და უფრო პატარები — ფერფლს და მტკერს.

ვულკანური გაზების რაოდენობა და წნევა უზარმაზარია. სწორედ ისინი იწვევენ აფეთქებას. ძირითადად ეს არის CO_2 , N , SO_2 , H_2 , CO , S , Cl , F , As , H_2C , B , მაგრამ ყველას სკარბობს, და თან



სურ. 204. ვულკანური ბომბები.

დიდად, წყლის ორთქლი. მისი რაოდენობა გაზების საერთო მასის 90%-მდე შეიძლება იყოს. გააგებია, რომ წყლის ნაწილი შემცველი ქანებიდან უნდა იყოს მიტაკებული (გაფარვარებული ლავის შეხებისას შემცველი ქანების წყალი უცილობლად უნდა აორთქლდეს და ლავას გაჰყვას) და ამიტომ იყო, რომ წინათ ფიქრობდნენ: ლავას ნაპრალების გზით ზღვის წყალი მისწვდომია, აორთქლებულა და აფეთქებაც ამის შედეგი არისო. დღეს ეს შეხედულება საბოლოოდ უარყოფილია. სხვა არა იყოს რა, ბევრი ვულკანი სრულიად მოწყვეტილია ზღვას. მაგრამ ზოგჯერ კიდევ გამოიფქმის აზრი, რომ ვულკანური აფეთქების წყალი სხვადასხვა სახის მიწასქვეშა წყალია და თვით ლავა წყალს ან სრულიად არ შეიცავს ან უმნიშვნელო რაოდენობითო. სხვადასხვა ადგილას, კერძოდ ჰავაისის კუნძულებზე ჩატარებული ზუსტი გაზომვები თითქო ასეთ წარმოდგენას არ ადასტურებენ. როგორც ამოფრქვევისას ამოსროლილი კლასტური მასა-

ლა, გარდა ვულკანურისა, შემცველი ქანებისაგან წამოტაცებულ ღორღსაც უხვად შეიცავს, ისევე ვულკანური ორთქლის ნაწილიც უმკველად იმავე შემცველი ქანების წყალია აორთქლებული, მაგრამ ძნელია დაეჭვება, რომ თვით ლავაც უხვად შეიცავს ორთქლს.

ვულკანური აპარატი. სპეციალისტები ვულკანს უწოდებენ იმ ადგილს, სადაც ლავა, ლავეული ღორღი და გაზები მიწიდან ამოდის. ჩვეულებრივ ასეთ ადგილას ამართულია მეტად თუ ნაკლებად მაღალი გორა, რომელიც, ისევე სპეციალისტების გამოთქმით, ვულკანური აპარატის ნაწილს წარმოადგენს. როგორც დავინახავთ, მსგავსი აპარატი ყველა ვულკანს როდი აქვს.

ჩვეულებრივ, ვულკანს რომ ვიტყვი, მეტად თუ ნაკლებად წესიერ კონუსებრივ გორას (სურ. 205) წარმოვიდგენთ. ზოგჯერ ასეთი გორის სიმაღლე ძლიერ დიდია. ეს კია, რომ, როდესაც ვულკანის სიმაღლეზე ვლაპარაკობთ. მკაფიოდ უნდა გავარჩიოთ ვულკანის აბსოლუტური და შეფარდებითი სიმაღლე. მაგალითად, მოქმედი ვულკანის კოტოპახის მწვერვალი სამხრულ ამერიკაში (ეკუადორი) 5896 მ აღწევს, მაგრამ ეს იმით აიხსნება, რომ მისი ფუძე მაღლა მდებარეობს ანდების ზოლში. თვით ვულკანური გორის საკუთარი სიმაღლე საგრძნობლად ნაკლებია. მეორე მხრით ვულკან მანუა ლოას (პავაიის კუნძულები) სიმაღლე ზღვის დონიდან 4117 მეტრია, მაგრამ მისი ფუძე ოკეანის ფსკერზე არის დაყრდნობილი და ახლოებით 6100 მეტრის სიღრმეზე და გორის ნამდვილი სიმაღლე 10200 მეტრზე მეტი იქნება.

ვულკანური კონუსის ღერძს მიჰყვება მეტ-ნაკლებად ცილინდრული ვერტიკალური მილი, რომელიც ლავით ან ბრექჩიით და ფერფლით ან ორივეთი არის გაჭედილი. ამ მილს ვულკანის ყელს უწოდებენ. მწვერვალზე ვულკანის ყელი ძაბრივით ფართოვდება, — ეს არის კრატერი¹. ვულკანური მასალის ამოსროლა ან ამოდინება აქედან ხდება. კრატერის კედლები მეტ-ნაკლებად ციცაბოდ არიან შიგნიდან დაქანებული, შედარებით დავალებული ფსკერისკენ. როდესაც ვულკანი არ მოქმედებს, კრატერი ცარიელია და მის ფსკერზე მხოლოდ გაზები ამოდინან ნაპრალეებიდან. არის შემთხვევები, როდესაც კრატერში ატმოსფერული წყალი ჩამდგარა. ეს იქნება კრატერის ტბა.

წმირად ვულკანის ყელიდან გამოიყოფა უფრო წვრილი ტო-

¹ „კრატეს“, ბერძნ. — დიდი თასი.

ტები. რომლებიც ზედაპირს ვულკანის ფერდზე აღწევენ. ასეთ ადგილებში მოქმედებს პატარა ვულკანები, რომელნიც პატარა კონუსებს აჩენენ, მთავარ კონუსზე დაშენებულს. მათ პარაზიტულ ვულკანებს უწოდებენ. პარაზიტული ვულკანების სიმრავლით ცნობილი არის ვულკანი ეტნა სიცილიის კუნძულზე.



სურ. 205. ვულკანური კონუსი. ფილიპინების ერთ-ერთი კუნძული. ვულკანის სიმაღლე ზღვის დონიდან 4000 მეტრზე მეტია.

უფრო საყურადღებო არის მეორე მოვლენა. ცნობილია და ექსპერიმენტულადაც დადასტურებული (Daubrée), რომ ვერტიკალური ყელი და კრატერი ორთქლის და გაზების აფეთქების შედეგი არის. ამიტომ ყოველ ახალ ამოფრქვევას მათი მცირეოდენი გადაადგილება ან გაფართოება შეიძლება მოჰყვეს. ზოგჯერ ცვლილება მეტია და გორის მწვერვალი კიდევ წაიგლიჯება. ამას ის იწვევს, რომ ამოფრქვევის შემდეგ ყელში გაცივებული ლავა ამ მილს საცობივით ჰკეტავს ძლიერ მაგრად და შემდეგი ამოფრქვევისას საჭიროა გაზების უზარმაზარი წნევა, რათა აფეთქება მოხდეს და გზა გაათავისუფლოს. ასეთი აფეთქება ჰაერში გასტყორცნის საცობს და მიმდებარე შემცველ ქანებსაც, მეტი ან ნაკლები რაოდენობით.

და აი მოხდება ზოლმე ისიც, რომ ძლიერი აფეთქება თითქმის მთელ ვულკანურ კონუსს იმსხვერპლებს. მისგან მხოლოდ ფერდები ან ცალი მხარის ფერდი დარჩება და დანარჩენი გორის ადგი-

ლას კი ახალი უზარმაზარი „კრატერი“ წარმოიშობა. ამ კრატერის ფსკერზე ვულკანის მოქმედება ახალ კონუსს ააგებს, რომელიც იწყებს თანდათან ზრდას ძველი ვულკანის ნანგრევის შიგნით.

სწორედ ასეთი ისტორია აქვს ვეზუვს. მისი ბევრად უფრო დიდი ძველი კონუსი საშინელ აფეთქებას მოუწყვეტია ისე, რომ მხოლოდ მისი აღმოსავლური ფერდის ძირი გადარჩენილა. ამ გადმონაშთს ასიმეტრიული რკალური სერის სახე აქვს. შიგნითკენ (ახლანდელი ვეზუვისკენ) ციცაბო ქარაფებია, გარეთკენ — მსუბუქი დაქანება (სურ. 206). ეს არის მონტე სომა. შიგ ძველის ადგილას ახალი, ნაკლებ დიდი კონუსი აშენებულა და ეს არის თანამედროვე ვეზუვი. ამ ვეზუვის კრატერშიც არის ბევრად უფრო პატარა კონუსი, რომელიც თითქმის ყოველი დიდი ამოფრქვევის შემდეგ განახლებას და ზოგჯერ გაორებასაც განიცდის.

ასეთ დიდ ჩაღრმავებას (კრატერს), რომელიც ძველი კონუსის აფეთქების შედეგად წარმოიშობა, კალდეირა¹ ჰქვია, ხეობისებურ რკალურ ჩაღრმავებას მონტე სომასა და ვეზუვს შუა იტალიელები ატრიო დელ კავალოს უწოდებენ. ამ ღრმობის ძირში ჰაერზე უფრო მძიმე CO₂ გროვდება და დაბალი ცხoveლები, ძალები და მისთანები, შიგ იგულებიან.

კალდეირა გავრცელებული მოვლენა არის. მის წარმოშობას დიდი ხანია აფეთქებას მიაწერდნენ და უმეტესობა მიაწერს დღესაც. მაგრამ ზოგჯერ გამოსთქვამენ აზრს, რომ ეს არის არა აფეთქება, არამედ ჩაწოლა: ვულკანური მასალის ამოღინების გამო ქვევით სიცარიელები ჩნდება და ამას მოჰყვება სახურავის ჩაწოლა. მაგრამ იმისათვის, რომ ასეთი მცირე უბანი ჩაიქცეს, სიცარიელე პატარა უნდა იყოს და ზედაპირის ახლოს, მაშასადამე, აფეთქებასთან დაყვლითან დაკავშირებული და არა კერიდან ლავის ამოღინებით გამოწვეული. მეორე მხრით, კალდეირები მხოლოდ იქ არიან ცნობილი, სადაც დიდი აფეთქება მომხდარა: დაძირვა მხოლოდ აფეთქებასთან დაკავშირებული მეორადი მოვლენა შეიძლება იყოს.

როგორც აღვნიშნეთ, თვით ვულკანის ვერტიკალური ყელის წარმოშობა აფეთქებათა შედეგი არის. იგი კონუსს ქვევითაც გრძელდება, ხოლო ზევითკენ თანდათან წაზრდილა მრავალი ვულკანური ამოფრქვევის პროცესში. მაგრამ შეიძლება ერთი აფეთქება მოხდეს და ვულკანის ისტორია ამით გათავდეს. ამ შემთხვევაში მკვიდრ

¹ სიტყვა ასორის კუნძულებიდან არის.

ქანებში ვერტიკალური მილი კი წარმოიშობა, მაგრამ ზედ დაშენებული კონუსისა კვალიც არ იქნება. ასეთ აფეთქებითს მიღებს ფრანგმა გეოლოგმა დობრემ დიატრემები¹ უწოდა. დი-



სურ. 206. ვეზუვი. ჩანს ძველი ვულკანის ნაშთი, მონტე სომა, და ახალი კონუსი კალდეირაში. კალდეირიდან გამოდის მთელი რიგი ლავის ნაკადები. წინ ზღვაა (ნეაპოლის უბე).

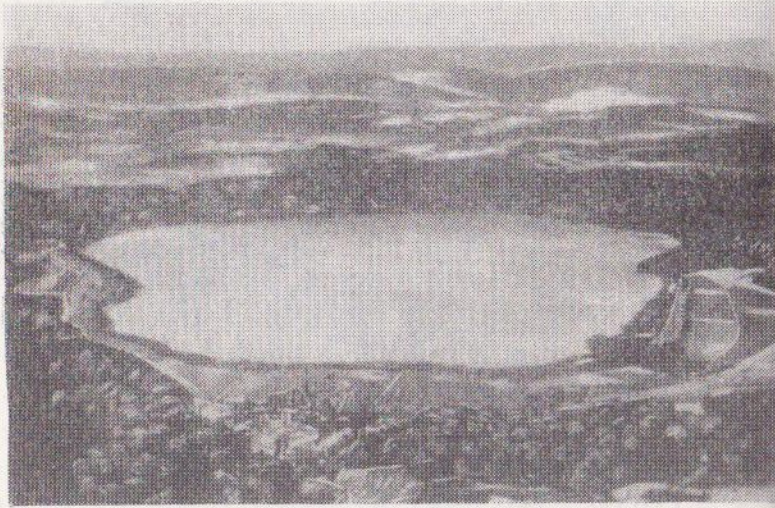
ატრემები ცნობილი არიან სამხრულ აფრიკაში, სადაც ისინი ულტრაფუქე ქანის კიმბერლიტის² ბრექჩიით არიან გაჭედლილი

¹ „დიატრემა“, ბერძნ. — ნასვრეტი.

² კიმბერლი ქალაქი არის სამხრული აფრიკის რესპუბლიკაში.

და სახელი გაითქვეს როგორც ალმასის საბადოებმა. მსგავსი საბადოები არის ციმბირშიც.

დიატრემებს დიდი ხანია ასწერენ რაინის მხარეშიც (გერმანია). აქ აფეთქებისას ვულკანური მილის პირის გარშემო ცოტათოდენი ღორღაც დაგროვილა და მცირეოდენად ამალღებული წრიული დამბა წარმოუქმნია. ჩაღრმავებაში ტბა არის ხოლმე ხშირად ჩამდგარი და გერმანელები მას მაარს¹ უწოდებენ (სურ. 207).



სურ. 207. მაარსი Laacher See დასავლეთ გერმანიაში.

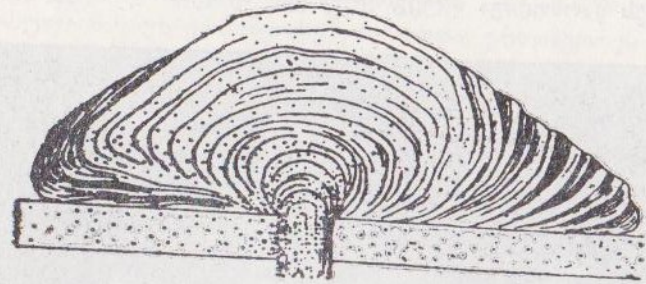
ამგვარად, დიატრემების თავისებურობა იმით აიხსნება, რომ ერთი აფეთქება მომხდარა და შემდეგ აღარ გამეორებულა. ამიტომ მათ ზოგჯერ მონოგენურ ვულკანებსაც უწოდებენ.

ვულკანის კონუსის ჭრილში გარკვეულად გაირჩევა ცალკეული ფენები, რომელნიც მსხვილი და წვრილი კლასტური მასალისაგან შედგებიან ჩვეულებრივ. თუ ამას ლავის ნაკადებიც ემატება, ნარევი მასალააო, იტყვიან. თვით ფენობრივ კონუსს კი სტრატოვულკანი ეწოდება. როგორც შემდეგ დავინახავთ, არის ვულკანები, სადაც ლავის გადმოღინება მშვიდად მიმდინარეობს, აფე-

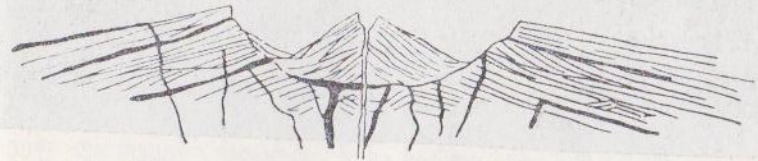
¹ Maar ესპანური სიტყვაა.

თქების გარეშე. ასეთ შემთხვევაში ვულკანური აპარატი ფართოდ გაშლილი და ცენტრში ოდნავ შემალღებული ფარის სახეს ღებულობს, თუ ლავა ფუძე და, მამასადამე, დენადი არის. თუ ლავა მყავე და ბლანტია, ბრჯგუ გუმბათის გამოწნევა მოხდება (სურ. 208).

სტრატოვულკანის ფენები გარეთკენ რადიალურად დაქანებული არიან, ე. ი. ცენტრში ამოწეული (სურ. 209). ამიტომ გასული



სურ. 208. ვულკანური გუმბათი (ექსტრუზია). ბლანტი ლავა, ნაწილობრივ გადარეცხილი.

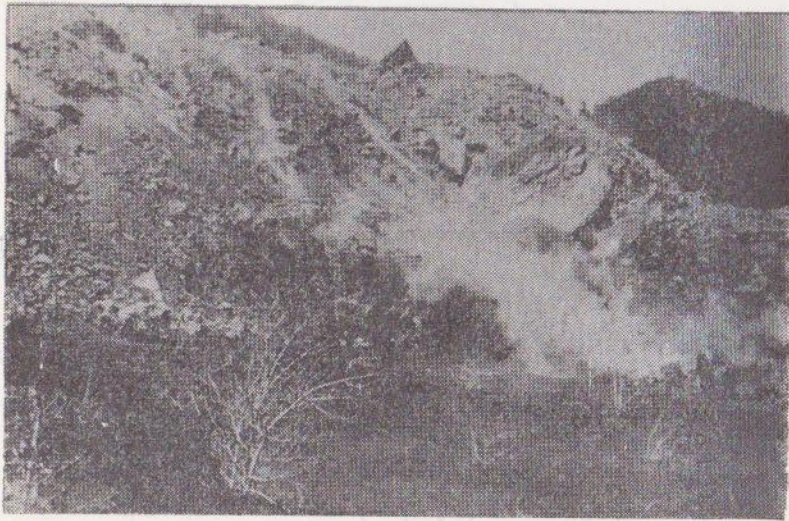


სურ. 209. სტრატოვულკანი. ჩანს კალდეირა და შიგ ახალი კონუსი თავისი ყელით და კრატერით. კონუსი შედგება გარეთკენ დაქანებული ფენებისაგან (ვულკანური ტუფები და მისთანანი). შივი — გამკვეთი ძარღვები და სილები.

საუკუნის პირველ ნახევარში ფიქრობდნენ, რომ ვულკანური კონუსის წარმოშობა ამოზნექვის შედეგიაო. ვულკანური ძალებით გამოწეული ეს იყო ამოზნექვის თეორია (Erhebungstheorie). დღეს საყოველთაოდ მიღებულია შეხედულება, რომ კონუსი ზევიდან იზრდება ყოველი ამოფრქვევის შედეგად ახალ-ახალი მასალის დამატებით: ვერტიკალურად მაღლა გასროლილი მასალა უპირატესად ვულკანზედვე ცვივა და მას სიმაღლეს მატებს. ეს არის

დაზვიანვის თეორია, გეოლოგიის ერთ-ერთი ფუძემდებლის, ლაიელის მიერ ჩამოყალიბებული.

მაგრამ დღეს ეს მხოლოდ თეორია როდია. ადამიანს საშუალება მიეცა რამოდენიმეჯერ ვულკანის, ასე ვთქვათ, დაბადების უშუალო მოწამე გამხდარიყო. მაგალითია მექსიკის 500 მეტრის სიმაღლე ვულკანი ქორულო, რომელიც 1759 წ. ერთ თვეში გაიზარდა აგეთი; მონტე ნუოვო (ახალი გორა), რომელიც XVI საუკუნეში (1538) ერთ ღამეს წარმოიშვა ფლეგრულ ველზე ნეაპოლის ახლო. განსა-



სურ. 210. ვულკანი პარიკუტინი 1943 წელს, სულ რამდენიმე თვის მოქმედების შემდეგ.

კუთრებით კარგად არის ცნობილი ახალი ვულკანის პარიკუტინის¹ განვითარება იმავე მექსიკაში. 1943 წლის თებერვალში მომავალი ვულკანის მხარეში ქალაქ მეხიკოს დასავლეთით ხშირი მიწისძვრის ბიძგები იგრძნობოდა, 300-მდე თებერვლის 19-ს. შემდეგ დღეს ერთი ფერმერი თავის ყანაში მუშაობდა, ვაოცებული იყო ძლიერი ხმაურით დროდადრო, თითქო ქუხილიყო. მაგრამ ცაზე ღრუბელი არსად ჩანდა. თან შეამჩნია, რომ მიწაში ნაპრალი გახსნი-

¹ პარიკუტინი ვულკანის მეზობელი პატარა სოფლის სახელია.

ლიყო და იქიდან „კვამლი“, ე.ი. ორთქლი, გაზები და მტვერი ამოდიოდა. იდგა გოგირდის სუნი.

იმ ღამით უკვე ძლიერი აფეთქებები ისროდნენ ნაპრალიდან წვრილ და მოზრდილ ქვებს. მასალა მხურვალე იყო და ზოგი გავარვარებულიც. დილას ნაპრალის ადგილას უკვე თითქმის 10 მეტრის სიმაღლე ღორღის კონუსი აღმოჩნდა დაზვიანული. მისი კრატერი ქანების ნამტვრევებს ისროდა. ყოველ რამდენიმე სეკუნდში აფეთქება აფეთქებას მოსდევდა ისე, რომ ზევით გატყორცნილი და ძირს წამოსული მასალა ერთიმეორეში ირეოდა, ერთიმეორეს ეჯახებოდა და რომ დაღამდა, წითლად მხურვალე ლოდები ცეცხლივით ანათებდნენ. მათი დიამეტრი 1-4 მეტრამდე აღწევდა. იშვიათ შემთხვევაში 10-15 მეტრიანი ბელტებიც იყო.

ღორღის კონუსი საკმაოდ გაზრდილი იყო, როცა კრატერიდან ლავაც წამოვიდა. წარმოიშობოდა ლავის ნაკადები, რომლებიც ადრინდელი ხეების კვალს მიჰყვებოდნენ. უდიდესი მათგანის ვანი კილომეტრნახევრამდე არის და სიგრძე 10 კმ. ლავის წელი მოძრაობის პროცესში ნაკადის ფრონტი ცივდებოდა და მყარდებოდა. უკანიდან მოწოლილი ჯერ კიდევ მდნარი ლავა ამ ახალგამტკიცებულ ქანს ამსხვრევდა და წინ მიეხვეტებოდა. წარმოიშობოდა ქაოსური ღორღის ბუნებრივი ჯებირი, რომლის უკან ზოგან დროებითი ლავის ტბა გუბდებოდა (სურ. 211). ერთი მეზობელი პატარა ქალაქი მთლიანად ლავამ დაჰფარა და დღეს იქ მხოლოდ სამრეკლოს კოშკი და სხვა ასეთები ჩანს ლავიდან და ღორღიდან ამოჩრილი. ლავის გადმოღინება დროგამოშვებით ხდებოდა, ხოლო გადმოღინებათა შუა კვირეები და თვეები გადიოდა, წინა ნაკადი ახლის წარმოშობის დროს უკვე გაცივებული იყო და ხშირად ნაკადი ნაკადზედ არის გაშლილი. ვულკანის მთელი გარემო ფერფლით და სხვა კლასტური მასალით არის დაფარული. მარცვალი და ფენის სისქე მით უფრო დიდია, რაც უფრო ახლოა ვულკანთან.

პარიკუტინმა 9 წელიწადს იმოქმედა და დღეს ჩამქრალი არის. მთელი კუთხე მრავალი ასეთივე ჩამქრალი ვულკანით არის მოფენილი. ფიქრობენ, რომ გაივლის დრო, ეგებ საუკუნეები, და აქვე მეზობლად სადმე ახალი ვულკანი იჩენს თავს, როგორც ქორულო-სა და პარიკუტინის შემთხვევაში.

ვულკანის წარმოსახვის მესამე დღესვე პარიკუტინს სპეციალისტები მოაწყდნენ. დაარსდა ვულკანური სადგური. წარმოებდა ინ-

ტენსიური კვლევა ყველა დღეს მისაწვდომი მეთოდით და მრავალი საკითხი ახლებურად გაშუქდა და ზოგჯერ გადაწყდა კიდევც.

ვულკანური აპარატის და ვულკანური მოქმედების ტიპები.
ზემოთ აწერილი შემთხვევები ვულკანური აპარატის და ვულკანის



სურ. 211. პარიკუტინი. ლოდური ლავის ნაკადი, რომელმაც ერთი პატარა სოფელი მთლიანად დამარხა.

მოქმედების კერძო მაგალითებს წარმოადგენენ მხოლოდ. სინამდვილეში ვულკანების სხვადასხვაობა ბევრად უფრო დიდია და ამის მიხედვით ვულკანების მთელ რიგ ტიპებს გამოჰყოფენ.

თავიდანვე უნდა აღინიშნოს, რომ ვეზუვის, პარიკუტინის და მისთანა შემთხვევაში ვულკანური პროდუქტები გარკვეულ ცენტრში

ტრში ამოდიან ზედაპირზე და აქედან ვრცელდებიან მეტად ან ნაკლებად შორს. გარდა ჩამოთვლილებისა, ასეთია დღეს კლიუჩევსკაია სოპკა კამჩატკაზე, ფუძიამა იაპონიაში, კლიმანჩარო აფრიკაში, ჩიმბორაზო სამხრეთ ამერიკაში და სხვა მრავალი. ასეთივეა ჩამქრალი ვულკანები: იალბუზი. მყინვარწყვრი, არარატი. მათ ცენტრულ ვულკანებს უწოდებენ.

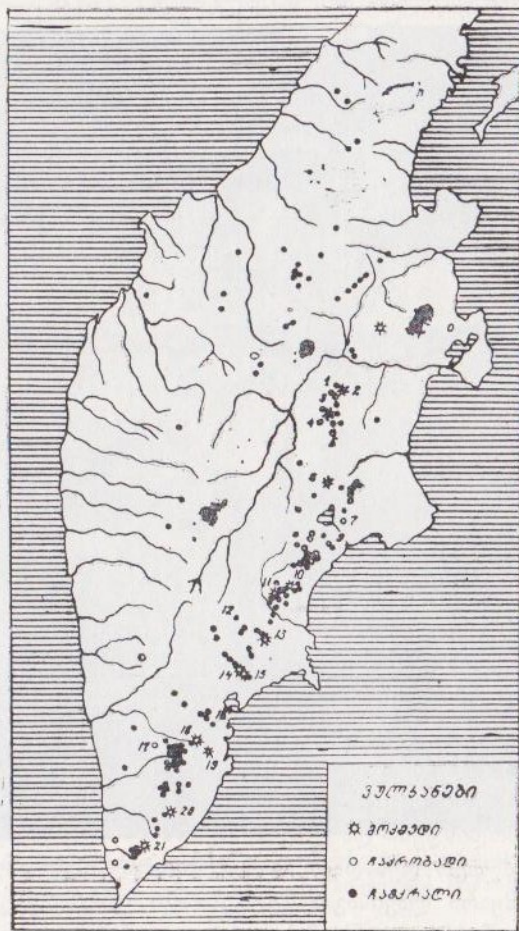
ამათ გვერდით არის შემთხვევები, როდესაც ლავა მეტად თუ ნაკლებად გრძელ ნაპრალს მოჰყვება და ასე ამოდის ზედაპირზე. ეს არის ნაპრალური ვულკანები. დღეს ასეთები ცნობილი არის ისლანდზე. ამომყვანი ნაპრალი ლავით არის ხოლმე გადაფარული, მაგრამ მის მდებარეობას ნათელჰყოფს ხაზობრივად განლაგებული ლავის კონუსებრივი ბორცვები (სურ. 212).



სურ. 212. ხაზობრივად განლაგებული ვულკანური ბორცვულეები. ისლანდი. ბორცვულები ვულკანურ აქტივობასთან არიან დაკავშირებული და მათი განლაგება ლავის ქვეშ მდებარე ნაპრალს უნდა მიჰყვებოდეს.

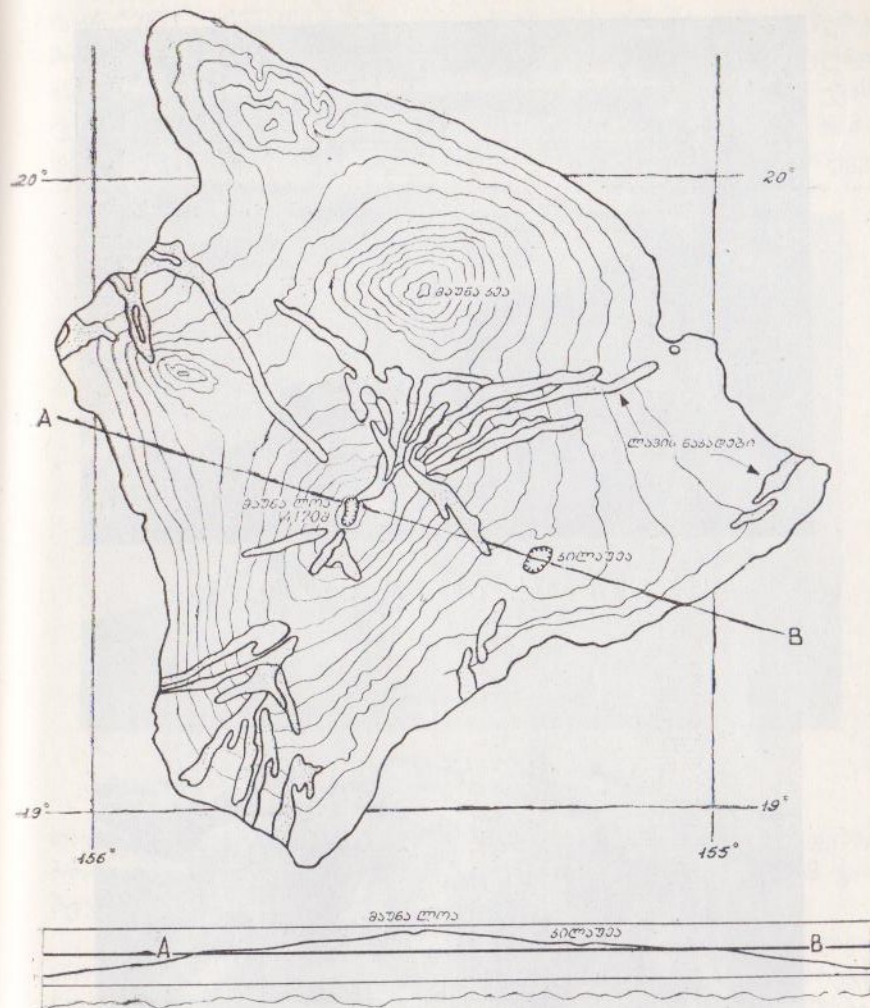
ცენტრული ვულკანების ჯგუფი ძლიერ ნაირგვარია. ჰავაიურ ტიპს მიაკუთვნებენ ვულკანებს, როგორც მაუნა ლოაა. ეს ვულკანი ჰავაიის არქიპელაგის მთავარ კუნძულზე მდებარეობს (სურ. 214). მისთვის აფეთქება უცხოა. კრატერში მხურვალე (1300°) ლავა დგას ტბისებურად, მშვიდად, ლავის დონე ხან აიწევს ნელ-ნელა და ხან ძირს დაიწევს ისე, რომ ზოგჯერ კრატერის ფსკერი გაშიშვლდება კიდევ. თუ, პირიქით, კრატერის პირამდე მიაღწია, გარეთ გადმოდინდება და ლავის ნაკადს წარმოშობს. ლავა ბაზალტურია და ძლიერ დენადი, მდინარესავით. ვულკანური აპარატი მთლიანად მყარი ლავისაგან შედგება და ფართოდ გაშლილ ვულკანურ ფარს წარმოადგენს. მის სუსტად დაქანებულ ფერდზედ არის მოთავსებული პარაზიტული ვულკანი კილაუეა. არ არის არც ბომბები, არც ლაპილი და ფერფლი. გაზები ამ ლავაში შედარებით ცოტაა და აქ-იქ ლავის ტბის ზედაპირზე რამდენიმე ათეული მეტრის სიმაღლე შადრევნებს წარმოშობენ. არის ლავის შადრევნებიც, ხოლო როდესაც ლავის ნაკადი ვითარდება და ბექობზე გადადის,

ჩნდება ლავის ჩაჩქერი (სურ. 216). შადრევნის მიერ გასროლილი ლავის შეხვეები ზოგჯერ ძაფივით წაწვდილ მინალ ცივდებიან. ამას უწოდეს პელუს თმები¹.



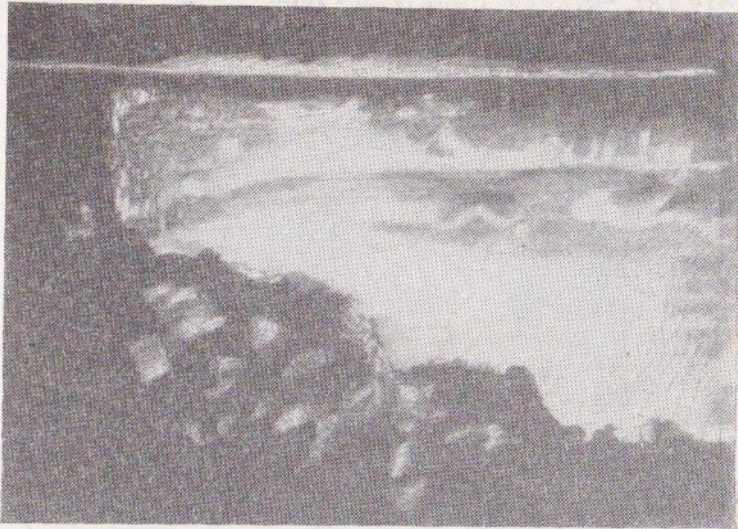
სურ. 213. კამჩატკის ვულკანები. ჩანს ცალკეული ჯგუფების ხაზობრივი განლაგება.

¹ „ბელე“ ბერძნული მითოლოგიის გმირია.

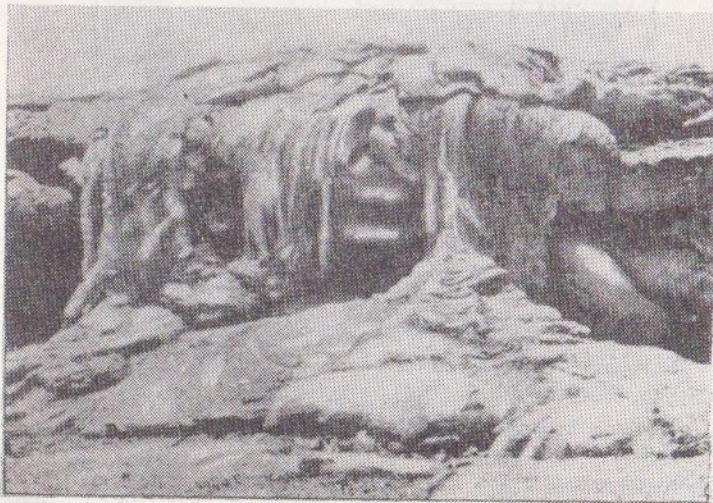


სურ. 214. ვულკანები მაუნა ლოა, მაუნა კეა, კილაუეა და სხ. ჰავაის არქიპელაგი, კუნძული ჰავაიი. ქვევით მოცემული ჰიპსოგრაფიული მრუდის AB-ს გასწვრივ ჩანს ვულკანის დიდი სიმაღლე ოკეანის ფსკერიდან.

სტრომბოლიური ტიპის წარმომადგენელია ვულკანი სტრომბოლი ლიპარიულ კუნძულებზე სიცილიის ჩრდილოეთით



სურ. 215. ლავის ტბა მაუნა ლოს კრატერში.



სურ. 216. ლავის ჩაჩქერი.

(სურ. 217). სტრომბოლი მაღალი კონუსია, რომლის მწვერვალზე მოთავსებული კრატერი თითქმის უწყვეტად, მაგრამ რიტმიულად ისერის მაღლა ლავის ნაწყვეტებს და წინწკლებს, რომელნიც უკან ცვივიან ბომბებისა და ლაპილის სახით. ლავა ფუძეა, მაგრამ რამდენადმე უფრო ბლანტი, ვიდრე მაუნა ლოასი. ამიტომ გაზები ისევე



სურ. 217. ვულკანი სტრომბოლი.

თავისუფლად ვერ გამოიყოფიან, მაგრამ ვერც იმდენი გროვდება, რომ დიდი აფეთქება გამოიწვიონ. ვულკანი სუსტად, მაგრამ გამუდმებით ფეთქავს.

ვეზუვის ტიპისთვის სწორედ უფრო მყავე და ბლანტი ლავა არის დამახასიათებელი. ამოფრქვევის ბოლოს ლავა და ლავის ბრექჩია საცობივით ამოავსებს ვულკანის ყელს და ჰკეტავს მას. გაზები ზევით ვეღარ ამოდიან და სიღრმეში გროვდებიან თანდათან. ვითარდება უზარმაზარი წნევა. ბოლოს უკანასკნელი ისეთ ზომამდე მიღწევს, რომ აფეთქებას იწვევს. ვულკანის ყელის საცობი ჰაერში გაიტყორცნება და ზოგჯერ კონუსის დიდი ნაწილიც — წარმოშობა კალდერა. ვეზუვისებურ ვულკანებს ახასიათებს ძლიერი აფეთქებები და მეტად თუ ნაკლებად ხანგრძლივი მშვიდი ინტერვალები აფეთქებათა შუა, — მოქმედება ე პ ი ზ ო დ უ რ ი ა.

ვეზუვის ტიპის უკიდურეს ჯგუფს ეკუთვნის ვულკანი ვულკანო ლიბარის კუნძულებზე. ლავა იქ კიდევ უფრო მუავე და პლანტია და სიმშვიდის პერიოდები უფრო ხანგრძლივი. ლავის ნაკადებს ეს ვულკანი არ იძლევა, — მხოლოდ პიროკლასტურ მასალას.

კიდევ უფრო თავისებურია მონ-პელეს ტიპი, რომლის სახელი მომდინარეობს კუნძულ იამაიკის (მცირე ანტილები) ვულკანის მონ-პელესგან. ამ ვულკანის აფეთქება, 1902 წ. მომხდარი, რომელმაც 30 000 ადამიანი იმსხვერპლა, ფართოდ არის ცნობილი, მრავალი წლის მანძილზე სრული სიმშვიდის შემდეგ ვულკანმა უეცრად იფეთქა. გამოტყორცნილ იქნა ორთქლის და გაზების უზარმაზარი რაოდენობა, თანაც ეს მასა ვერტიკალურად კი არ მოძრაობდა ზევითკენ, როგორც ჩვეულებრივ ხდება, არამედ განზე მიმართული იყო. ორთქლისა და გაზის ნაკადი დატვირთული იყო ფერფლით, მტვრით და სხვა ასეთი მასალით. ეს „მგზნებარე ბური“ (nuées ardentes), რომლის ტემპერატურა 800°-მდე იყო, გრიგალისებრ დაეშვა ვულკანის ფერდზე და ყველაფერს ანადგურებდა (სურ. 218). ძვრების ძალა ისეთი იყო, რომ რამდენიმე ტონის სიმძიმე საგნებს მიწასა სწყვეტდა და გადაისროდა, ხეებს ამტვრევდა და ცეცხლს უჩენდა, მზე სავსებით დააბნელა. მონ-პელეს წინ ზღვისპირას მდებარეობდა პატარა ქალაქი სან-პიერი. საშინელი ნაკადი სწორედ იქეთკენ მიჰქროდა საოცარი სიჩქარით. რამდენიმე წუთში ქალაქი ნანგრევებად იქცა, მცხოვრებთაგან ცოცხალი არავინ დარჩენილა.

მონ-პელეს ლავა არ წარმოუდინებია. მხოლოდ პაროქსიზმის ბოლოს მწვერვალი სადგისივით გაჰკვეთა უკვე გამყარებულმა ანდეზიტის სოლმა. ეს ქვის სამსჭვალ ნელა და ნელა მიიწვედა ზევით და ბოლოს რამდენიმე ასი მეტრის სიმაღლეს მიაღწია (სურ. 219). თანაც ინგრეოდა და დღეს მისგან თითქმის არა დარჩენილა რა.

ძლიერ ჰგავს მონ-პელეს 1912 წლის დიდი აფეთქებით ცნობილი ვულკანი კატმაი, რომლის ფერფლმა უზარმაზარი ფართობი დაჰფარა ალასკაში.

დასასრულ, ამავე ტიპს შეიძლება მიეკუთვნოს ზონდის სრუტის ვულკანი კრაკატოა. ეს ვულკანი ზღვაში მდებარეობს და ძველად ერთ ვულკანურ კუნძულს წარმოადგენდა. უკვე იმ დროს მომხდარიყო, როგორც გამოკვლევები გვიჩვენებს, საოცარი აფეთქება, რომელსაც კუნძულის დიდი ნაწილი მოეგლიჯა და ადრინ-

დელი ერთისაგან სამი პატარა ანდეზიტური კუნძული დარჩენილიყო. შემდეგ ანდეზიტური და ბაზალტური ლავების ამოფრქვე-

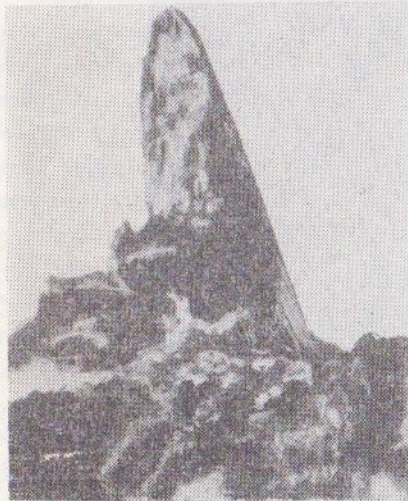


სურ. 218. მონ-პელეს ამოფრქვევა 1902 წელს. გავარვარებული გაზების და ვულკანური მტვრის ბუქი საშინელი სიჩქარით მიეჭანება ქალაქ სან-პიერისა და ზღვისკენ.

ვებს ერთი ამ კუნძულთაგანი საგრძნობლად გაეზარდათ ისევ, სიმაღლით 800 მეტრამდე.

ასეთი იყო მდგომარეობა, როდესაც ორასი წლის სიმშვიდის შემდეგ 1883 წელს კრაკატოამ საშინელი აფეთქება განიცადა. ადგილზე დამსწრე არავინ ყოფილა, მაგრამ ხმამ სინგაპურამდე და ავსტრალიამდე მიაღწია. მთავარი კუნძულის უმეტესი ნაწილი, წყალზევითი და ნაწილობრივ წყალქვეითიც, ჰაერში იქნა გასროლილი და ეს

ადგილი ზღვამ დაჰტარა, ზოგან 300 მეტრის სიღრმემ. კაცის თავის ოღენა ქვები 20 კმ-ზე იქნა გადასროლილი და მუჭისოდენები — 40 კმ-ზე. ზევითკენ ატმოსფეროში წმინდა მტვერმა 70—80 კმ სიმაღლეს მიაღწია. ეს მტვერი 4-ოდე წელიწადს შერჩა ჰაერში და



სურ. 219. მონპელეს სოლი.

ჰაერის დინებათა მეოხებით რამდენიმეჯერ შემოუარა მთელ მიწას. ამ დროის განმავლობაში აისის და დაისის ცა ევროპასა და ამერიკაშიც თავისებურად იყო შეფერილი, როგორც მტერიანმა ჰაერმა იცის. აფეთქებას მოჰყვა ზღვის დიდი ტალღა (ცუნამი) და 36.000¹ კაცის დაღუპვა მახლობელ კუნძულებზე.

კრაკატოას ამ ამოფრქვევას ლავა არ მოუცია. ეს იყო მხოლოდ ორთქლგაზის აფეთქება. ამოსროლილი მასალა მთლიანად აღრინდელი ქანების, ვულკანურისა და დანალექის, ნამსხვრევებს წარმოადგენდა და უზარმაზარ ფართობზე გაიშალა. მის მოცულობას 18 კუბურ კილომეტრს ანგარიშობენ.

ყველა აწერილ შემთხვევაში ვულკანის მოქმედება წყვეტილი, ეპიზოდური არის. თვით მაუნა ლოას კრატერში ლავა, მართალია, თითქმის მუდამ დგას, მაგრამ მისი გადმოღინება მხოლოდ დროდადრო ხდება. სტრომბოლიც თითქმის უწყვეტლივ მოქმედებს, მაგრამ მოქმედების ინტენსივობა ცვალებადი არის. რაც შეეხება ვეზუვის ან მონ-პელეს ტიპის ვულკანებს, ისინი ამოფრქვევის შემდეგ წლობით, ათეულ წლობით და ხშირად საუკუნეების მანძილზე უმოქმედო არიან. ამაზედ იტყვიან, ვულკანი შესვენებულ არისო, და იგი მოქმედად ითვლება.

მაგრამ მოხდება, რომ ვულკანი სრულიად და საბოლოოდ შესწყვეტს მოქმედებას. ეს იქნება ჩამქრალი ვულკანი. ვულკანების ჩაქრობა საეჭვო არ არის. გეოლოგები იცნობენ ვულკანებს, რომელთაც ასეული მილიონი წლის აქეთ აღარ უმოქმედნიათ, მაგრამ

გეოლოგიურად ახალგაზრდა ვულკანის შემთხვევაში ძნელია ჩამქრალის და შესვენებულის გარჩევა, რადგან შესვენება შეიძლება ძლიერ ხანგრძლივიც იყოს და სხვა რამ ნიშანი, ჩაქრობის დამაწას-სიათებელი, არ ვიცით. ვეზუვი ორი-სამი ათასი წლის მანძილზე მანც უმოქმედო იყო და 79 წელს მოულოდნელად გაიღვიძა. მეორე მხრით, არის ვულკანები, რომელნიც ერთხელ იფეთქებენ და მყისვე ჩაქრებიან. ასეთებად სთვლიან, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ღიატრემებს და მაარებს.

პოსტვულკანური მოვლენები. ვულკანის მოქმედების შეჩერება, დროებითი თუ საბოლოო, უცარი არ არის. გაივლის წლება, ზოგჯერ საუკუნეები, და მისი კრატერიდან, ფერდებიდან თუ კალთებიდან ვულკანური გაზების და ორთქლის გამოყოფა გრძელდება. ამ მოვლენებს პოსტვულკანურს¹ ანუ ვულკანურის მომყოლს უწოდებენ.

ორთქლ-გაზის ამოღინება ბზარებიდან და ნაპრალებიდან ხდება, თითქოს მიწას ოხშივარი ასდისო. ზოგჯერ მოღინება წნევიანია და წარმოშობს გაზის შადრევანს, რომლის სიმაღლე ათეული მეტრები შეიძლება იყოს. ტემპერატურაც მეტ-ნაკლებად მაღალი არის. თუ ეს ტემპერატურა 180°-ს აღემატება, გაზის ნაკადს ფუ მაროლს² უწოდებენ. 180°-დან 100°-მდე სოლფატარა³ იქნება, ხოლო 100° ქვევით — მოფეთი⁴.

გაზების შემადგენლობა ძლიერ განსხვავებულია სხვადასხვა ადგილებში. მთავარი ყველგან წყლის ორთქლი არის. კილაუეაზე ის შეადგენს 68,2%, ჰავაიის სხვა ვულკანებზე — 80%-მდე, ხოლო ჩრდილო ამერიკაში არის ადგილი, სადაც 99%-მდეც აღწევს. წყლის გვერდით აღსანიშნავია გოგირდი, ნატრიუმის, რკინის, სპილენძის, თუთიის ქლორიდები, რკინის და სპილენძის ყანგები, ბორის მჟავა, გოგირდიანი დარიშხანი, კინოვარი (სინგური), ტუტე მეტალების და ამონიუმის მარილები და სხ. მიმდინარეობს ამ ნივთიერებათა სუბლიმაცია, ე. ი. გაზობრივი მდგომარეობიდან პირდაპირ მყარში გადასვლა გათხევადების გვერდის ავლით.

ბუნებრივია, რომ ვულკანის ამოფრქვევის შეწყვეტის შემდეგ

¹ Post, ლათ. — შემდეგ.

² იტალიური fumarola, ლათინურიდან fumare — კვამლვა.

³ Solifatare, იტალ. — გოგირდიანი გაზების სასულე.

⁴ Mofette ფრანგ. საწყისი უცნობია.

პირველ ხანად ფუმაროლური აქტივობა ჭარბობს, შემდეგ — სოლფატარები და ბოლოს მოფეტები. ასე რომ, მოფეტური სტადია პოსტულკანური პროცესის ბოლოს მოასწავებს.

გაზებზე არანაკლებ დამახასიათებელია პოსტულკანური დროისთვის ცხელი წყაროები ანუ თერმები, რომლებიც კიდევ უფრო გვიანამდე რჩებიან. თერმებში სხვადასხვა ნივთიერება არის გახსნილი და ილექება კიდევ ზედაპირზე ან მიწაშივე.

გაზები და წყალი ვულკანიდან მარტო ზედაპირზე როდი ამოდიან. ეს მხოლოდ უფრო თვალსაჩინო, მაგრამ მეორეხარისხოვანი მოვლენა არის. უფრო მნიშვნელოვანია გაზების და წყლის დიდ რაოდენობა, რომელიც ვულკანიდან შემცველ ქანებში გადადის და იქ ბზარებსა და პორებში მოძრაობს მეტნაკლებად შორამდე. ასეთ პირობებში ქანის ზოგი მინერალი იხსნება და გაიტანება ან მას რომელიმე შემადგენელი გამოეყოფა. წარმოიშობა ახალი ნაერთები და მინერალები, ქანი თანდათან იცვლის სახეს. პროცესი დამოკიდებულია არა მარტო გაზების და წყლის (ხსნარის) შემადგენლობაზე, არამედ ტემპერატურასა და წნევაზედაც და შეიძლება დიდ მანძილზე გავრცელდეს. თუ გარდაქმნას გაზები აწარმოებენ, მას პნეუმატოლიზური¹ ჰქვია, თუ ცხელი წყალი — ჰიდროთერმული².

თერმების თავისებურ სახესხვაობას წარმოადგენენ დინება, პერიოდული ცხელი წყაროები ანუ გეიზერები.

გეიზერები პირველად ისლანდში შეიქმნენ ცნობილი და სიტყვა გეიზერიც იქაურია. შემდეგ ასეთი წყაროები დადასტურებულ იქნენ ახალ ზელანდში, ჩრდილო ამერიკის შეერთებულ შტატებში (იელოუსტონის ნაკრძალი) და სხვაგან. ორი-სამი ათეული ასეთი წყარო არის საბჭოთა კავშირშიც კამჩატკაზე. ყველგან გეიზერების გავრცელება ახალგაზრდა, მოქმედი ან აალო წარსულში ჩამქრალი ვულკანიზმის მხარეებთან არის დაკავშირებული.

ეს არის ცხელი წყარო, რომლის სადინებელი მილი ზედაპირზე ჩვეულებრივ ჯამისებური ჩაღრმავებით თავდება. შიგ დგას წყალი, რომელიც მშვიდად გადმოიდინება და ზოგ გეიზერში შეიძლება უძრავიც იყოს. ეს სასულე და უშუალოდ მიმდებარე მიწის ზედაპირი ირგვლივ გადაფარულია სილიციუმორქანგის ტუფით (გეიზერი-

¹ „პნეუმა“, ბერძნ. ამოსუნთქვა; „ლიზის“ — გახსნა, დაშლა.

² „ჰიდრო“, ბერძნ. წყალი, „თერმე“ — სითბო; თბილი წყაროები.

ტი), რომელსაც გეიზერის წყალი ლექავს. წყლის ტემპერატურა აქ დაახლოებით 90—95° არის, ყოველ შემთხვევაში დუღილის წერტილზე დაბალი. ქვევით სიღრმეში წყალი უფრო და უფრო ცხელია, შეიძლება ტემპერატურამ 120° და მეტსაც მიაღწიოს, მაგრამ დუღილი არც იქ არის; რადგან თავზე მოქცეული წყლის სვეტის დაწოლის გამო დუღილის წერტილი იქ კიდევ უფრო მაღალია.

მაგრამ წყლის ტემპერატურა უცვლელი როდი არის. ქვევიდან მონადინები უფრო ცხელი წყლის გავლენით იგი თანდათან მატულობს და ბოლოს ამ მაღალი დუღილის წერტილსაც მიაღწევს; დაიწყება დუღილი და სასულედან ორთქლისა და წყლის შადრევანი იფეთქებს. შადრევნის სიმაღლე შეიძლება სანტიმეტრებად იზომებოდეს, მაგრამ ხშირად ათეულ მეტრებს აღწევს. აღნიშნავენ 50—60 მეტრს და მეტსაც (სურ. 220). შადრევანი ერთხანს იმოქმედებს, მაგრამ ბოლოს შეწყდება და დაიწყება ისევ მშვიდი პერიოდი.

მოვლენათა ასეთი მორიგეობა საერთოდ საკმაოდ რეგულარული არის, მაგრამ სხვადასხვა გეიზერის შემთხვევაში სიმშვიდის პერიოდი შეიძლება გრძელდებოდეს წუთები, საათები, დღეები და თვეებიც კი. ცვალებადია შადრევნის ხანგრძლივობაც.

გეიზერების თავისებური ხასიათის ახსნამ გასაგები უნდა ვახდოდს: ა) შადრევნის შესაძლებლობა და მექანიზმი; ბ) მოვლენის პერიოდულობა; გ) საჭირო ენერჯის წყარო. დღეს პასუხს ამ კითხვებზე შემდეგნაირად წარმოგვიდგენენ:

იმისათვის რომ წყარომ შადრევანი მოგვცეს, საჭიროა წყლის მოძრაობა, ბოლო ეტაპზე მაინც, ნაპრალები იყოს: პორებში მოძრავი წყალი შადრევნად ვერ იფეთქებს. ამავე დროს ნათელია, რომ ნაპრალი ზედაპირთან მეტნაკლებად ვერტიკალური მილით უნდა ბოლოვდებოდეს; სხვაგვარად ვერც შადრევნები იქნება ვერტიკალური.

იმისათვის რომ წყაროს მშვიდი დინება შადრევანმა შესცვალოს, საჭიროა წყლის მარავი. მაშასადამე, წყლის გზაზე უნდა იყოს თავისუფალი ღრუ ან ღრუები, რომლებშიაც წყლის მარავის დაგროვება არის შესაძლებელი (სურ. 221), როგორც ეს სურათზეა ნაჩვენები.

ასახსნელი რჩება გეიზერის ფეთქება და მისი პერიოდული ბუნება. ეს ახსნა მოცემულ იქნა გასულ საუკუნეში ფიზიკოსის ტინდალის მიერ. მის მიხედვით იმ ღრუში თუ ღრუებში, რომელნიც მიწასქვეშ ცხელი წყლის გზაზე უნდა იყვნენ, შადრევნის მოქ-

მედების შეწყვეტის შემდეგ იწყება წყლის დაგროვება. ღრუშივე წყლის თავზე მომწყვდეული არის ორთქლი და გაზი. ერთიც და მეორეც შეკუმშული არის წყლის წნევის შესაბამისად. ეს წნევა უდ-

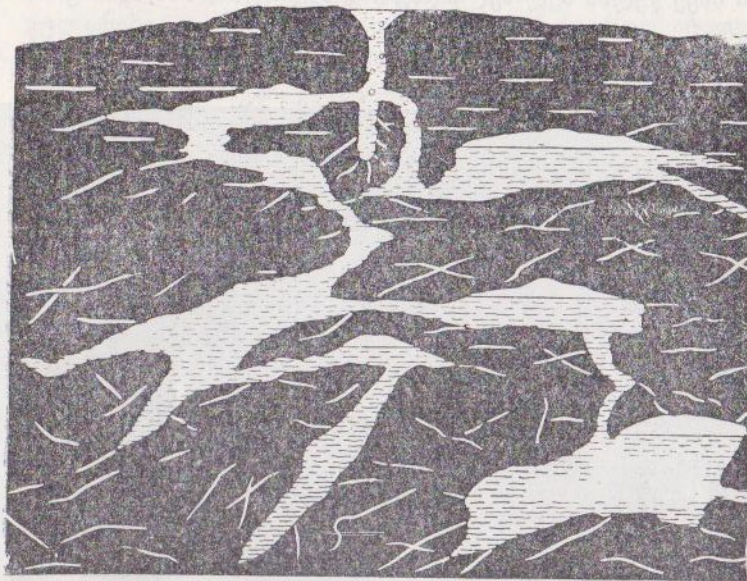


სურ. 220. გეიზერის მოქმედების დროს. ჩრდილო ამერიკა.

რის წყლის სვეტის წონას წყლის ზედაპირიდან ღრუში წყლის ზედაპირამდე გადმოსადინებელ სასულეში.

წყლის ტემპერატურა ღრუში, როგორც ვთქვით, 100°-ზე მა-

ღალია, თუმცა წყალი არ დუღს, რადგან წნევის შესაბამისად დუღილის წერტილი კიდევ უფრო მაღალი არის. მაგრამ ქვევიდან უფრო მაღალი ტემპერატურის მქონე წყალი მოდის და ღრუშიც ტემპერატურა თანდათან ზევით იწევს. ბოლოს წყლის ტემპერატურა წნევის შესატყვის დუღილის წერტილს მიაღწევს. ახლა წყალი მშვიდ



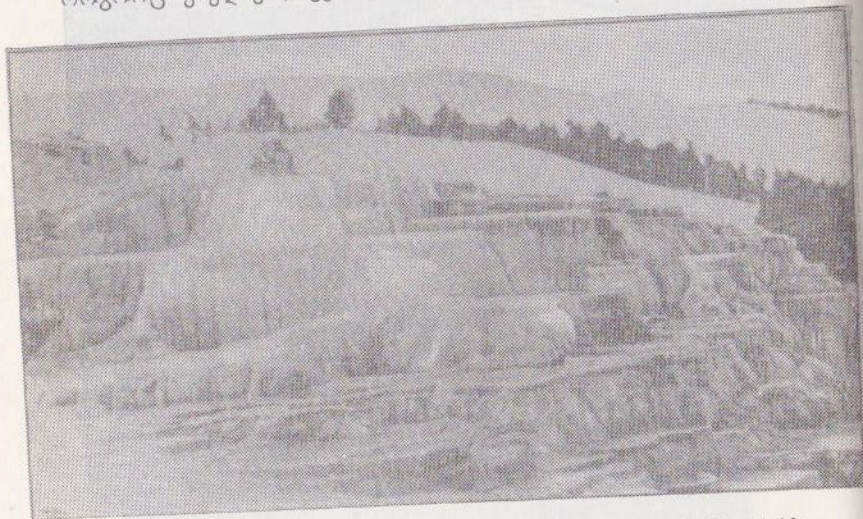
სურ. 221. გეიზერის მოქმედების მექანიზმი (სქემა). მოცემულია ერთმანეთთან დაკავშირებული მიწისქვეშა ღრუები. რომლებშიც გროვდება წყალი, ხოლო წყალს ზევით მომწყვდეულია ორთქლი.

დუღილს იწყებს. გამოყოფილი ორთქლის წნევა მილში დინებას აჩქარებს. ამის გამო ღრუში წნევა დაიკლებს, დაიკლებს შესაბამისად დუღილის ტემპერატურაც და წყლის ტემპერატურა ღრუში დუღილის წერტილს ზევით აღმოჩნდება. წყალი ზეგამთბარი გახდება. ასეთ პირობებში დუღილი უეცარმა აორთქლებამ უნდა შესცვალოს. მოხდება აფეთქება და წარმოიშობა ორთქლისა და წყლის შადრევანი.

აორთქლება, ნელი თუ ჩქარი, სითბოს მოითხოვს. ამ სითბოს მი-

წოდება წყლის ხარჯზე ხდება. წყალი ღრუში და მილში გრილდება. ამავე ღრუს ჰაერში მოძრაობისას გაცივებული შადრევნის წყალიც ნაწილობრივ უკანვე ეცემა სასულეში — ესეც მილში ტემპერატურის დაწევას იწვევს. მალე ტემპერატურა მილშიც და ღრუშიც დიდულის წერტილს ქვევით დაეცემა და შადრევანი შეწყდება. დაიწყება ისევ წყლის ნელ-ნელი დაგროვება ღრუში, თან მისი გათბობა და ა. შ.

როგორც ვხედავთ, გეიზერის მოქმედებისათვის საჭირო ენერ-



სურ. 222. გეიზერის ნალექი გეიზერის წყლის ნადინარზე.

გიის მიწოდება წყლის სითბოს სახით ხდება. წყალს კი ამ სითბოს ვულკანური კერის სიახლოე აძლევს. ეს აკავშირებს გეიზერებს ვულკანიზმთან.

გეიზერების წყალი სხვადასხვა ნივთიერებას შეიცავს გახსნილს. ზედაპირზე ამოსვლისას ვახების დაკარგვის გამო წყლის გახსნილი უნარი მცირდება და ქიმიური დალექვა იწყება. ამგვარად წარმოიშობა წყაროს ნადინებზე ზემოთ ნახსენები თავისებური კაჟოვანი მყარი ბრკე — გეიზერის ქვიშა.

პოსტვულკანურ მოვლენებს მიეკუთვნება აგრეთვე ტალახის ვულკანების ანუ სალსების¹ დიდი ნაწილი. ეს არის

¹ Salsus, ლათ. — მარილიანი.

ძირითადად მარილიანი წყლის და თიხის ტალახი, სუსტად გაზიანი, რომელიც ჩვეულებრივ მშვიდად გამოდის თიხისავე პატარა კონუსიდან. ზოგჯერ სუსტი აფეთქებაც ხდება.

ამ ტალახის ვულკანებში არ უნდა აგროთ კავკასიაში (აფშერონის და ტამანის ნახევარკუნძულები, ბაქოს მიდამოები) და ყირიმში ფართოდ გავრცელებული და კარგად ცნობილი ტალახის ვულკანები. უკანასკნელებს ვულკანიზმთან საერთო არაფერი აქვთ და დაკავშირებული არიან ძირითადად ნავთობის საბადოებთან. უხვად არის თერმები, გეიზერები და სალსები კამჩატკაზე.

ზღვასქვეშა ვულკანიზმი. ვულკანებს გეოლოგი ხმელეთზე ეცნობა, კონტინენტებზე ან კუნძულებზე. მაგრამ უექველად არის შემთხვევები, როდესაც ვულკანის მოქმედება წყალქვეშა, ზღვის ფსკერზე მიმდინარეობს. ასეთი ზღვასქვეშა ვულკანების არსებობას მოწმობს ვულკანური კუნძულები, რომელთა ზრდა ფსკერიდან, ხშირად დიდი სიღრმიდან უნდა დაწყებულიყო, როგორც, მაგალითად, ჰავაისის კუნძულების შემთხვევაში. მეორე საბუთს გეოლოგიური წარსულის დოკუმენტები იძლევიან: ხშირია შემთხვევები, როდესაც ლავის ნაკადები და ზეწრები ზღვიურ ნალექებთან მორიგეობენ და თან იმდროინდელი ნაპირისგან დაშორებით.

არის მაგალითები, თუმცა იშვიათი, როდესაც ადამიანი წყალქვეშა ამოფრქვევის უშუალო მოწამეც გამხდარა. კერძოდ, ასე იყო, როდესაც 1831 წ. ხმელთაშუა ზღვაში სიცილიასა და აფრიკას შუა პატარა ვულკანური კუნძული ამოიშართა და 120 მ სიმაღლეს მიაღწია, მაგრამ მალევე აბრაზის მსხვერპლი გახდა და წყლით დაიფარა. ინგლისელმა მეზღვაურებმა იქ თავისი დროშა ამართეს, დაეპატრონენ, როგორც აღმომჩენები, მაგრამ, შემდეგ რომ მოვიდნენ, კუნძული აღარსად იყო. ასეთი შემთხვევა რამდენიმე სხვაც არის ცნობილი წყნარ ოკეანეში, ბერინგის ზღვაში და სხვაგან.

ზღვასქვეშა ვულკანიზმის შემთხვევაში ლავის და კლასტური მასალის გაცივება უფრო ჩქარია და ამოღინებული ქანის განვითარებაც თავისებური გზით მიმდინარეობს. ზღვის მარილების გავლენით წარმოიშობა სპეციფიური მინერალები, რომელნიც ქანს დამახასიათებელ იერს აძლევენ. ამ რთულსა და მრავალი მხრით საყურადღებო მოვლენას ჰალმიროლიზს უწოდებენ. კერძოდ, ჰალმიროლიზი დიდ როლს ასრულებს ბენტონიტური თიხების განვითარებაში, როგორც არის წყალტუბოს გუმბრინი, გურიის ასკანიტი და სხ.

ვულკანური აპარატის დენუდაცია მის ზრდასთან ერთად იწ-

ლილი ვულკანები კი ახალგაზრდა ქედებთან არიან დაკავშირებული. ჯერ კიდევ განვითარების სტადიაში მყოფ ქედებთან. შემდეგ ვადა-რეცხიდან, თორემ შორეულ წარსულში ვულკანები მრავლად იყვნენ ურალზედაც და სხვა ქველ ქედებზეც. ვულკანიზმი დაკავშირებულია არა მთებთან თავისთავად, არამედ მთების წარმოშობასთან, ანუ ოროგენეზისთან. გეოლოგიური დაკვირვების ამ შედეგს დიდი მნიშ-ვნელობა აქვს. იგი გვიჩვენებს, რომ მთების წარმოშობას და ვულ-კანიზმს საერთო მიზეზები უნდა იწვევდეს და ვულკანიზმის ბუნე-ბის კვლევასაც ეს მხედველობაში უნდა გვქონდეს.

აღნიშნულ ზონებს გარეთ ახალგაზრდა ვულკანები იშვიათ მოე-ლენას წარმოადგენენ. საყურადღებოა ვულკანების ჯგუფი აღმოსავ-ლურ აფრიკაში. გამორკვეულია, რომ ისინი აღმოსავლური აფრიკის-გარანდიოზულ რღვევებთან (გრამენებთან) არიან დაკავშირებული. მასადაბე, აქაც ნათელია მჭიდრო კავშირი ვულკანიზმსა და ტექტო-გენეზს შორის.

ასეთი მოვლენა უფრო მცირე მასშტაბითაც ბევრგან შეიმჩნე-ვა. ნაპრაალური ვულკანები ხომ ტექტონიკურ რღვევას მოჰყვებიან და ხშირად არანაკლებ ცხადია ცენტრული ვულკანების კავშირიც ტექტონიკურ წყვეტასთან. მაგალითად, ჯაჟახეთის ზემოხსენებული ვულკანები სწორხაზებრივად არიან გაშტკრივებული დახლოებით მერიდონული მიმართულებით. ეს განლაგება აშკარად მოწმობს, რომ იქ იმავე მიმართულებით წყვეტა უნდა მიდიოდეს. დასკვნა იმ-დენად ბუნებრივია, რომ ასეთ შემთხვევაში გეოლოგები ვულკანე-ბის განლაგებით ასაბუთებენ წყვეტას, რომლისაც არავითარი უშუ-ალი ნიშანი ზედპირზე არ ჩანს. კავშირი ვულკანებსა და ტექტონი-კას შუა უმეტესად არის.

ეფუზიური და ინტრუზიული ვულკანიზმი. მაგმატიზმი.

რასაც ჩვენ აქ ვულკანიზმის სახელით ვაგვეცანით, მთელი ვულკანიზ-მი არ არის. ზედპირის ვულკანები ლავის და მისი პროდუქტების ამონახევრას ჰგულისხმობენ, ზოგჯერ ლავის მშვიდი ამოდინების (მაუნა ლა), ზოგჯერ მეტად თუ ნაკლებად ძლიერი აფეთქების სა-ხით. ეს იქნება ეფუზიონი¹. მაგრამ მიწის ქერქში აღმავალმა ლავამ შეიძლება ზედპირამდე ვერ მოაღწიოს და წარმოშვას შტო-ქი, ძარღვი და მისთანები. ამას უწოდებენ ინტრუზიონი². ნა-

¹ Effusio, ლათ.—გადმოდვრა.

² Intrudere, ლათ.—შეჩრა, შეჭრობა.

თელია, რომ ეს ორი მოძრაობა მჭიდროდ არის ერთმორიგეთან-დაკავშირებული, იმდენად მჭიდროდ, რომ, თუ ვულკანი გადარეცხი-ლი არის, ძნელი სათქმელია, დარჩენილი ნიკი ინტრუზიული ძარ-ღვი არის, თუ ვულკანის ყელი. მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ნიკის ზედა ნაწილში აფეთქებითი ბრეჩია გადარჩენილია, შესაძლებელია უშუალო დასკვნა, რომ ვულკანის ყელთან გვაქვს საქმე.

ინტრუზიული სქეულებს (სხვადასხვა სახის ძარღვებს, შტოებს, ლავოლოებს) ზემოთ ვაგვეცანით. მოაწევს, თუ არა, ინტრუზია მი-წის ზედპირამდე (და მასადაბე გადავა; თუ არა, ეფუზიონია), ეს დამოკიდებულია ლავის ენერგიაზე, სათანადო უბნის შედგენილო-ბასა და ავტოტელუბაზე და თვით ლავის მეტ-ნაკლებ მოძრაობაზე. ში-ძლება ისიც მოხდეს, რომ ზღანტმა მყავე ლავამ ზედპირს კი მოაღ-წიოს, მაგრამ იქ ეფუზია კი არ მოგვეცეს, ამობურცის ზევით გუშ-ბათის სახით (სურ. 208) ან მონ-ველეს ობელიკისებურად. ეს იქნე-ბა ექსტრუზიონი¹.

ყველა შემთხვევაში, ეფუზიასთან გვექნება საქმე თუ ინტრუ-ზიასთან, ეს არის მდნარი მასალის მოძრაობა. ამ მასალას მაგმა² უწოდებენ. ლავა იგივე მგმა არის, ოღონ ზედპირზე ამოსული და მეტ-ნაკლებად გაცივებული. მეორე მხრივ მაგმაში უზეად არის გახსნილი სხვადასხვა გაზები. გაცივება და (ან) წნევის შემცირება კი ამ გაზების გამოყოფას იწვევს. ამიტომ ლავა დედა-მაგმასთან შედარებით ძლიერ გადარბეხულია გაზებით.

ამგვარად, ინტრუზიული და ეფუზიური მოვლენები მაგმური ენერჯის გამოვლინებას წარმოადგენენ, ორივე მაგმატიზმის გამთავლებება არის. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ფართოდ ვაგე-ბული ვულკანიზმი იკავებს ორივეს ჰგულისხმობს, ინტრუზიულ და ეფუზიურ მოქმედებას, თუმცა ხშირად, ვულკანიზმს რომ იტყვიან, მხოლოდ ეფუზიურ აქტივობას ჰგულისხმობენ.

სად არის მოთავსებული თვით მაგმა², რომელიც ვულკანიზმს ასაზრდოებს? ამ კითხვაზე დაბეჯითებითი პასუხის გაცემა ჯერჯე-რობით მიუძღვის. წინათ ფიქრობდნენ, რომ მაგმა ქერქს ქვეშ არის მოთავსებული უწყვეტ ფენად მთელი მიწის გარშემო. თან ჰგულისხმობდნენ, რომ ასეთი ფენა ორი არის, ერთი ფუძე, და-ალღებით ბაზალტური, და მეორე მყავე, დაახლოებით გრანიტუ-

¹ Extrudere ლათ.— ამოძრობა.

² მაგმა, ბერძნ.— მლანძი რამ მალამი.

ლი. შემდეგ ერთი ფუძე მაგმის წარმოდგენაზე შეჩერდნენ. ფიქრობდნენ, რომ მყავე მაგმას მისი განვითარება-დანაწილება ახუღაფერენციაცია უნდა იძლეოდესო.

ახლა ბევრი ვარაუდობს, რომ ერთიანი მაგმური ფენა საერთოდ არ არსებობს. მაგმის წარმოშობა, ე. ი. მყარი მასის გაღობა, ხან სად მოხდება და ხან სად. ამგვარად, ჩნდება მაგმური, ანუ ვულკანური კერა და იწყება ვულკანური აქტივობა. კერა შეიძლება გაჩნდეს სხვადასხვა სიღრმეზე, როგორც ქერქს ქვეშ, ისე თვით ქერქში. მაშასადამე, არის ღრმად და მარჩხად მდებარე კერები, ზოგი დიდი და ზოგი პატარა. მაგმური კერების ჰიპოთეზის სასარგებლოდ სხვადასხვა მოსაზრებას ასახელებენ: 1. ვულკანური აქტივობა, სადაც კი ეიცნობთ მას, ყოველთვის მეტად თუ ნაკლებად ხანგრძლივი დროის შემდეგ შენელებულა. ეს ისე უნდა გავიგოთ, რომ მაგმის მარაგი გამოილია, რაც შეუძლებელი იქნებოდა, მაგმის წყარო რომ ერთიანი, პლანეტური იყოს. 2. ხშირად მეზობელი ვულკანები და ერთი და იგივე ვულკანიც სხვადასხვა დროს სხვადასხვა შედგენილობის ლავას იძლევა. ასეთი სხვადასხვაობა სივრცეში და ასეთი ჩქარი ცვლა დროში ერთიანი მაგმური ფენის შემთხვევაში ძნელი დასაშვებიათ, და სხ. ეს კია, რომ მაგმური „კერა“ უზარმაზარ ფართობზეც შეიძლება ვრცელდებოდეს. ამის სასარგებლოდ მეტყველებს დიდი რეგიონების მაგმის ზოგჯერ საერთო თავისებურებები და მისი განვითარება-დიფერენციაციის ერთობლივი ხასიათი მთელ ამ ტერიტორიაზე.

ვულკანიზმის გეოლოგიური მნიშვნელობა მრავალგვარია და ძლიერ დიდი. პირველ რიგში უნდა აღინიშნოს, რომ ვულკანური ქანები მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ მიწის ქერქის აგებულებაში. ეფუზიურ ტრაპებს¹ დეკანის პლატოზე ინდოეთში 750 000 კმ² ფართობი უჭირავს, ხოლო შუა ციმბირში — 1 500 000 კმ². საქართველოში ლავებით არის დაფარული წალკა, ჯავახეთი, ყელის პლატო ჯვარის გადასავალთან და სხვა. საერთო ჯამში ნაკლები არ არის ინტრუზიული ვულკანური ქანების გავრცელება. ეს მიწის ზედაპირზე და ასევე მნიშვნელოვანია ვულკანური ქანების წილი ძველ გეოლოგიურ ფორმაციებში, რომელნიც დღეს დამარხული არიან უფრო ახალგაზრდა საფარს ქვეშ.

უპირველეს ყოვლისა, უნდა მოვიხსენიოთ ლავური ზეწრები და

¹ Trapp, შვედური — ფუძე ერუბტიული ქანებია.

ნაკადები. ესენი აგებული არიან გაცივებული ლავებით და ჩვეულებრივ ერთგვაროვანი ტექსტურა აქვთ. ზოგჯერ კი გამოირჩევა ლავური ბრექჩია. ეს უკანასკნელი წარმოიშობა, როდესაც ლავის დინება წარმოიტაცებს უკვე გაცივებული ლავის და შემცველი ქანების ნამსხვრევებს და გაცივდება როგორც ბრექჩია. ასეთ ქანში ლავა ცემენტის როლს თამაშობს და ქანის წარმოშობისას ეს ცემენტი გამდნარი უნდა ყოფილიყო. როგორც დავინახეთ, ლავური ბრექჩია შეიძლება წარმოიშვას მამინაც, თუ ლავის მდინარე ნაკადს მყარი ქერქი გაუჩნდა და ლავის შემდეგმა დინებამ ეს ქერქი დაამტვრია და თან წაიტანა.

სხვა შემთხვევაში ისევე ლავისა და წატაცებული ქანების ბრექჩია შეიძლება გვეჩვენდეს, მაგრამ ცემენტის როლს ლაპილი, ვულკანური ქვიშა და ფერფლი თამაშობდეს. ამაზედ იტყვიან ტუფბრექჩიაო ან ვულკანური ბრექჩიაო.

ვულკანური ბრექჩია მსხვილი კლასტური მასალისაგან (ბელტები, ბომბები და მისთანანი) შედგება და ვულკანის უშუალო სიახლოვეში წარმოიშობა. წვრილი და წმინდა მასალა, კერძოდ, ფერფლი, შეუდარებლად უფრო შორს ვრცელდება და ილექება თხელი ან სქელი ფენის სახით იმის მიხედვით, თუ რამდენია მასალა და რამდენად დაშორებულია დალექვის ადგილი ვულკანურ ცენტრს. წყლისა და წნევის გავლენით ნალექი შემტკიცდება და წარმოიშობა ქანი, რომელსაც ტუფს უწოდებენ. როდესაც დაგროვება ხმელეთზე ხდება, შეიძლება მასალა ნაწილობრივ ან მთლიანად გადაირეცხოს. გადარჩენილი ნალექი არაშრეებრივი იქნება. იმგვარივე მასალა შეიძლება ტბაში ან ზღვაში მოხვდეს. მაშინ წმინდაშრეებრივი ტუფი წარმოიშობა.

ტუფები, ცხადია, შედარებით მრავალგვარი არიან. იმის მიხედვით, თუ როგორია დედა-მაგმის შედგენილობა, სხვადასხვაგვარი იქნება მარცვლის სიმსხოც, მაგრამ, გარდა ამისა, მასში ვულკანურის გვერდით ყოველთვის იქნება ნორმული ნალექების მინარევი. საკუთრივ ტუფში ასეთი მინარევი უმნიშვნელოა, ხოლო როდესაც მისი ოდენობა იმდენად გაიზარდება, რომ ათიოდე პროცენტს გადააჭარბებს, მაშინ ქანს უკვე ტუფიტს უწოდებენ. ტუფიტების მრავალგვარობა კიდევ უფრო დიდია, ვიდრე ტუფებისა.

დასასრულ, როდესაც მინარევი ნახევარზე მეტია, ქანს ტუფოგენურს ეტყვიან. არის ტუფოგენური კონგლომერატები, ქვიშაქვები, თიხები და ფიქლები. ასეთი ქანების განვითარება განსაკუთ-

რებით მაშინ არის დიდი, თუ ვულკანური მასალის დაღეჭვა წყალ-ქვეშ ხდება, ზღვაში ან ტბაში.

ლავეები, ტუფები, ტუფიტები ვულკანოგენური წარმონაქმნები არიან. როდესაც ტუფოგენური ნალექები ან ვულკანოგენური და



სურ. 225. ვულკანური ტუფი. აღსანიშნავია ვულკანის აქტივობის ცალკეული პაროქსიზმებით გამოწვეული მკაფიო შრეებრივობა. მექსიკა.

ნორმული დანალექი ფენების მორიგეობა გვაქვს, ეს იქნება დანალექ-ვულკანოგენური წყებები, რომელნიც დად როლს თამაშობენ მიწის ქერქის აგებულებაში. საქართველოში იურული, ცარცული და მესამეული სისტემების მნიშვნელოვანი ნაწილი ასეთი წყებებისაგან შედგება.

ვულკანიზმის პრაქტიკული მნიშვნელობაც ადამიანისათვის

ძლიერ დიდია. დავიწყით იმით, რომ, რაკი ვულკანიზმი ხშირად საზარელ კატასტროფებს იწვევს, შეიძლება გვეფიქრა, რომ მოსახლეობა ვულკანურ მხარეებს უნდა გაუბრბოდეს. სინამდვილეში ვულკანების, მათ შორის მოქმედი ვულკანების მიდამოები განსაკუთრებით მჭიდროდ არის დასახლებული. ამის მიზეზი იმაში მდგომარეობს, რომ ლავეებზე და ტუფებზე ძლიერ ნაყოფიერი ნიადაგები ვითარდებიან და სათანადოდ იზიდავენ სოფლის მეურნეს.

შემდეგ უნდა აღინიშნოს, რომ ვულკანურ ქანებთან, განსაკუთრებით ინტრუზივებთან, დაკავშირებულია სხვადასხვა გამადნება, რომელთა გამოყენება სამთო მრეწველობის საფუძველს წარმოადგენს.

დასასრულ, თვით ვულკანოგენური ქანები მრავალ შემთხვევაში ძვირფას საშენს და ტექნოლოგიურ მასალას იძლევიან.

ზოგი შეკითხვა და რჩევა

ასწერეთ ვეზუვის აფეთქება 79 წელს. რატომ იყო ეს აფეთქება მოულოდნელი? რა არის ვულკანიზმი? ჩამოსთვალეთ და დაახასიათეთ ვულკანიზმის პროდუქტები (მყარი, თხევადი, გაზებრივი). რის მიხედვით არჩევენ სხვადასხვა ლავას?

ასწერეთ ვულკანური აპარატი. რა არის კალდერა? პარაზიტული ვულკანი, დიატრემა? რა არის ვულკანის ყელი, კრატერი? საიდან ჩანს რომ, ვულკანური აპარატი ზევიდან არის დაშენებული და არა ქვევიდან ამოზნექილი?

ასწერეთ ვულკანების ტიპები, პოსტვულკანური მოვლენები. რატომ არის აუცილებელი გეიზერის მოქმედებისათვის სადინებელი მილის გარდა მიწასქვეშა ღრუები? რა არის გეიზერიტი?

რა არის სალსები? იგივეა თუ არა აზერბაიჯანის ტალახის ვულკანები?

რა არის ზღვასქვეშა ვულკანიზმი? ცუნამი?

ასწერეთ ვულკანის დენუდაცია ხმელეთზე, ზღვაში.

როგორი არის მოქმედი და ჩამქრალი ახალგაზრდა ვულკანების გეოგრაფიული განაწილება? რა დასკვნა უნდა გამოვიტანოთ აქედან?

რა იწვევს ვულკანის აფეთქებას? რატომ არის ვულკანის მოქმედება წყვეტილი?

რით განსხვავდება ეფუზიური და ინტრუზიული ვულკანიზმი? დაახველეთ მაგალითები. ვულკანის კერა და მისი მდებარეობა

განსაზღვრეთ მაგმატიზმი და ვულკანიზმი.

ასწერეთ ვულკანოგენური ნალექები.

მიწისძვრების ბუნება და სხვადასხვაობა. შეჩვეული ვართ გრძნობას, რომ, თუ რაიმე არის ჩვენს გარშემო მკვიდრი, ურყევი და დასაძლობი, ეს არის მიწა. და მოხდება ხოლმე, რომ სწორედ მიწა იძვრის. ეს ხალხში ინსტინქტურ პანიკას იწვევს. ოდნავ ძლიერი მიწისძვრის დროს მძინარენი იღვიძებენ, ყველანი ანგარიშმიუცემლად გარეთ გამოვლიან. და მსგავსია ცხოველების ქცევა: მოწმეების თქმით ძაღლები წუწკუნით ტახტებქვეშ ძვრებიან. ცხენები აიწყვეტენ და თავლიდან გარეთ გამოვარდებიან, ფრინველები აფორიაქდებიან...

მაგრამ მიწა ხომ წარა-მარა ზანზარობს. საკმაოა, ქუჩაში ტრამვაის ვაგონებმა გაიაროს, რათა ეს ვიგრძნოთ. იგივე მოხდება, თუ სროლის დროს საარტილერიო მოედანზე ვიმყოფებით. მაგრამ მიწის ასეთ მოძრაობას მიწისძვრას არ ვეტყვი.

ეგებ მოძრაობის სიძლიერეს ჰქონდეს გადამწყვეტი მნიშვნელობა? მაგრამ არც ეს არის. ცნობილია უდავო მიწისძვრები, რომელნიც იმდენად სუსტი არიან, რომ ადამიანი მათ ვერც კი ამჩნევს. მიწისძვრა მიწის ბუნებრივი ძალებით გამოწვეული მოძრაობას ჰგულისხმობს.

მაგრამ წარმოვიდგინოთ, რომ მთაში ზვავი მოწყდა და ქვევით ჩაენარცხა. ეს ბუნებრივი მოვლენა იმ მიდამოში მიწას შეარყევს და მაინც მიწისძვრას არც ამაზე იტყვიან. მიწისძვრის მიზეზი მიწას ქვეშ უნდა იყოს, უშუალო დაკვირვებისათვის მიუწვდომელი. მაგალითად, იგივე ზვავი თუ კლდის მოწყვეტა მიწას ქვეშ რომ მოხდეს რაიმე გამოქვაბულში, მიწის შეარყევა, მის მიერ გამოწვეული, მიწისძვრა იქნება. მიწისძვრის მიზეზი მიწის შიგნით იგივე იგულისხმება.

თითქო ყველაფერი ნათელია და მაინც აქაც წინააღმდეგობას ვეჯახებით. ზუსტი გაზომვები გვეუბნება, რომ სკანდინავია ნელ-ნელა ზევით იწევს: მიწის უეჭველი მოძრაობაა, შინაგანი ძალებით გამოწვეული, მაგრამ არავითარ შემთხვევაში—მიწისძვრა. იგივე იტქმის კავკასიონზე და მიწის ზედაპირის სხვა ადგილებზე. მიწისძვრა ეტქმის არა მიწის მოძრაობას თავისთავად, არამედ მის უეცარ შეძვრას.

მიწისძვრა ეწოდება მიწის უეცარ შეარყევას, რომლის მიზეზი ბუნებრივია და მიწას ქვეშ

მდებარეობს. ამის მიხედვით მყარი მიწის აწევ-დაწევა მთარისა და მზის გავლენით, ე. ი. მყარი მიწის მიმოქცევა, მიწისძვრა არ არის. სამაგიეროდ, როდესაც მყარი მიწის უეცარი შეძვრა ზღვის წყალსაც გადაეცემა, ეს იგივე მიწისძვრა იქნება, მხოლოდ მას ამ შემთხვევაში ზღვისძვრას უწოდებენ.

მიწისძვრის აღსანიშნავად იხმარება აგრეთვე ბერძნული ტერმინი სეისმოს. მეცნიერული დისციპლინა, რომლის ამოცანა არის მიწისძვრების შესწავლა, იქნება სეისმოლოგია.

რამდენიმე მაგალითი. მაინც მიწისძვრა ისეთი რამ არ არის, რომ მისი გამოცნობა ჭირდეს, არც იშვიათია ეს მოვლენა და თანაც ხშირად მას საზარელი შედეგები მოსდევს. ამიტომ ისეთი მიწისძვრების რიცხვი, რომელნიც დაწვრილებით არიან აწერილი, ძლიერ დიდი არის. დავსახელოთ მხოლოდ რამდენიმე მაგალითი უკეთ ცნობილთაგან.

1906 წლის აპრილის 18-ს დილის 5 საათზე ქალაქ სან-ფრანცისკოს (ჩრდილო ამერიკა) მცხოვრებნი საშინელმა ბიძგმა გამოადვიდა. ზოგი პირდაპირ საწოლიდან გადმოვდო. ზოგ სახლს ცალი კედელი ჩამოენგრა და ხალხი საცვლების ამარა გამოცვივდა გარეთ, სხვან კი შენობები მთლიანად დაინგრა და მცხოვრებნი ნანგრევებში დაიმარხნენ. ელექტროგაყვანილობა, გაზსადენი, წყალსადენის მაგისტრალები დაწყდა. გაჩნდა ხანძარი და უწყლობის პირობებში მის წინააღმდეგ ბრძოლა არსებითად შეუძლებელი იყო. ცეცხლი რამდენიმე დღეს ბობოქრობდა და ქალაქს უდიდესი ზიანი სწორედ მან მიაყენა და არა უშუალოდ მიწისძვრამ, რომელიც მხოლოდ რამდენიმე წუთს გრძელდებოდა. დახოცილთა რიცხვს რამდენიმე ასეულს ანგარიშობენ, ხოლო ნივთიერი ზარალი რამდენამე ასეულ მილიონ დოლარს უდრიდა.

ორი წლის შემდეგ, 1908 წლის ბოლოს, მსგავსი კატასტროფათავს დაატყდა ქალ. ნეისინას. ეს ქალაქი სიცილიის აღმოსავლურ კიდეზე მდებარეობს მესინის სრუტის ნაპირზე. სრუტის მეორე ნაპირზე მოთავსებულია კალაბრიის ქალაქი რეგო. მიწისძვრამ ორივე ქალაქი გაანადგურა. ამ მიწისძვრის გამო ბევრი ლაპარაკი იყო ე. წ. სეისმური ტალღის შესახებ, რომელიც მიწისძვრის დამახასიათებელი არის ზღვისპირა ადგილებში: ჯერ ზღვამ უკან დაიხია და ნაპირი გაამიშვლა, ხოლო შემდეგ მობრუნდა 12 მეტრის

¹ „სეისმოს“, ბერძნ. — რყევა, მიწისძვრა.

სიმაღლე უზარმაზარი ტალღის სახით და მუსრი გაავლო, რასაც კი მისწვდა.

ასეთი ტალღა, რომელსაც იაპონელები ცუნამის უწოდებენ, აშკარად მიწის შერყევის შედეგი არის და განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობს ლისაბონის ცნობილი მიწისძვრის შემდეგ. ეს მიწისძვრა 1755 წ. მოხდა. დასაწყისშივე ზღვა ოკეანისკენ მიიქცა და პორტი თითქმის გააშინვლა. გემები ღუზას მოსწყვიტა და გაიტაცა. შემდეგ წყალი უკან შემობრუნდა 15—16 მეტრის სიმაღლე ტალღის სახით. ახლა ნაგები და გემები ხმელეთზე გადაისროლა ნაფოტებივით. ქალაქიც ერთიანად წალეკა. როგორც გადმოგვცემენ, 60 000 ადამიანი დაიღუპა.

თუ ისევ მეოცე საუკუნეს დავუბრუნდებით, შეიძლება აღვნიშნოთ იაპონიის (ტოკიოს) 1923 წლის მიწისძვრა. ამ წლის სექტემბრის 1-ს ტოკიოში და უფრო კიდევ იოკოჰამაში ჯერ მიწისქვეშა ყრუ გუგუნი გაისმოდა, რომელიც უფრო და უფრო ძლიერდებოდა. შემდეგ ამას მოჰყვა ძლიერი ბიძგები. მიწის ზედაპირი ქანაობდა პორიზონტალურად და ვერტიკალურად. ზღვაში თავი იჩინა სეისმურმა ტალღამაც. ამ საზარელმა მიწისძვრამ 140 000 ადამიანი იმსხვერპლა, ხოლო ნივთიერმა ზარალმა 3 მილიარდ დოლარამდე მიაღწია.

1950 წლის აგვისტოში დიდი მიწისძვრა მოხდა ასამში, ინდოეთის ჩრდილო-აღმოსავლეთით. ეგებ ეს იყოს უძლიერესი ყველა ცნობილ მიწისძვრათაგან. აქაც ჯერ მიწისქვეშა ყრუ გრვენივა გაისმოდა. ამას მოჰყვა ძლიერი ბიძგები, რომელნიც 5—6 წუთს გაგრძელდნენ. შემდეგ მიწისძვრა შეწყდა, მაგრამ ორი კვირის მანძილზე რამოდენიმეჯერ გამეორდა. ამაზედ იტყვიან, მიწისძვრა გუნდური იყო. ასეთ შემთხვევებში ზოგჯერ მკაფიოდ გაირჩევა მთავარი ბიძგი ან ბიძგები და მომყოლი ბიძგები.

1948 წლის ოქტომბრის 5-ს დიდი მიწისძვრა მოხდა აშხაბადში კაბეტ-დაღის კალთებზე. ქალაქში ნაგებობათა დიდი ნაწილი დაინგრა. მიწაში წარმოიშვა ნაპრალები და წყვეტები, რომელთა გასწვრივ ვერტიკალური გადაადგილება ზოგჯერ 1 მეტრამდე აღწევდა. ნაპრალებიდან ზოგან წყალი წამოვიდა, ზოგან წყლიანი ქვიშა-თიხის ამოწებერვა ხდებოდა. გაჩნდა პაწია ტალახის ვულკანები. მალლობებიდან მოწყდა ზვავ-მეწყურები. მომყოლი ბიძგები 6 წლის განმავლობაში მეორდებოდა.

გუნდური ხასიათი კიდევ უკეთ იყო გამოხატული ჩილის უკა-

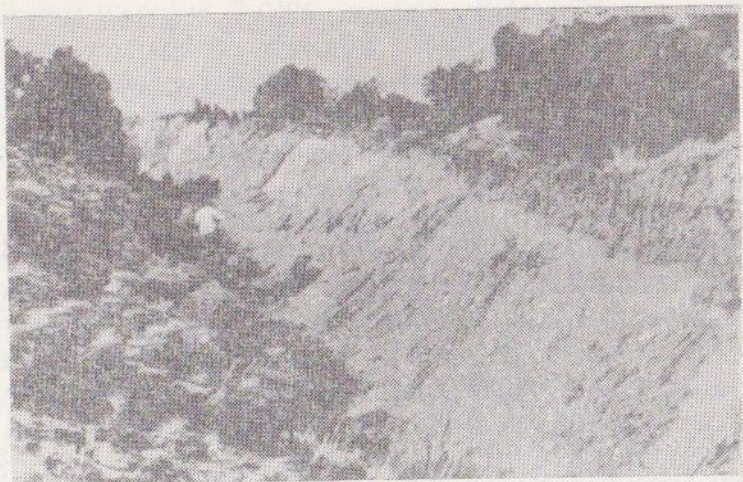
ნასკნელ დიდ მიწისძვრაში, რომელიც 1960 წ. მაისის 21-ს დაიწყო. 11 დღის მანძილზე 40 ძლიერი მიწისძვრა მოჰყვა ერთიმეორეს. 2000 კაცამდე დაიღუპა და ზარალმა ნახევარ მილიარდ დოლარამდე მიაღწია. დასაწყისშივე თავი იჩინა ძლიერმა ცუნამიმ, ხმელეთზე კი წარმოიშობოდა დიდი ნაპრალები, ხდებოდა უზარმაზარი ზვავების მოწყვეტა ანდებში.

ჩამოთვლილი მაგალითები ერთგვარ წარმოდგენას იძლევა კატასტროფული მიწისძვრების შესახებ. დაღუპულთა რაოდენობას და ნივთიერი დაზარალების სიდიდეს სწორედ მიწისძვრის სიძლიერის დასასურათებლად აღნიშნავენ, მაგრამ ეს ნიშანი ზუსტი როლი არის. უაღრესად ძლიერი მიწისძვრა უდაბურ მხარეში შეიძლება ისე ჩატარდეს, რომ ერთი კაციც არსად დააზიანოს, ხოლო მჭიდროდ დასახლებულ ქვეყანაში ნაკლებად ძლიერ მიწისძვრასაც კი შეიძლება უზარმაზარი უბედურება მოჰყვეს. ასე იყო, რომ 1556 წელში ჩინეთში მომხდარმა მიწისძვრამ, როგორც ამბობენ, 830 000 ადამიანი იმსხვერპლა.

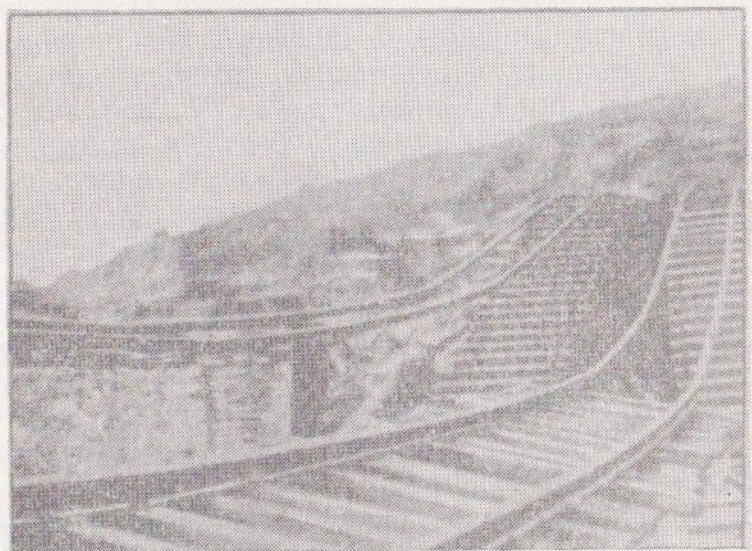
რა თქმა უნდა, მიწისძვრებს წმინდა გეოლოგიური შედეგებიც მოსდევს. მთიან მხარეებში ერთი ასეთი იქნება ზვავების და მეწყურების დაძვრა. გრანდიოზული მასების გადაადგილება შეიძლება მოხდეს. ზვავ-მეწყურები წარმოიშობა წყალქვეშაც, ზღვაში, როგორც ეს ტოკიოს მიწისძვრის დროს დაადასტურეს არაერთ ადგილას.

წარმოიშობა მეტად თუ ნაკლებად გამწე ნაპრალები, რომელთა გასწვრივ ხშირია გადაადგილებაც, ვერტიკალური თუ პორიზონტული და ზოგჯერ ბრუნვითიც (სურ. 226). ასეთი გადაადგილება განსაკუთრებით მკვეთრად გამოჩანს, როდესაც იგი გზას ან მდინარის კალაპოტს ჰკვეთს (სურ. 227, 228). თუ მსგავს ნაპრალებს მივიღებთ მხედველობაში, გასაგები გახდება, რომ ზოგი წყარო შეიძლება ნაწილობრივ ან მთლიანად დაშრეს და ზოგი სხვა ახლად გაჩნდეს იქ, სადაც მანამდე არავითარი წყარო არ ყოფილა. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მოხდება ხოლმე ისიც, რომ წყლის ნაცვლად წყლიანი ლაფი ამოიწებროს და პაწია ტალახის ვულკანები წარმოიშვას (სურ. 229). შესაძლებელია ტბის წარმოშობაც, მაგალითად, მეწყურული დაგუბების შედეგად.

რაც შეეხება მიწისძვრების სიძლიერეს, იგი ფართო ფარგლებში ცვალებადობს. დიდი უმეტესობა იმდენად სუსტია, რომ ადამიანი მათ ვერც კი ამჩნევს. მათი არსებობა მხოლოდ უაღრესად გრძობიერი იარაღების საშუალებით არის დადგენილი. ასეთ ძვრებს მი-



სურ. 226. ნასხლეტი. მიწისძვრის შედეგად წარმოშობილი.



სურ. 227. მიწისძვრის მიერ დაგრეხილი რკინიგზა. იაპონია, ტოკიოს მიდამო.



სურ. 228. მიწისძვრისას გაწყვეტილი მდინარე. სან-ანდრესის განსხვავებული კალიფორნიაში.



სურ. 229. ტალახის ვულკანები. მიწისძვრისას გამოწვეული.

კროსეისმებს უწოდებენ. ამთ გვერდით არის მეტად თუ ნაკლებად ძლიერი მიწისძვრები, რომელთა ზოგი მაგალითი ზემოთ მოვიხსენიეთ.

მიწისძვრის ძალა. ადამიანი იმთავითვე ცდილობდა მიწისძვრის ძალა როგორმე გამოეხატა. მაგრამ ეს მეტად ძნელი საქმე იყო, თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ უშუალო დამსწრეს უძლიერეს მიწისძვრად სწორედ მის მიერ ნახული მიაჩნია. მაინც ცდილობდნენ ისეთი ობიექტური ნიშნები გამოენახათ, რომ საკითხის გარკვევა დამშვიდებით ყოფილიყო შესაძლებელი მიწისძვრის შემდეგაც. ამგვარად იქნა შემუშავებული თორმეტბალიანი სკალა¹, რომელსაც იტალიელი სეისმოლოგის მერკალის სახელით აღნიშნავენ. ეს სკალა მიწისძვრის ძალის მიახლოებული დახარისხების საშუალებას იძლევა მხოლოდ, მაგრამ მას მაინც დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

მიწისძვრის სიძლიერეთა სკალა

1. შეუმჩნეველი ანუ მიკროსეისმი. აღინიშნება მხოლოდ იარაღებით.

2. ძლიერ სუსტი. აღინიშნება იარაღებით. შეიმჩნევა უძრავად მყოფი ზოგი ადამიანის მიერ.

3. სუსტი. ამჩნევს მოსახლეობის მცირე ნაწილი.

4. ზომიერი. შინ მყოფი მეტი წილი ამჩნევს, ზოგი მძინარეც იღვიძებს; ფანჯრების ნინები ზანზარებენ; დაკიდებული საგნები ქანაობას იწყებენ.

5. საკმაოდ ძლიერი. შინ მყოფი ყველა გრძნობს, ვარეთ — ბევრი; ზოგი შინიდან გარეთ გამორბის; დაკიდებული საგნები ქანაობენ, დარაბები იღებიან.

6. ძლიერი. გრძნობს ყველა, ბევრი ქუჩაში ვარბის; თაროებიდან საგნები ცვივა, კედლების თუ ჭერის ნალესში მცირე ბზარები ჩნდება, წყალი ჭურჭლიდან გადმოიშხეფება.

7. მეტად ძლიერი. ავეჯი დაიძვრის და კიდევ წაიქცევა; ტბებში, მდინარეებში წყალი იმღვრევა; ცუდად ნაგები შენობების ზოგი რამ, მაგ. საკვამლე მიწები, ინგრევა.

¹ Scala, ლათ. — კიბე.

8. დამანგრეველი. კარგად ნაგები ქვის შენობებიც ზიანდებიან.

9. გამანადგურებელი. ქვის შენობები ინგრევიან ან სერიოზულად ზიანდებიან. კარგად ნაგები ხის შენობები მცირე ზიანს განიცდიან.

10. ამაოხრებელი. ჩნდება ნაპრალები მიწაში. დაიძვრის ზეავეები, ქვის შენობები ინგრევა.

11. კატასტროფული. ნაპრალების და ზეავ-მეწყურების დიდი განვითარება. ქვის შენობების სრული განადგურება.

12. დიდი კატასტროფა. ვერც ერთი ნაგებობა ვერ უძლებს.

მიწისძვრათა სიძლიერის ამ სკალის თვალის გადავლება წამსვე გვიჩვენებს, თუ რამდენად შორს არის იგი სიზუსტისაგან, მაგრამ მთავარი ეს არ არის. ძლიერი მიწისძვრების აწერიდან ჩვენ ვტყობილობთ, რომ ისინი მრავალი ასიათასი კვადრატული კილომეტრის ფართობზე ვრცელდებიან. არის ისეთი შემთხვევებიც, როდესაც ერთი და იგივე მიწისძვრა მთელი მიწის ზედაპირზე აღინიშნება. ვთქვათ, ეს 10 ბალიანი მიწისძვრაა. როგორ უნდა გავიგოთ ეს? მთელ ამ ფართობზე მიწის შერყევის ძალა 10 ბალის შესატყვისი იქნება?

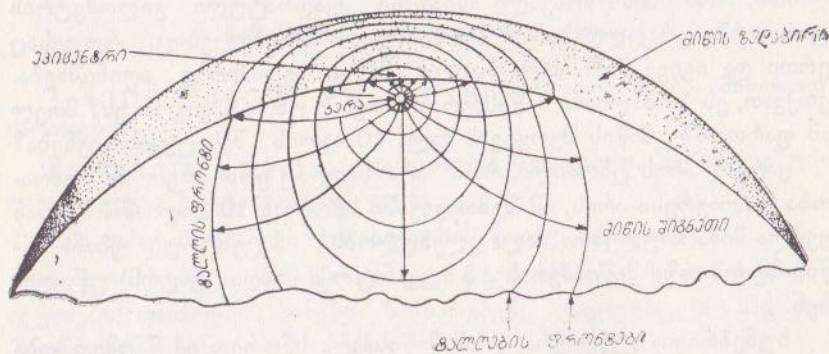
კარგად არის ცნობილი, რომ არა. სადღაც ერთ ადგილას მოძრაობა უძლიერესი არის, ამ შემთხვევაში სწორედ 10 ბალიანი. აქედან ყველა მიმართულებით ძალა კლებულობს. ამ ცენტრულ უბანს მიწის ზედაპირზე მიწისძვრის ეპიცენტრს (ზედა ცენტრს) უწოდებენ.

ბუნებრივია გვეფიქრა, რომ მიწისძვრა სწორედ იქ წარმოიშობა და იქიდან ვრცელდება ყველა მიმართულებით. ასეთ შემთხვევაში მიწისძვრისათვის საჭირო ენერგიას ეპიცენტრი უნდა იძლეოდეს. იმავე დროს, რაც უფრო შორს ეპიცენტრიდან, მით უფრო დიდი იქნება მასა, რომელიც იძვრის, იმდენადვე ნაკლები ენერგია ხვდება მასის ერთეულს და იმდენადვე სუსტი იქნება მოძრაობა. მოძრაობის თანდათან შესუსტებას გამოიწვევს შინაგანი ხახუნიც.

ასეთ წარმოდგენას თითქო სავესებით ადასტურებს მეორე გარემოება: ზუსტი გაზომვების შედეგად დადგენილი არის, რომ მიწისძვრა ყველგან ერთდროული როდია: უპირველესად ყოვლისა, იგი შეიმჩნევა ეპიცენტრში და შემდეგ მით უფრო გვიან, რაც უფრო შორს არის აღებული წერტილი ეპიცენტრიდან. მაშასადამე, მოძრაობა თითქო მართლაც ეპიცენტრიდან უნდა ვრცელდებოდეს.

მაგრამ გამოირკვა, რომ სინამდვილე მთლად ასეთი არ არის. თვით ეპიცენტრში მოძრაობა სიღრმიდან მოდის და, ცხადია, გარკვეული დაგვიანებით. გარკვეულ სიღრმეზე არის წერტილი ანუ, უკეთ, უბანი, სადაც მიწისძვრა იწყება და სადაც იგი უძლიერესია. ამ უბანს **ჰიპოცენტრი** (ქვედა ცენტრი) ჰქვია. ეს არის მიწისძვრის ნამდვილი კერა, ანუ ფოკუსი, მისი ნამდვილი საწყისი.

მიწისძვრის ლოკალიზაცია არსებითად კერის (ჰიპოცენტრის) მდებარეობის განსაზღვრას ნიშნავს, ხოლო, თუ ვიცით კერის მდებარეობა, ამით განსაზღვრულია ეპიცენტრის მდებარეობაც. მართლაც, ზედაპირს მიწისძვრა ყველაზე ადრე ეპიცენტრში აღწევს. ეს იმას ნიშნავს, რომ მანძილი კერიდან ზედაპირამდე უმოკლესი სწორედ ეპიცენტრში არის, სფეროს შიგნეთის რომელიმე წერტილიდან ზედაპირამდე უმოკლესი მანძილი კი იმ წერტილიდან ამართული შევეულის მიერ ზედაპირის გადაკვეთა იქნება (სურ. 230). ძვრის სიძ-



სურ. 230. სეისმური ტალღები და ეპიცენტრი. კერა (ნახაზე პატარა წრე) მიწის ზედაპირქვეშ არის. დაისრული მრუდე ხაზები აღნიშნავენ ტალღების გავრცელების ტრაექტორიებს. ყველაზე მოკლე გზა ზედაპირამდე კერის თავზე არის, ვერტიკალზე ეს იქნება ეპიცენტრი. შეკრული მრუდეები მის გარშემო წარმოადგენენ სეისმური ტალღების ფრონტებს.

ლიერეც მიწის ზედაპირზე უდიდესი ეპიცენტრში უნდა იყოს, რადგან ეს არის ჰიპოცენტრიდან უახლოესი წერტილი.

რაც შეეხება მიწისძვრათა კერების მდებარეობის სიღრმეს, ამჟამად არსებული ცნობების მიხედვით კერათა საერთო რიცხვის ნახევარი 60 კმ-ზე ნაკლებ სიღრმეზე მდებარეობს. ეს არის მარჩხი

მიწისძვრები. შემდეგ ჯგუფი (ს ა შ უ ა ლ ო სიღრმის კერები) იქნება 60—300 კმ-ს სიღრმეზე და, დასასრულ, მესამე, ღრმა ფოკუსიანი მიწისძვრების ჯგუფი 300—700 კმ-ზე. ღრმა ფოკუსიანი მიწისძვრები XX საუკუნეში იქნენ აღმოჩენილი. ძირითადად წყნარი ოკეანის პერიფერიებზე.

რომელიმე მიწისძვრის დასახასიათებლად მართო ჰიპოცენტრის და ეპიცენტრის პოვნა არ კმარა. რყევის ძალა, როგორც ცნობილია, ეპიცენტრიდან დაშორებისას კლებულობს. თუ ამ ძალას გავზომავთ მრავალ წერტილში და შევადრთებთ წერტილებს, სადაც ძალა თანასწორია, მივიღებთ თანასწორი ძალის ხაზებს, ანუ იზოსეისტებს. ასევე, თუ შევადრთებთ წერტილებს, სადაც მიწისძვრა ერთდროულად მივიდა, მივიღებთ ლომოსეისტებს.

ცხადია, რომ, თუმცა არც იზოსეისტები და არც ლომოსეისტები წესიერი წრეები არ იქნებიან, ისინი კონცენტრიულად გამოიხატებიან ეპიცენტრის გარშემო¹. ერთ შემთხვევაში მივიღებთ იზოსეისტების რუკას, მეორეში — ლომოსეისტებისას. რუკის ის ნაწილი, რომელიც უშუალოდ მივხვებით ეპიცენტრს და რომლის ფართობი სხვადასხვა მიწისძვრის შემთხვევაში სხვადასხვა იქნება, ბუნებრივად დემონსტრირებს უძლიერესი რყევის უბანს. მას პლეისტოსეისტურ უბანს უწოდებენ. ჩვეულებრივ პლეისტოსეისტურ ფართობს ავრცელებენ მანამდე, სანამ მოძრაობა შესამჩნევია ადამიანისათვის, ე. ი. სანამ მას მაკროსეისმური ხასიათი აქვს. მიკროსეისმური, ე. ი. მხოლოდ იარაღებისათვის (სეისმოგრაფებისათვის) შესამჩნევი მოძრაობა პლეისტოსეისტურ უბანს გარეთ რჩება.

როდესაც მიწისძვრის ლოკალიზაცია (მდებარეობა) უნდათ აღნიშნონ, მის ეპიცენტრს ასახელებენ. მაგალითად, „აშხაბადის მიწისძვრა“ ნიშნავს მიწისძვრას, რომლის ეპიცენტრი აშხაბადში ან მის მიდამოში მდებარეობს. მაგრამ მიწისძვრა ხომ მართო ეპიცენტრში არ იკრძობა. შეიძლება ფართობი, რომელსაც მიწისძვრა ჰფარავს, მცირე იყოს და მის გარე არაფერი შეიმჩნეოდეს. ასეთ მიწისძვრას ადგილობრივს უწოდებენ. ადგილობრივი მიწისძვრა შეიძლება ძლიერიც იყოს, მაგრამ ეს გამოწვეული იქნება არა იმიტომ, რომ ენერჯია არის დიდი, არამედ ფოკუსის მარჩხი მდებარეობით; მცირე

¹ იზოსეისტები და ლომოსეისტები წრეხაზები მაშინ იქნებოდნენ, მიწის ქერქის შედგენილობა ერთგვაროვანი რომ ყოფილიყო (და კერა — იზოდიამეტრული).

მანძილზე ჰიპოცენტრიდან ეპიცენტრამდე პირველადი ენერგია საგრძნობლად ვერ დაიკლებს. ღრმა ფოკუსის შემთხვევაში კი მოძრაობის ენერგია ზედაპირთან მიღწევამდე საგრძნობლად შემცირდა, მაგრამ მისი გავრცელების რადიუსი დიდი იქნება. ამგვარად, თუ ორი მიწისძვრის ძალა ეპიცენტრში თანასწორი არის, გავრცელება იმ მიწისძვრას მეტი ექნება, რომლის ჰიპოცენტრი უფრო ღრმად მდებარეობს.

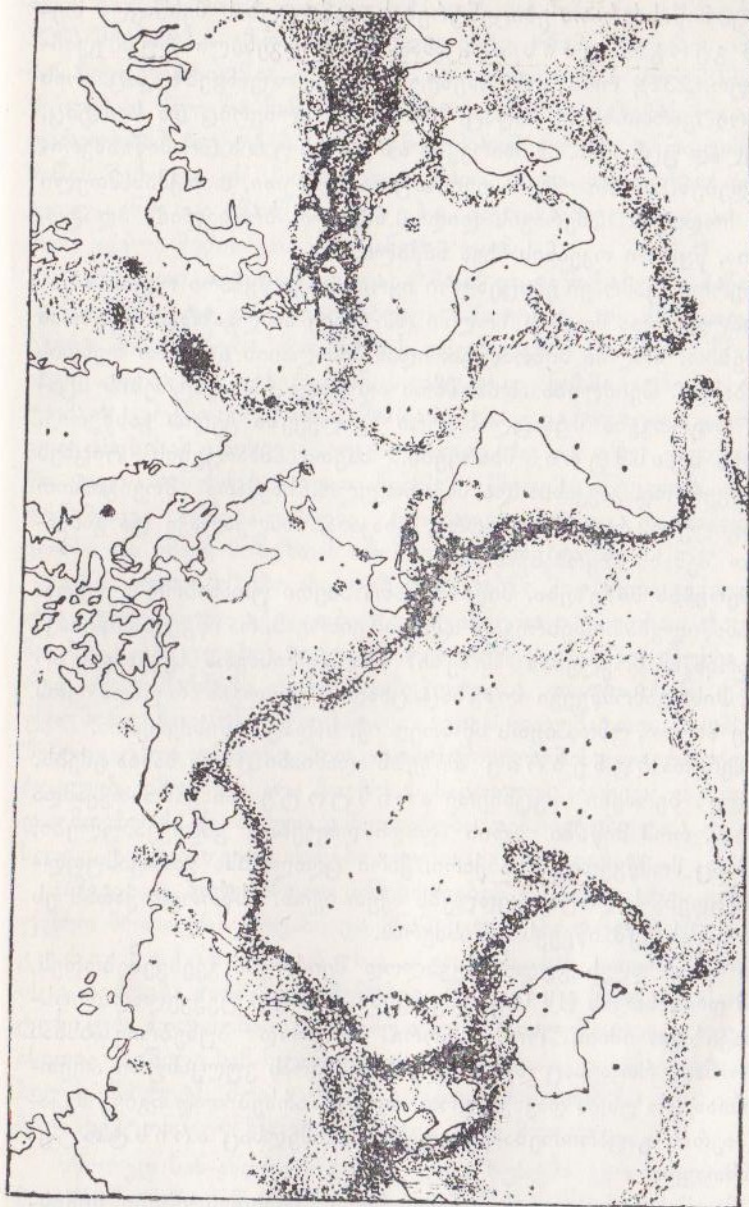
არის მიწისძვრები, რომლებიც ასიათასობით კვადრატულ კილომეტრს ჰფარავენ, — ეს იქნება შორს მწვედომი მიწისძვრები. დასასრულ, მსოფლიო მიწისძვრა მთელ მიწას შემოუვლის გარშემო (ეპიცენტრიდან ანტიეპიცენტრამდე¹ მისწვდება და შეიძლება მეორედაც შემოუაროს მიწას ზედაპირული ტალღების სახით).

მიწისძვრის სიძლიერე და მისი გამოვლინების ხასიათი დამოკიდებულია არა მარტო ჰიპოცენტრიდან მოსული ბიძგის ძალაზე, არამედ თითოეული უბნის ქანების რაგვარობასა და აგებულებაზეც. ამ პირობების მიხედვით მიწისძვრის ხასიათი ძლიერ იცვლება. სულ სხვაა ერთი და იგივე მიწისძვრა მტკიცე მასივ ქანებში და რბილ და ფხვიერ ქანებში, მაგალითად, ალუვიონში ან ნაზვავში. ამას დიდი მნიშვნელობა აქვს საინჟინრო გეოლოგიისათვის.

მიწისძვრების სიხშირე და გეოგრაფიული გავრცელება. საერთო შთაბეჭდილება ისეთი არის, თითქო მიწისძვრა იშვიათი მოვლენა იყოს, და მართლაც, ერთსა და იმავე ადგილას ძლიერი მიწისძვრა ხშირი არ არის. მაგრამ დღეს მთელი მიწა მოფენილია სეისმური სადგურებით, რომლებიც გრძნობიერი იარაღების საშუალებით აღწეს-ხავენ ყველა ძლიერსა და სუსტ მიწისძვრას. ამგვარად გამოირკვა, რომ წლის განმავლობაში მიწაზე საშუალოდ მილიონამდე მიწისძვრა ხდება. რა თქმა უნდა, მარტო ძლიერი მიწისძვრების რიცხვით გაცილებით ნაკლები არის, გამანადგურებელი ეგებ წელიწადში 100-ზე მეტი არ იყოს, მაგრამ ეს დებულება კი ძალაში რჩება, რომ ერთი წუთი ისე არ გაივლის, რომ სადმე მიწაზე 1—2 მიწისძვრა არ მოხდეს. თუ მხედველობაში ვიქონიებთ, რომ თითოეული ასეთი მიწისძვრა დაახლოებით ერთ წუთს გრძელდება საშუალოდ, გასაგებია იქნება სეისმოლოგების დასკვნა, რომ მიწა განუწყვეტლივ თრთის.

მაინც მიწისძვრები თანაბრად როდი არიან განაწილებული მიწის

¹ ანტიეპიცენტრი ეპიცენტრის ანტიპოდს, ე. ი. ეპიცენტრიდან გატარებული დიამეტრის მეორე ბოლოს ჰქვია.



სურ. 231. მიწისძვრების გეოგრაფიული გავრცელება. წერტილები რუკაზე აღნიშნავენ მეცნიერებისათვის ცნობილ ეპიცენტრებს. საყურადღებოა მიწისძვრების მქილო დაჯგუფება გარკვეულ ზონებში და უზარმაზარი ფართობები, სადაც მიწისძვრები არ არის ან თითქმის არ არის.

ზედაპირზე. მიწისძვრათა ეპიცენტრების განლაგების შესწავლა სემურის გეოგრაფიის ამოცანაა. წარმოდგენილი რუკა გვიჩვენებს (სურ. 231), რომ კონტინენტებზეც და ოკეანეებზედაც არის უზარმაზარი ფართობები, სადაც მიწისძვრა, ძლიერი და სუსტიც, პრაქტიკულად უცნობია. ამ მხარეებს ასემურს (არ მიწისძვრის) უწოდებენ. ასეთი იქნება ევროპული რუსეთი, თითქმის მთელი ციმბირი, ჩრდილო ამერიკის დიდი ნაწილი, ბრაზილიის პლატო, ავსტრალია, წყნარი ოკეანის შუა ნაწილი.

სამაგიეროდ უამრავი ეპიცენტრი იყრის თავს წყნარი ოკეანის გარშემო ახალგაზრდა მთების ზოლში და ასევე ახალგაზრდა მთებთან დაკავშირებით, ზოლში ჰიმბრალტარიდან ჰიმალაისის გავლით ზუნდის კუნძულებამდე. შეიძლება აღინიშნოს აგრეთვე ეპიცენტრების მცირეოდენი დაგროვება შუაატლანტური წყალქვეშა ქედის გასწვრივ.

ეს არის სემურის მხარეები. ასეთი მხარეების რიცხვს ეკუთვნის კერძოდ კავკასია და საქართველო. საკმაო მოვიგონოთ ისეთი ადგილები, როგორც გორი, ცხაკაია, ახალქალაქი და განსაკუთრებით შემახა აზერბაიჯანში.

მიწისძვრების მიზეზები. მიწისძვრათა ასეთი უთანაბრო გეოგრაფიული განაწილება ბუნებრივად აყენებს კითხვას, რა იწვევს მიწისძვრას, რა არის ამ მოვლენის მიზეზი? თუ მიწისძვრა ყველგან არ გვხვდება, მისი გამომწვევი მიზეზიც, ცხადია, ყველგან არ უნდა იყოს და, მეორე მხრით, უნდა იყოს სწორედ იქ, სადაც მიწისძვრები.

მიწისძვრათა ბუნებრივ მიზეზს ადამიანი დიდი ხანია ეძებს, უკვე ძველი ბერძენი მეცნიერი არისტოტელი გამოსთქვამდა მოსაზრებას, რომ მიწაში არის დიდი ღრუები, გამოქვაბულები, რომლებშიაც მომწყვდეულია ქარი. ქარი ცდილობს გათავისუფლდეს და აწყდება სიღრუის კედლებს აქეთ-იქით. სწორედ ქარის ეს წყვეტება მიწასქვე იწვევს მიწისძვრას.

ასეთი ახსნა დღეს გულუბრყვილოდ შეიძლება გვეჩვენებოდეს, მაგრამ იმ დროისთვის (IV საუკუნე ჩვენს ერამდე) უეჭველად ღირსშესანიშნავი იყო იმით, რომ ავტორი მხოლოდ ბუნებრივ ახსნას ეძებდა. თანაც, როდესაც დღეს ზოგ მიწისძვრას ვულკანური აფეთქებით ხსნიან, არ უნდა დავივიწყოთ, რომ ეს არსებითად იგივე მექანიზმია (ჰაერის გაფართოება-წყვეტება), რომელსაც არისტოტელი მიმართავდა.

ახლა მოვსინჯოთ უფრო თანამედროვე შეხედულებები. მიწისძვრების გეოგრაფიული გავრცელება ვულკანებისას ემთხვევა აშკა-

რად. ამას საკმაოდ ნათელჰყოფს სათანადო ორი რუკის (სურ. 224 და 231) შედარება. უნდა დავუმატოთ ისიც, რომ ვულკანის ამოქმედებას ჩვეულებრივ წინ უძღვის და ყოველთვის თან ახლავს მეტად თუ ნაკლებად ძლიერი მიწისძვრა. ორთქლისა და გაზების უცარმა გაფართოებამ (აფეთქება) ან მაგმის ძვრამ კერაში უნდა გამოიწვიოს მიწის შერყევა. ეს სრულიად საკმაოა, რათა დავასკვნათ, რომ არის ვულკანური მიწისძვრები, მაგრამ სრულიადაც არ ნიშნავს, რომ ყველა მიწისძვრა ვულკანური იყოს.

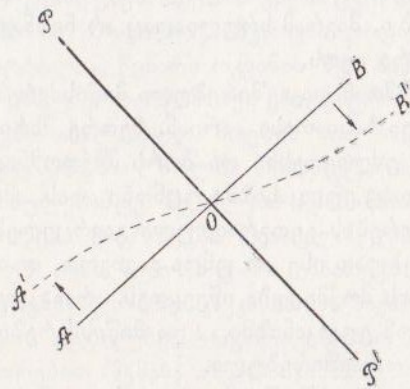
ჯერ ერთი, აშკარად ვულკანიზმთან დაკავშირებული მიწისძვრები საკმაოდ სუსტი და ადგილობრივი ხასიათისა არიან. მეორე მხრით ბევრი მიწისძვრები, მათ შორის უძლიერესნი და შორს მწვდომნიც, ისეთ ადგილებში გვხვდებიან, სადაც ვულკანიზმი უცნობი არის. ამიტომ ის გარემოება, რომ მიწისძვრების გეოგრაფიული გავრცელება ვულკანებისას ემთხვევა, აუცილებლად ისე არ უნდა გავიგოთ, თითქო ყველა მიწისძვრას ვულკანების მოქმედება იწვევდეს. არანაკლებ ბუნებრივი იქნება დასკვნა, რომ ვულკანიზმიც და მიწისძვრებიც ერთსა და იმავე მიზეზთან არის დაკავშირებული.

ეს საერთო მიზეზი ახალგაზრდა მთებში შეიძლება ვეძიოთ. მართლაც, ვულკანური აქტივობაც და სემური აქტივობაც ახალგაზრდა მთების გავრცელების ზოლთან არის ორივე დაკავშირებული და სწორედ ამიტომ რჩება ისეთი შთაბეჭდილება, თითქო ისინი უშუალოდ უკავშირდებოდნენ ერთმანეთს. უნდა დავუმატოთ, და ამ საკითხს შემდეგაც დავუბრუნდებით, რომ მიწისძვრების გეოგრაფიული გავრცელება ემთხვევა არა მთებისას საერთოდ, არამედ ახალგაზრდა მთებისას, რომელთა განვითარება დამთავრებული არ არის და სადაც ტექტონიკური ძვრები დღესაც გრძელდება.

ამგვარად, ვულკანური მიწისძვრების გვერდით არის გაცილებით უფრო მრავალრიცხოვანი და მნიშვნელოვანი ჯგუფი ტექტონიკური მიწისძვრებისა. ასეთ დასკვნას კარგად ადასტურებს ის გარემოება, რომ ბევრ შემთხვევაში კავშირი მიწისძვრასა და ტექტონიკურ მოძრაობას შუა უშუალოდ შეიძლება დადგენილ იქნას. ასეთია კავშირი სან-ფრანცისკოს მიწისძვრასა და იქვე კარგად ცნობილ განსხლეტს შუა; კავშირი ცხაკაიას მიწისძვრასა და იქვე ცნობილ ტექტონიკურ წყვეტას შუა და სხვა მრავალი.

სწორედ სან-ანდრეას განსხლეტის ზუსტმა გეოლოგიურმა აგებმამ მიწისძვრის წინ და მიწისძვრის შემდეგ შესაძლებელი გახადა ტექტონიკური მიწისძვრის მექანიზმის გარკვევაც (სურ. 232). დად-

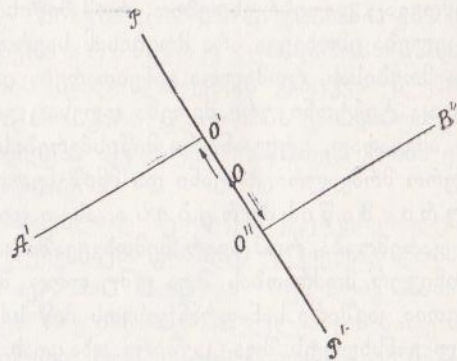
გენილ იქნა, რომ მიწისძვრის წინ ნაწევის დასავლური ფრთა წინ, ჩრდილოეთისაკენ (NNW) იყო წაწეული, თანაც მით უფრო მეტად, რაც უფრო დაშორებული იყო აღებული წერტილი ნაწევის ხაზისაგან. მიწისძვრის შემდეგ კი გამოირკვა, რომ გამრუდებული შრეები გამართულიყვნენ და ახლა სწორხაზებრივად აწყდებოდ-



სურ. 232. სან-ანდრეას განსხვავებული. PP'—განსხვავების ხაზი. AB—რელიეფის ხაზი წინა მიწისძვრების შემდეგ; A'B'—იგივე ხაზი 1906 წლის მიწისძვრის წინ; მარცხენა ბავე მიიწევს NNW-კენ (ისარი), მარჯვენა—SSO-კენ (ისარი), მაგრამ სხვებზე არ არის, ხაზი A'B' გაღუნულია უწყვეტოდ. გადაადგილება მინიმალურია თვით რღვევის ზოლში და მატულობს იქეთ-აქეთ.

ნენ ნაწევის ხაზს (სურ 233). ცხადი უნდა იყოს, რომ მიწისძვრამდე ნაწევის დასავლური ფრთა ჩრდილოეთისაკენ მიიწევდა, მაგრამ ხახუნის ნაწევის სიბრტყის გასწვრივ გადაადგილებას შეუძლებელს

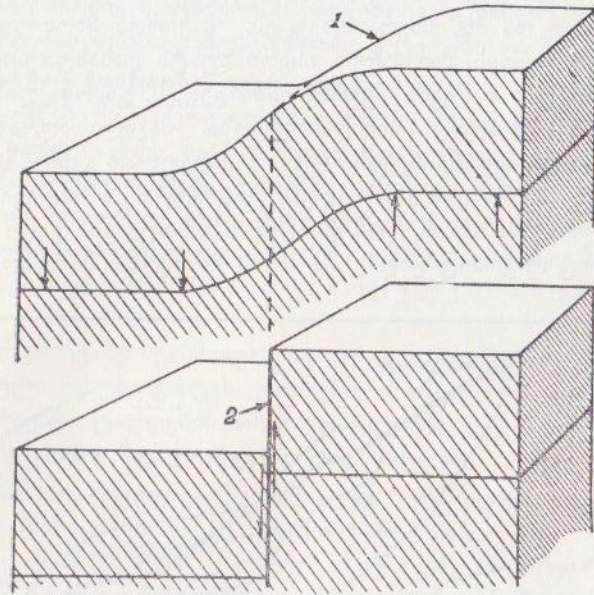
სურ. 233. II. მდგომარეობა 1906 წლის მიწისძვრის შემდეგ; მომხდარა სხვებზე რღვევის ზოლის გასწვრივ; მარცხენა ბავეში O გადამხტარა O'-ში, მარჯვენაში—O''-ში. საერთო გადაადგილება დაახლოებით 6 მეტრია (მაშტაბი რღვევის ხაზის გასწვრივ გაზვიადებულია 15 000 კედ.)



ხდოდა. ამის გამო შრეები თანდათან იღუნებოდნენ და დაძაბულობა გროვდებოდა. ბოლოს დაძაბულობა იმდენად გაიზარდა, რომ ხახუნის წინააღმდეგობას გადააჭარბა. შრეები მოსხლტდნენ ნაწევის

სიბრტყის გასწვრივ და წაიწიეს წინ. სწორედ ეს მოსხლტვა იყო მიწისძვრის უშუალო მიზეზი.

სან-ანდრეას წყვეტა უკვე არსებობდა ხსენებული მიწისძვრის წინ. ადვილად წარმოვიდგენთ შემთხვევას, როდესაც მიწისძვრას თვით წყვეტის გაჩენა იწვევს (სურ. 234). დავუშვათ, რომ ერთი

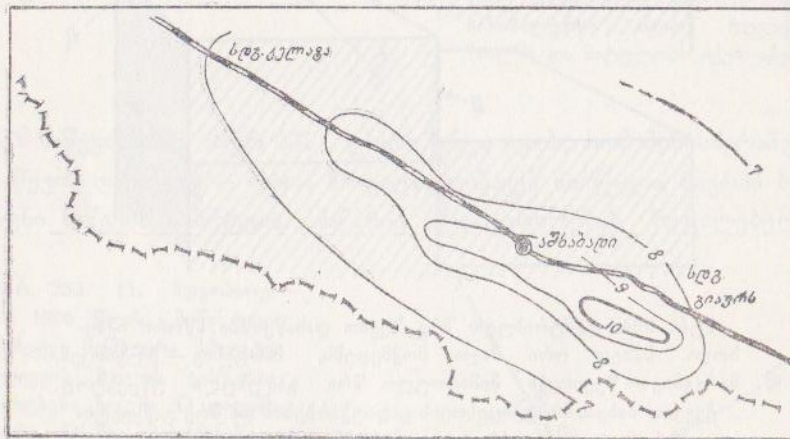


სურ. 234. დაშტრიხული შრე ზევით დასაწყისში სწორი იქნებოდა. მაშენდ ორი ძალა მოქმედებს, მარცხნივ—ქვევითკენ, მარჯვნივ—ზევითკენ მიმართული. შრე გაღუნულა უწყვეტოდ. ქვევით ძაბვას სიმტკიცისთვის გადაუჭარბებია და შრე გაწყვეტილა. ამას მოჰყოლია სხვებზე, მარცხნივ ქვევითკენ, მარჯვნივ—ზევითკენ. გაღუნვა აღარ არის და აღარც ძაბვა; ისრები სხვებზე ზედაპირის იქეთ-აქეთ აღნიშნავენ მომხდარი გადაადგილების მიმართულებას.

ბლოკი ზევითკენ მოძრაობს, როგორც ამას ნახაზზე ისრები გვიჩვენებენ, ხოლო მეორე ბლოკი—ქვევითკენ. ამან ბლოკებს შუა შრეების გაღუნვა უნდა გამოიწვიოს. ქანის დრეკადობის პირობებში ეს წარმოშობს ძაბვას, რომელიც თანდათან უნდა იზარდოს, სანამ ბლოკის გადაადგილება გრძელდება. ბოლოს იმდენი ენერგია

დაგროვდება, რომ საკმაო იქნება ქანის გასაწყვეტად. წარმოშობილი წყვეტის გასწვრივ ერთი ბლოკის მოხრილი თავი ზევით აიწევს, მეორისა ქვევით დაიწევს და წონასწორობა დამყარდება, სანამ ისევ ქანის დეფორმაცია არ დაიწყება.

ამგვარად, ქანების დრეკადმა დეფორმაციამ, როგორც წყვეტის უკვე არსებობის პირობებში, ისე მანამდე უწყვეტო შრეებშიც შეიძლება უეცარი ბიძგი და მიწისძვრა მოგვეცეს. საჭიროა მხოლოდ საკმაო ენერგია დაგროვდეს. მართალია, ისეთი ზუსტი დასაბუთება, როგორც სან-ანდრეას ნაწევის შემთხვევაში გვაქვს, გამოჩაკლისი არის, მაგრამ ხშირია არაპირდაპირი დასაბუთება. მაგალითად, აშხაბადის მიწისძვრის პლეისტოსენისტური რუკა გარკვეულად გვიჩვენებს, რომ იზოსენისტები NNW-კენ წაგრძელებულ კონტურებს იძლევიან (სურ. 235). გეოლოგებმა იციან, რომ ეს არის მიმართულება დიდი რღვევისა, რომელიც აქ კოპეტ-დალის კალთებს მიუყვება. მაშასადამე ნათ-



სურ. 235. აშხაბადის მიწისძვრის პლეისტოსენისტური რუკა. ციფრები იზოსენისტთან აღნიშნავენ მიწისძვრის ბალიანობას.

ლად ჩანს, რომ იზოსენისტების მიმართულება ტექტონიკურ ხაზთან არის დაკავშირებული: მიწისძვრა ტექტონიკური იყო და მისი მექანიზმიც იმის მსგავსი, როგორც სან-ანდრეას მიწისძვრის შემთხვევაში.

თუ ტექტონიკური მიწისძვრა ნაწევთან ან ნასხლეტთან და სხვა

მისთანასთან არის დაკავშირებული, ეს იმას არ ნიშნავს, თითქო წყვეტა, რომლის გადაადგილება ასეული მეტრები და კილომეტრიც კი არის ხოლმე, ერთი მიწისძვრის თანამგზავრი იყოს. ეს დისლოკაციები უამრავი ბიძგის გზით ვითარდებიან და თითოეულის თანამგზავრი გადაადგილება მხოლოდ მეტრებით ან ათიოდ მეტრით იზომება.

მეორე მხრით, მიწისძვრებს ნაოჭებრივი დისლოკაცია იწვევს, რადგან დანაოჭებასაც ახლავს მცირე წყვეტები და ბიძგები.

სეისმური მოძრაობის გავრცელება. როგორც ვხედავთ, ტექტონიკური იქნება მიწისძვრა თუ ვულკანური, მისი გამომწვევი უშუალო მიზეზი ნათელი არის. მაგრამ ბიძგი, რომელზედაც აქ ვლაპარაკობთ, ხომ კერაში წარმოიშობა. გასაგებია, რომ იქ მიწისძვრა ხდებოდეს, მაგრამ ის როგორ-ღა არის, რომ აქ წარმოშობილი ძვრა უზარმაზარ ტერიტორიას გადაეცემა და შეიძლება მთელ მიწასაც შემოუაროს; დგება სეისმური მოძრაობის გავრცელების, გადაცემის საკითხი.

ასეთ კითხვაზე სეისმოლოგიას დღეს საშუალება აქვს სრულიად გარკვეული პასუხი გასცეს. დადგენილი არის, რომ კერიდან მიწისძვრა დრეკადი ტალღების სახით ვრცელდება ყველა მიმართულებით ისევე, როგორც, მაგალითად, ბგერის ტალღები.

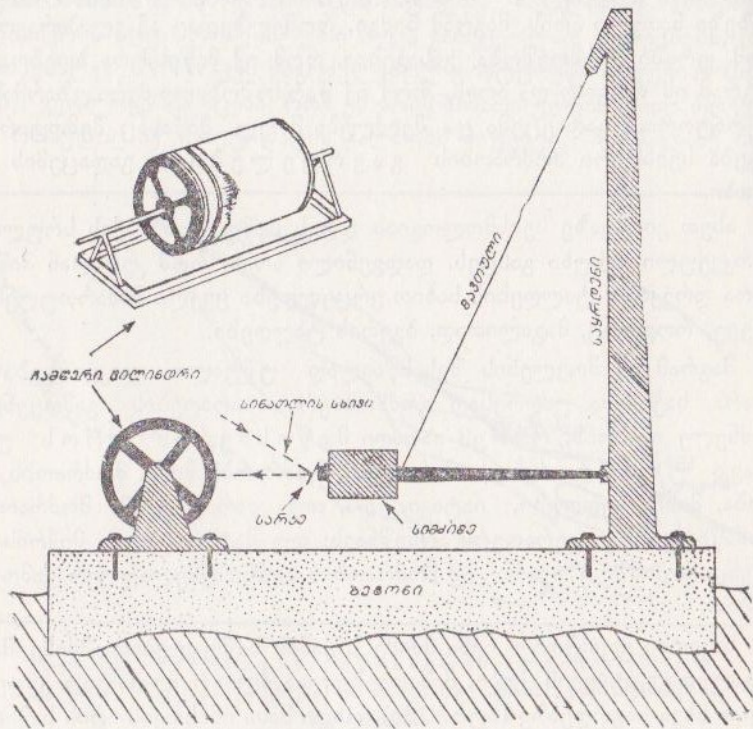
მაგრამ ამ მოვლენის შესასწავლად უშუალო დაკვირვება არ კმარა. საჭიროა უაღრესად გრძნობიერი იარაღების გამოყენება. სიძნელე ის არის, რომ ეს იარაღი მიწისძვრის დროს უძრავი უნდა დარჩეს. მართლაც, მოძრაობს მიწა, მოძრაობს შენობა, მისი კედლები, იატაკი, და, თუ იარაღიც ამ მოძრაობის მონაწილეა, იგი ვერაფერს აღნიშნავს: თუ მატარებელი მიჭრის და ჩვენც ვავონში ვზივართ, ამ მოძრაობის აღმნიშვნელად ვერ გამოვდგებით.

საკითხი გადაჭრილ იქნა მძიმე საქანის საშუალებით. მძიმე მასა, მაგალითად, ტყვიის კუბი, მიმავრებულია ძლიერ მოძრაოდ კედელზე ან სხვა საყრდენზე (სურ. 236). დიდი მასა იმისთვის არის საჭირო, რომ ინერცია დიდი იყოს და საქანი არ დაიძრას, ხოლო კედელთან მოძრავე კავშირი იმას ნიშნავს, რომ კედლის ქანაობა საქანს არ გადაეცემა. ამრიგად, როდესაც მიწისძვრის გამო კედელი ქანაობას იწყებს, საქანი უძრავი დარჩება. რა თქმა უნდა, მაყურებელს ისე მოეჩვენება, თითქო ოთახი უძრავი იყოს და საქანი კი ქანაობდეს.

იარაღის მოწყობილობა რომ ამით თავდებოდეს, მისი გამოყე-

ნება ძნელი იქნებოდა: დამკვირვებელი უნდა გვერდით უჯდეს და იცდიდეს დღე და ღამე, თუ როდის ამოძრავდება იგი. მაგრამ იარაღი ისეა აგებული, რომ თავის მოძრაობას თვითვე ჩასწერს, დამკვირვებლის საქმესაც თვითონ აკეთებს.

ამისათვის საქანზე მიმაგრებული არის საწერი წვეტი. წვეტი ეხება ქალაღს, რომელიც ცილინდრზედ არის დახვეული. ცილინდრს საათის მექანიზმი აბრუნებს ღერძზე. ასეთი ბრუნვისას საწერი წვეტი ქალაღზე სწორ ხაზს გააკლებდა და სრული შემობრუნების შედეგად ძველ ადგილას მივიდოდა. შემდეგი ხაზი ამავე

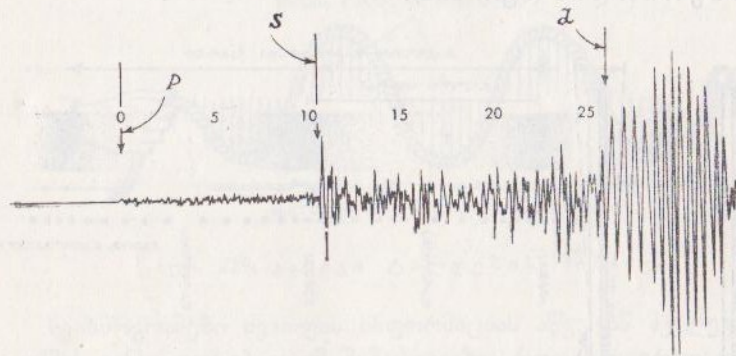


სურ. 236. სეისმოგრაფი.

ნახაზზე გაივლებოდა. ეს რომ არ მოხდეს, ამისთვის ცილინდრი ღერძზე კი არ ბრუნავს მხოლოდ, იმავე დროს განზე მიიწევს ძლიერ ნელა, მარცხნივ. ამის გამო ქალაღზე გამოიხაზება არა წრეხაზი,

არამედ სპირალი, რომელიც თანდათან მარჯვნივ მიიწევს; სანამ მთელ ცილინდრს არ გაივლის.

ამ იარაღს და მის სხვადასხვა სახეებს ეწოდება სეისმოგრაფი¹. სანამ მიწისძვრა არ არის, სეისმოგრაფი სწორ ხაზს (სპირალს) ავლებს ცილინდრზე, მაგრამ, თუ მიწისძვრა დაიწყო, კალამი ცილინდრის ღერძის გასწვრივ, ე. ი. იმ სწორი ხაზის პერპენდიკულარულად იწყებს ქანაობას, — მივიღებთ ჩანაწერს, რომელსაც სეისმოგრაფი² ჰქვია (სურ. 237). თანამედროვე



სურ. 237. სეისმოგრაფი. P-გასწვრივი, S-განივი, L-გრძელი ტალღების საწყისი.

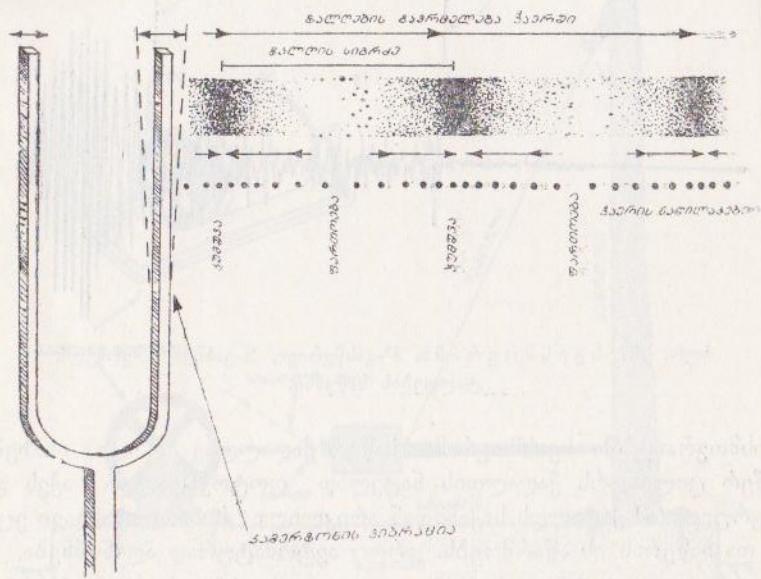
სეისმოგრაფებში სეისმოგრაფი საწერ ქალაღზე როდი იხაზება. საწერ ცილინდრს ქალაღის ნაცვლად ფოტოქალაღი აქვს გადაკრული. ამ ქალაღს საქანიდან არეკლილი სინათლის სხივი ეცემა და ჩაწერას ის აწარმოებს. დროც ავტომატურად აღინიშნება.

ადვილი დასანახავია, რომ თითოეულ სეისმოგრაფს მოძრაობის მარტო ერთი მიმართულების ჩაწერა შეუძლია, სახელდობრ საწერი ცილინდრის ღერძის პარალელურის. ამიტომ ზუსტი ჩანაწერისათვის საჭიროა ერთ სადგურზე სამი სეისმოგრაფი მაინც იყოს: ორი პორიზონტული (ერთმანეთის მართობული) და ერთიც ვერტიკალური. ამგვარად, მიიღება სამი შემადგენელი, რომლებიც პარალელობიპედის წესით ნამდვილი მოძრაობის აღდგენის საშუალებას იძლევიან.

¹ „სეისმოს“, ბერძნ. — მიწისძვრა, „გრაფო“ — ვწერ.

² „სეისმოს“, ბერძნ. — მიწისძვრა, „გრამმა“ — ნაწერი.

დღეს ცნობილია, რომ მიწისძვრის კერაში ორგვარი დრეკადი ტალღები წარმოიშობა: გასწვრივი და განივი. გასწვრივი ტალღების მოძრაობა ისეთივეა, როგორც ბგერითი ტალღებისა: ქანის ნაწილაკები ტალღის გავრცელების მიმართულებით მოძრაობენ და სწორედ ამიტომ ჰქვია მათ გასწვრივი. აქაც ერთი-მეორეს მოსდევს შეკუმშული და გაშლილი უბნები. ერთი შეკუმშულისა და მომყოლი გაშლილი უბნის საერთო სისქე ტალღის სიგრძე იქნება. წერტილში ერთი ასეთი ტალღის გავლის დრო ქანათობის პერიოდია (სურ. 238).

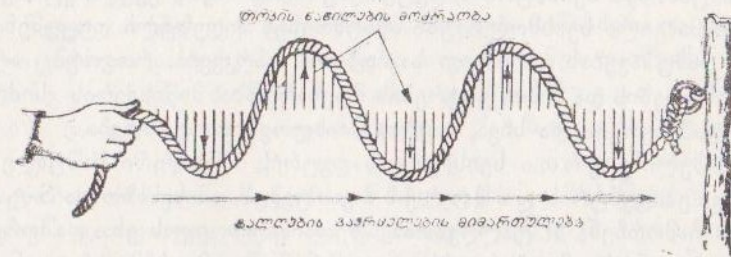


სურ. 238. ბგერის ტალღების სქემა (გასწვრივი ტალღები).

განივი ტალღებში ნაწილაკები ტალღის გავრცელების გარდი-გარდმო ქანობენ ისევე, როგორც სინათლის შემთხვევაში (სურ. 239).

გასწვრივი ტალღების გავრცელების სიჩქარე საგრძობლად მეტია, ვიდრე განივისა. ამიტომ, თუ ეპიცენტრი საკმაოდ დაშორებული არის სეისმოგრაფის ჩაწერის ადგილიდან, ჯერ გასწვრივი ტალღა მოვა და ჩაიწერება და შემდეგ — განივი. ამის მიხედვით ერთს უწოდებენ პირველ ტალღას და აღნიშნავენ ლათინური

ასოთი P, ხოლო შემდეგ იქნება მეორე ტალღა და მისი სიგნატურა S. ერთის და მეორის მიწის ზედაპირზე ანოსგლისას წარმოიშობა ტალღების მესამე სახე, რომელსაც გრძელან ზედაპირულ ტალღებს უწოდებენ—L'. ისინი ისეთივე არიან, როგორც ზღვის ზედაპირის ტალღები. გრძელი ტალღების გავრცელება კიდევ უფრო ნელია, ვიდრე განივისა, სამაგიეროდ მათი ამოღებული (ტალღების სიმაღლე) გაცილებით მეტია და ნგრევის გამომწვევი უპირატესად ისინი არიან.



სურ. 239. განივი ტალღების მიბადვა.

სეისმოგრაფები ძვირფას ინფორმაციას აწვდიან მკვლევარს. ეს ითქმის განსაკუთრებით იმ შემთხვევაზე, როდესაც ერთი და იგივე მიწისძვრა რამოდენიმე, ერთიმეორისაგან დაშორებულ სადგურზე იწერება. თანაც ადვილი დასანახავია, რომ, თუ მიწისძვრის ძალა საკმაოდ დიდი არის, სეისმოგრაფა მით უფრო მკაფიო იქნება, რაც უფრო შორს არის სადგური ეპიცენტრიდან: ტალღები P, S და L უფრო მეტად ჩამორჩებიან ერთმანეთს.

მაინც სეისმოგრაფის წაკითხვა ანუ გაშიფვრა ძლიერ რთული და პასუხსაგები საქმე არის. როდესაც ჰიპოცენტრში ბიძგი წარმოიშობა, ტალღები, როგორც გასწვრივი, ისე განივი, აქედან ყველა მიმართულებით წავლენ (სურ. 230). რადგან ტალღების სიჩქარე სიღრმეში თანდათან მატულობს, მათი გავრცელების ხაზი არის არა სწორი, არამედ მრუდე და თან ქვევითკენ ჩაზნექილი. თუ სიჩქარის ცვლა უეცარია, რაც იმის მაჩვენებელი იქნება, რომ მიწის შიგნეთის შედგენილობა ან ფიზიკური მდგომარეობა ნახტომისებუ-

Undae primae, ლათ.—პირველი ტალღები, undae secundae—მეორე ტალღები და undae longae—გრძელი ტალღები. სიგნატურები P, S, L სათანადო დასახელების (prima, secunda, longa) პირველ ასოს წარმოადგენენ.

რად შეიცვალა, იქ მოხდება ტალღის არეკლება ან გადატეხა. არეკლების ადგილას, გასწვრივი ტალღა იქნება ეს თუ განივი, ორივე სახის ახალი ტალღა წარმოიშობა, გასწვრივიც და განივიც. შესაძლებელია ისიც, რომ არეკლება გამეორდეს.

საცა ეს ტალღები ზედაპირზე ამოვლენ, იქ გრძელი ტალღები წარმოიშობიან. თუ ამას მივუმატებთ, რომ ჩამოთვლილთ გარდა არის კიდევ სხვა ტალღებიც, ადვილი დასაანახავი იქნება, რამდენად რთული რამ არის სეისმოგრაფის ჩანაწერი. მიუხედავად ამისა, დღეს უამრავი სეისმური სადგური მუშაობს მიწის ყველა კუთხეში. გონებამახვილი სეისმოლოგები აწარმოებენ მიღებული დოკუმენტაციის დამუშავებას და ისეთი საკითხების გარკვევას, როგორც არის ეპიცენტრების და ჰიპოცენტრების მდებარეობა, მიწისძვრის სიძლიერე და ენერგია და სხვა, საკმაო მიახლოებით ხერხდება.

რომელიმე ერთი სეისმური სადგურის ჩანაწერი საშუალებას იძლევა ეპიცენტრის და შორეობა გაიზომოს. ამის საზომია S-ტალღების ჩამორჩენა P ტალღებთან შედარებით. იყოს ეს დაშორება 1 კმ. ეპიცენტრი მდებარეობს ასეთ მანძილზე, მაგრამ საითქვენ, ეს უცნობი რჩება: მოთხოვნას აკმაყოფილებს 1 კმ. რადიუსით სადგურიდან შემოვლებული წრეხაზის ყოველი წერტილი. ეპიცენტრის უფრო ზუსტი ლოკალიზაცია არ ხერხდება.

მაგრამ ვთქვათ, ერთისა და იმავე მიწისძვრის ორი სადგურის ჩანაწერი გვაქვს, შემოვივლება ორი წრეხაზი. რადგან ეპიცენტრი ერთია და თან ორივე წრეხაზზე უნდა მდებარეობდეს, ეს იქნება ამ ხაზების შეხების ან გადაკვეთის წერტილები. შეხების შემთხვევაში წერტილი ერთი იქნება და ეპიცენტრი პოვნილია, ხოლო თუ წრეხაზები იკვეთებიან, გადაკვეთის წერტილი ორი იქნება და რჩება გასარკვევი, რომელი მათგანი წარმოადგენს ეპიცენტრს? საჭიროა მეცამე სადგურის ჩანაწერი.

უფრო რთულია ჰიპოცენტრის მდებარეობის დადგენა.

აღსანიშნავია ცდები, რომ მიწისძვრის ენერგია ტალღების ამპლიტუდის, ქანაობის პერიოდის და გავრცელების სიჩქარის მიხედვით განისაზღვროს. ირკვევა, რომ დიდი მიწისძვრების შემთხვევაში კერაში უზარმაზარი ენერგია თავისუფლდება. მაგრამ კერიდან დაშორებისას ენერგია მასის უზარმაზარ რაოდენობაზე ნაწილდება და მისი შეფარდებითი ოდენობა საოცარი სიჩქარით კლებულობს. მეორე მხრით პირვანდელი კინეტიკური ენერგია შინაგანი ხახუნის გამო თანდათან თბურში გადადის.

მაინც რამდენად ძლიერი შეიძლება იყოს მიწისძვრა? მიწისძვრათაგან, რომელნიც მეცნიერებისათვის ცნობილი არიან, ერთ-ერთ უძლიერესად ითვლება ასამის მიწისძვრა 1950 წელს. მაგრამ ეს ხომ საზღვარი არ არის. ხომ არ შეიძლება უფრო და უფრო ძლიერი მიწისძვრებიც, 13-ბალიანი, 14-ბალიანი და ასე შემდეგ?

მთელი რიგი მოსაზრება გვაფიქრებინებს, რომ არა. როგორც დავინახეთ, იმისათვის, რომ დიდი მიწისძვრა მომზადდეს, საჭიროა დიდი პოტენციალური ენერგია დაგროვდეს კერაში თანდათან. მაგრამ როგორც კი დაგროვილი ენერგია საკმაო აღმოჩნდება იმისთვის, რომ წყვეტა ან სხლეტვა გამოიწვიოს, მოხდება მიწისძვრა და დაგროვილი ენერგია დაიხარჯება. პროცესი თავიდან უნდა დაიწყოს.

ამ გვარად, მიწისძვრის გამომწვევი ენერგიის დაგროვებას გარკვეულ საზღვარს უდებს ქანების სიმტკიცე. თუ დაგროვილი ენერგიამ მიღწია იმ ოდენობას, რომელიც წყვეტის ან სხლეტვის გამოსაწვევად კმარა, ენერგია გათავისუფლდება და დაგროვება შეწყდება. უნდა ვიფიქროთ, რომ 12-ბალიანი მიწისძვრა მართლაც უძლიერესია იმათ შორის, რომელნიც ჩვენი მიწის პირობებში შესაძლებელი არიან.

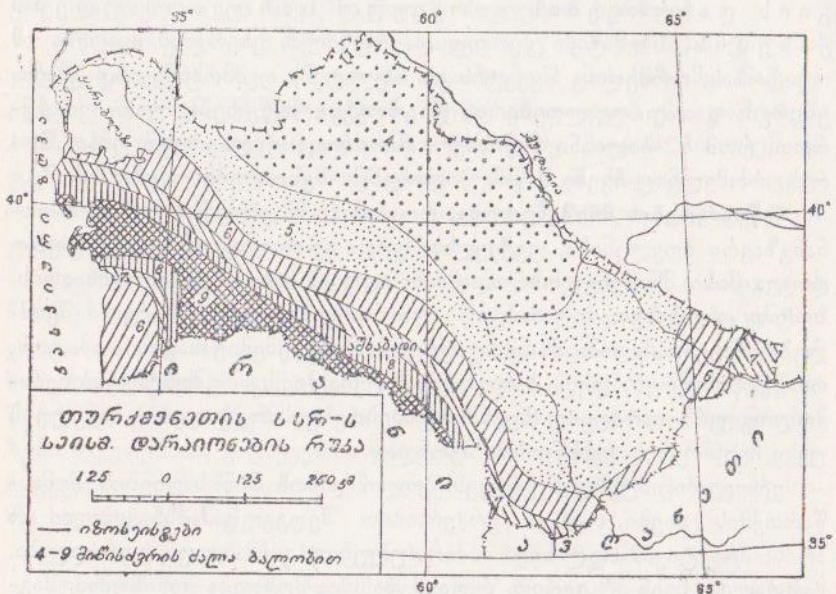
მიწისძვრების მნიშვნელობა, როგორც მთების წარმოშობის თანამგზავრი მოვლენისა, უეჭველად დიდი არის. მაგრამ კიდევ უფრო დიდია მისი მნიშვნელობა ადამიანისათვის, მისი მეურნეობისათვის. ზემოთ დავინახეთ, თუ რავგარი და რამდენად დიდი ზარალი შეიძლება მიაყენოს ადამიანს ამ სტიქიურმა მოვლენამ. ვასაგებია ამიტომ, რომ მიწისძვრებს დიდი ხანია ყურადღება მიექცა. უმარტივესი სეისმოლოგიური იარაღები (სეისმოსკოპები, სეისმოგრაფები) ჩინელებს უკვე ჩვენი ერის დასაწყისში ჰქონდათ.

ერთგვარ ინტერესს იწვევს ბოლო დროს მიწისძვრების წინასწართქმის ცდები, თუმცა ჯერჯერობით შედეგი გამამხნეველებელი არ არის. პრაქტიკამ სულ სხვა მიმართულებით გაამახვილა ყურადღება. მართალია, ჩვენ არ ვიცით, როდის და სად მოხდება მიწისძვრა, მაგრამ სამაგიეროდ საკმაო მიახლოებით შეგვიძლია გამოვარკვიოთ, სად არის მოსალოდნელი მიწისძვრა და სად არა, სად არის მოსალოდნელი ძლიერი მიწისძვრა და რამდენად ძლიერი. ამის შესაძლებლობას გვაძლევს მიწისძვრების სტატისტიკა და საკვლევო მხარის გეოლოგიური აგებულების (რღვევები, შეტოცებები და სხ.) გათვალისწინება.

მეორე მხრით ცნობილია, რომ ძლიერი მიწისძვრის დროს ყვე-

ლა შენობა კი არ ინგრევა, ინგრევა ის, რაც ასეთი შემთხვევის შესაფერად არ არის აგებული. გამორკვეულია, რომ, თუ მშენებლობის პროცესში საჭირო ღონისძიებები გამოეყენებიათ, შენობა არ დაინგრეოდა. თანაც ეს დამატებითი ღონისძიებები დამოკიდებული იქნებოდა იმაზე, თუ რამდენად ძლიერ მიწისძვრას უნდა გაუძლოს ნაგებობამ. ეს არის მიწისძვრის გამძლე მშენებლობა. ასეთი მშენებლობა ჰგულისხმობს შესაფერ სამშენებლო ხერხებს, მაგრამ აგრეთვე იმის ცოდნასაც, თუ როგორი (რამდენ ბალიანი) რყევა არის მოსალოდნელი სამშენებლო მოედანზე. ეს ცნობა მშენებელს სეისმოლოგმა უნდა მიაწოდოს.

ამისათვის ადგენენ რუკებს, რომელთაც სეისმური დარაიონების რუკას უწოდებენ. ასეთ რუკაზე (სურ. 240) შემოფარგ-



სურ. 240. აშხაბადის მხარის სეისმური დარაიონების რუკა.

ლულია ცალკეული უბნები იმის მიხედვით, თუ სად როგორი მიწისძვრების შესაძლებლობა არის ნაგულისხმევი.

სეისმური დარაიონების რუკას ძლიერ დიდი სახალხოებურნიობრივი მნიშვნელობა აქვს. ვთქვათ, რუკაზე გარკვეული ზოლი 7 ბალიანად არის აღნიშნული. ეს იმას ნიშნავს, რომ რაიმე კაპი-

ტალური ნაგებობის (ქარხანა, კაშხალი, ხიდი...) შენებისას უნდა დატულ იქნეს 7-ბალიანი მიწისძვრისათვის გათვალისწინებული წესები. ეს მშენებლობას ძლიერ აძვირებს, მაგრამ, თუ შევცდით და უბანი 8-ბალიანია, ხარჯი ხარჯად წავა და შენობაც დაინგრევა.

მაშ თითქო საუკეთესო იქნება მაღალი ბალის ალება. თუ, ვთქვათ, 7-ის ნაცვლად 10 ავიღებთ, შენობები აღარ დაინგრევა. მაგრამ მათი ღირებულება იმდენად გაიზრდება, რომ მშენებლობაზე თავიდანვე ხელს აიღებენ, სხვა უფრო სანდო ადგილს მოძებნიან.

თავისთავად ცხადია, რომ გარდა სეისმური დარაიონების რუკისა, ყოველი მშენებლობა სეისმურ მხარეში ჰგულისხმობს აგრეთვე სამშენებლო მოედნის შესწავლას საინჟინრო გეოლოგიის თვალსაზრისით, რადგან სხვადასხვა ქანის და სტრუქტურის პირობებში მიწისძვრის გამოვლინებაც სხვადასხვაა, სად მეტად და სად ნაკლებად საშიფათო (სურ. 241).

სეისმური ძებნა-ძიება. სეისმოგრაფია და სეისმომეტრია მიწისძვრების შესასწავლად იქნა ჩამოყალიბებული, მაგრამ, როგორც ზმირად ხდება, ახალმა იარაღებმა და მათმა გამოყენებამ კვლევის ახალი მეთოდები და ახალი პრობლემები წარმოშვეს. აღმოჩნდა, რომ სეისმური ტალღები მიწისძვრას კი ახასიათებენ, მაგრამ იმავე დროს მათი ბუნება, სიჩქარე და სხვა თვისებები იმ გარემოზედ არიან დამოკიდებული, რომელშიც ტალღების წარმოშობა და გავრცელება მიმდინარეობს. იმის მიხედვით თუ როგორია ტალღა, გასწვრივი თუ განივი, ან როგორია მისი სიჩქარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, თუ როგორია ის გარემო, რომელიც ტალღას გაუვლია. ამგვარად, როგორც შემდეგ თავში დავინახავთ, შესაძლებელი შეიქნა მიწის შიგნეთის სხვაგვარად მიუწვდომელი სიღრმეების კვლევა.

მაგრამ იგივე მოსაზრება შეიძლება გავრცელდეს მიწის ქერქის შიგნით სიღრმეებზედაც, რომელთაც უშუალოდ ვერა ვხედავთ და იმავე დროს შეგვიძლია შიგ აფეთქებით გამოწვეული ხელოვნური სეისმური ტალღები გავატაროთ. ამ ტალღების შესწავლა საშუალებას მოგვცემს გავარკვიოთ, თუ რა ქანები გაუვლია მათ და ამის მიხედვით დავადგინოთ შესწავლილი უბნის გეოლოგიური აგებულების ზასიათი და ზოგ შემთხვევაში დავადასტუროთ (ან უარყოთ) ამა თუ იმ საბადოს არსებობა. ამ პრინციპზე არის აგებული სეისმური ძებნა-ძიების მეთოდები, რომელთაც უკანასკნელ წელთათეულებში სულ უფრო და უფრო დიდი მნიშვნელობა ეძლევა, კერძოდ ნავთობის ძებნის საქმეში.



სურ. 241. სსრკ-ს სეისმური დარაიონების რუკა. როგორც იზოსეისტები გვიჩვენებენ, მიწისძვრები მხოლოდ სამხრულ და აღმოსავლურ ზოლში არის. დანარჩენი ტერიტორია ასეისმურია.

ზოგი შეკითხვა და რჩევა

როგორია მიწისძვრის ნიშნები? მოიგონეთ რამდენიმე მიწისძვრა.

რა არის გუნდური მიწისძვრა, მთავარი ბიძგი, წინაბიძგი, მომყოლი ბიძგი?

როგორია მიწისძვრის გეოლოგიური შედეგები? მოიგონეთ მიწისძვრის სიძლიერის თორმეტბალიანი სკალა.

რა არის მიწისძვრის ეპიცენტრი, ჰიპოცენტრი (ყერა)? მარჩხი, საშუალო, ღრმაფოკუსიანი მიწისძვრები? სად გვხვდება ძირითადად ღრმაფოკუსიანი მიწისძვრები?

რა არის იზოსეისტების და პომოსეისტების რუკა? პლეისტოსენური უბანი? ადგილობრივი, შორსმწვდომი და მსოფლიო მიწისძვრები?

როგორაა მიწისძვრების სისშირე და გეოგრაფიული ვარცელება? რას გვეუბნება გეოგრაფიული ვარცელება მიწისძვრების მიზეზის შესახებ? როგორია ეპულკანური და ტექტონიკური მიწისძვრების შეფარდებითი მნიშვნელობა?

რა არის და რა საფუძველზეა აგებული სეისმოგრაფი? რა არის სეისმოგრაფი? რა და რა გვარი ტალღები გაირჩევა სეისმოგრაფაზე? ასწერეთ გასწვრივი ტალღები, განივი ტალღები. როგორია მათი ვარცელების სიჩქარე?

როგორ განსაზღვრავენ ეპიცენტრის მდებარეობას? ჰიპოცენტრის მდებარეობას? რა არის სეისმური დარაიონების რუკა და რა მნიშვნელობა აქვს მას?

მიწის ქერქის მოძრაობა

ეპიროგენეზი

მიწის ქერქი. გეოლოგიური კვლევის უშუალო ობიექტი მიწის ქერქი არის. მაგრამ გეოლოგიური დაკვირვებისათვის მხოლოდ ქერქის ზედა ფენები არის მისაწვდომი, ის, რაც ზედაპირზე შიშვლდება. მართალია, მდინარეთა მიერ გაჭრილი ხეობები, ტექტონიკური დისლოკაციები და სხვა ასეთი საშუალებას იძლევიან უფრო ღრმად ჩავიხედოთ ზედაპირს ქვეშ, და ამას ემატება ბურღვლებიც. მაგრამ ჭერჭერობით ქერქის ქვედა ნაწილები და ძირი გეოლოგისთვის მაინც მიუწვდომელი რჩება. ბურღვა 7—8 კილომეტრის სიღრმემდე დღეს უკვე დაძლეული არის, მაგრამ ხველეთიდან ქერქის ძირამდე ჩასაღწევად ეს კიდევ ცოტაა. ამჟამად საბჭოთა კავშირში და ამერიკის შეერთებულ შტატებში განზრახულია 15 კილომეტრიანი ბურღვლებიც, მაგრამ ამის განხორციელება დიდ ტექნიკურ სიძნელებთან არის დაკავშირებული და კონტინენტური ქერქის გასაღვლად საკმაოდ არ იქნება: მხოლოდ ოკეანის ფსკერს თუ გაჰყვითს მანტიამდე. გასაგებია ამიტომ, რომ გეოლოგების წარმოდგენებს, მიწის ქერქის ფუძის შესახებ მეტნაკლებად ჰიპოთეზური ხასიათი აქვს.

XIX საუკუნეში, როდესაც მზის სისტემის კანტ-ლაპლასისეული თეორია საყოველთაო ნდობით სარგებლობდა, ფიქრობდნენ, რომ გავარვარებული მიწა დასაწყისში მთლიანად მდნარი იყო, დიდძალ სითბოს ასხივებდა კოსმოსურ სივრცეში და ცივდებოდა. ვაცივება, რა თქმა უნდა, ვარედან ხდებოდა და მალე, როგორც კი ზედაპირის ტემპერატურამ აქ ვარცელებული მინერალების დნობის წერტილამდე დაიწია, მიწას მყარი ქერქი გადაეკრა. რაკი ვაცივება შემდეგაც გრძელდება, იგულისხმებოდა, რომ ქერქი თანდათან სქელდება ქვევითკენ, როგორც ყინულის საფარი ტბაზე ან ზღვაზე ზამთარში. მის აწინდელ სისქეს 100 კილომეტრის რიგისად მიიჩნევდნენ.

ასეთი შეხედულება ლოგიკურად უეჭველად თანამიმდევრული არის და ქერქის ინდივიდუალობასაც მკაფიოდ განსაზღვრავს: გარეთ მყარი ქერქი, რომელსაც ლ ი თ ო ს ფ ე რ ო ს უწოდებდნენ, და მას ქვეშ მდნარი შიგნეთი ანუ პ ი რ ო ს ფ ე რ ო . რაც შეეხება ქერქის ქიმიურ შემადგენლობას, ფიქრობდნენ, რომ იგი კონტინენტებში და ოკეანეს ქვეშ ერთნაირია, მხოლოდ სიღრმისკენ თანდათან ერთშიც და მეორეშიც უფრო ფუძე ხდება.

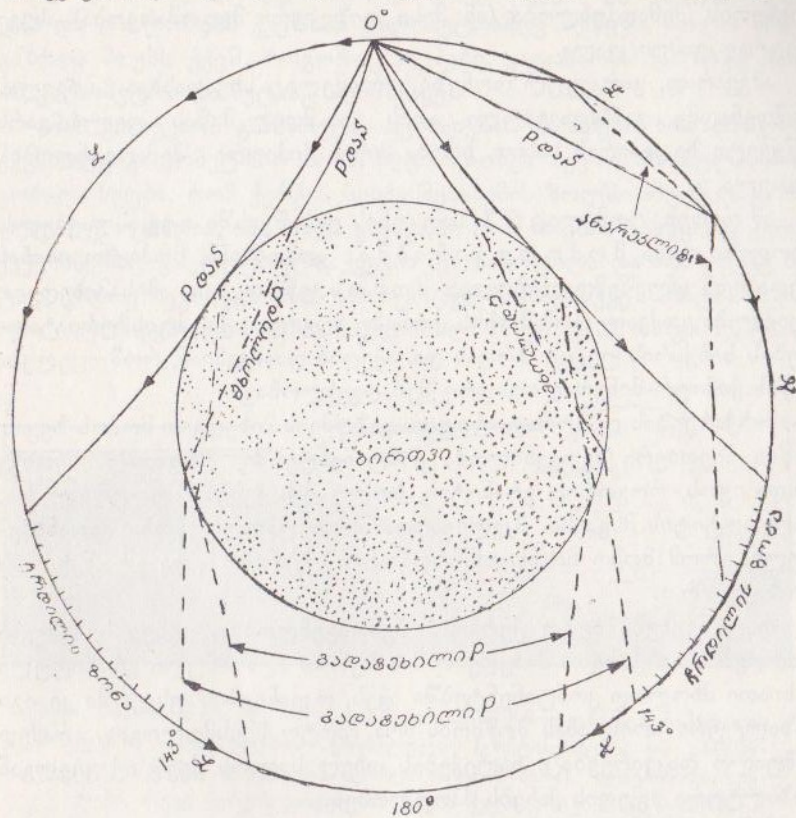
XX საუკუნეში ეს წარმოდგენები უკუგდებულ იქნენ. ჯერ ერთი იმის გამო რომ, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გამოირკვა, რომ, მიუხედავად მრავალი უდავო ღირსებისა, კანტ-ლაპლასის თეორია მისაღები არ არის, და უმთავრესად კი სეისმოლოგიის განვითარების შედეგად. მართლაც, დღეს ცნობილია, რომ მიწისძვრა დრეკადი ტალღებით ვრცელდება, კერძოდ გასწვრივი P-ტალღებით და გარდ-იგარდმო S-ტალღებით. პირველნი ვრცელდებიან როგორც მყარ, ისე თხევად გარემოში, მეორენი მხოლოდ მყარში—სითხეში მათი გავრცელება გამორიცხული არის—და აი გამოირკვა, რომ ქერქქვეშ ვრცელდებიან არა მარტო გასწვრივი ტალღები, არამედ გარდ-იგარდ-მონიც (სურ. 242). მაშასადამე, ქერქქვეშ ნივთიერება მყარ მდგომარეობაში უნდა იყოს.

აქ ბუნებრივად ისმის კითხვა: თუ ნივთიერება ქერქქვეშაც მყარი არის, როგორ-ღა შეგვიძლია ქერქქვეშეთზე ვილაპარაკოთ. რით გაირჩევა ქერქი ქვეშეთისაგან?

ამ კითხვაზედაც პასუხს იგივე სეისმოლოგია იძლევა. როგორც ვიცით, სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარე დამოკიდებულია გარემოზე, რომელშიც გავრცელება ხდება: სხვადასხვა ქანში სიჩქარე სხვადასხვა არის, ზოგში მეტი, ზოგში ნაკლები. მიწის ქერქში საერთოდ სიჩქარე თანდათან მატულობს სიღრმესთან ერთად. ჯერ მატე-ბის ტემპი თანაბარია, მაგრამ გარკვეულ სიღრმეზე მკაფიო ნახტომს აქვს ადგილი: P-ტალღების და S-ტალღების სიჩქარე ხომ სხვადასხვაა, მაგრამ ერთიც და მეორეც უეცრად იზრდება. ზოგადად რომ ვთქვათ P-ტალღებისთვის სიჩქარეს 6,2 — 7 km/sec სცვლის 8,15 კილომეტრი სეკუნდში (km/sec).

რით უნდა იყოს ეს გამოწვეული? ექსპერიმენტულად დადგენილი არის, რომ სეისმური ტალღების სიჩქარის ცვლა შეიძლება დაკავშირებული იყოს ან გარემოს ნივთიერი შემადგენლობის, ან წნევის, ან ორისავე ცვლასთან. სანამ სიჩქარის ზრდა თანაბრად მიმდინარეობს, მისი გამომწვევი მიზეზი შეიძლება იყოს წნევის (და, მაშასადამე.

კუმშვა-სიმკვრივის) ზრდა, ან ნივთიერი შემადგენლობის ცვლა, ან ორივე ერთად. მაგრამ სიჩქარის უეცარი შეცვლა მხოლოდ გარემოს



სურ. 242. სეისმური ტალღების გავრცელება მიწის შიგნეთში. მიწის ქერქი გარე წრეხაზით არის წარმოდგენილი. მას მოჰყვება მანტი. შემდეგი დაწერტილი წრე ბირთვია. კერიდან გამო-მავალი ხაზები ტალღების მიმართულებას („სხივებს“) წარმოადგენენ. საუბრადადგება მათი გადატეხა ბირთვში შესვლისას და ბირთვიდან გა-მოსვლისას, რაც სიჩქარის სწრაფი ცვლით არის გამოწვეული. გადატეხა უნდა იყოს ქერქს ქვეშაც, მაგრამ ამ მაშტაბით მისი გამოხატვა შეუძ-ლებელია. მანტიაში არის როგორც S, ისე P-ტალღები; ბირთვში მხო-ლოდ P ტალღებია.

ნივთიერი შემადგენლობის (ან მისი ფიზიკური მდგომარეობის) ასეთივე ნახტომისებური შეცვლით შეიძლება. სიმკვრივის უეცარი

შეცვლა ამის გარეშე შეუძლებელი იქნებოდა. მაშასადამე, სეისმური ტალღების სიჩქარის ნახტომისებური ცვლა მოწმობს, რომ მიწის შიგნეთის შემადგენლობა (ან მისი ფიზიკური მდგომარეობა) ასევე უეცრად გამოიცვალა.

ამგვარად, გარკვეულ დონეზე, რომელიც სხვადასხვა ადგილას რამდენადმე განსხვავებული არის და მთელ მიწას უვლის გარს უწყვეტი ზედაპირის სახით, ხდება მიწის ქიმიური შემადგენლობის შეცვლა.

ამ დონეს, რომელიც XX საუკუნის დასაწყისში იუგოსლავიელმა გეოფიზიკოსმა მოპოროვიჩიჩმა აღმოაჩინა, მოპოროვიჩიჩის ზედაპირს ანუ შემოკლებულად მოპოს უწოდებენ. ამის მიხედვით შეიძლება ვთქვათ, რომ მოპოს დონეზე ადგილი აქვს სეისმური ტალღების სიჩქარის უეცარ ზრდას და, აქედან დასკვნის, რომ იცვლება მიწის ქიმიურ-მინერალოგიური შემადგენლობაც.

სიჩქარეების ლაბორატორიული გაზომვის მიხედვით მოპოს ზევით მიწის ნივთიერი შედგენილობა კონტინენტებში ზოგადად ისეთივე უნდა იყოს, როგორც გრანიტის, ხოლო მას ქვევით ულტრაფუქია, პერიდოტიტის მსგავსი. მკვლევართა დიდი უმრავლესობა შეთანხმებულია, რომ მოპო მიიჩნიონ, როგორც ქერქის და მანტიის საზღვარი.

რაც შეეხება თვით ქერქის შემადგენლობას, ისევ სეისმური ტალღების სიჩქარეთა მიხედვით მას ზემოთ აღნიშნული გრანიტული ხასიათი მხოლოდ კონტინენტებში აქვს, ოკეანეების ფსკერში კი იგი ბაზალტური არის. ამას მოწმობს არა მარტო სეისმოლოგია, არამედ უშუალო დაკვირვებაც: ნალექების თხელ საფარს ქვეშ იქ ყველგან ბაზალტური ჯგუფის ქანებს ჰპოულობენ.

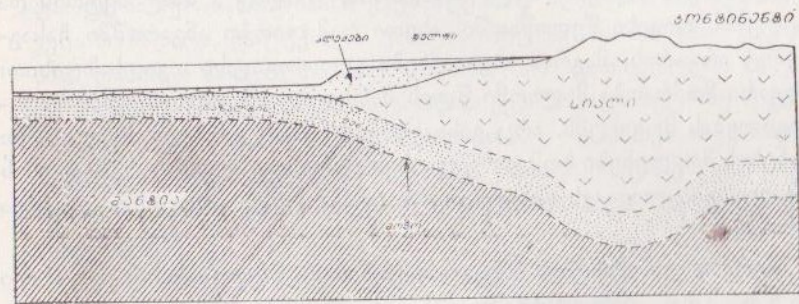
მაშასადამე, თანამედროვე წარმოდგენით ქერქი არის მიწის გარე ფენა, რომლის შედგენილობა კონტინენტებში გრანიტული არის და ოკეანეების ფსკერქვეშ — ბაზალტური.

მხოლოდ, ეს შეხედულება ერთგვარ შესწორებას მოითხოვს: ბოლო დროს აღნიშნავენ, რომ ბაზალტური ფენა კონტინენტებს ქვეშაც გრძელდება. გარკვეულ ადგილებში და, კერძოდ, კონტინენტების კიდეზე ეს დადასტურებულადაც შეიძლება ჩაითვალოს, მაგრამ ამ ფენის უწყვეტობა კონტინენტებს ქვეშ (სურ. 243) ჯერ კიდევ სადავო არის.

რაც შეეხება მიწის ქერქის სისქეს, ე. ი. მოპოს მდებარეობის

სიღრმეს, იგი ოკეანეებს ქვეშ საკმაოდ ერთგვაროვანი არის და უდრის მხოლოდ 5—6 კილომეტრს. კონტინენტებს ქვეშ ბევრად უფრო დიდია და დაბლობებს ქვეშ 20 კილომეტრამდე აღწევს, ხოლო ახალგაზრდა მთებს ქვეშ, როგორც ალპები, კავკასიონი და სხვა არის 40 კილომეტრს და მეტსაც აღნიშნავენ.

ამას ერთგვარი განმარტება სჭირდება: ეს მთები ხომ მხოლოდ ექვსიოდე კილომეტრით არის ზღვის დონეს ზევით აზიდული: როგორ-ღა ხდება, რომ ქერქის სისქე შესაბამის ზოლში ამდენად გაზრდილა? ეს, ცხადია, ისე უნდა გავიგოთ, რომ მთების გასწვრივ ქერქი ქვევითკენაც გასქელებულა, ქვევითკენ ჩაზრდილა და თან კიდევ მეტად, ვიდრე ზევითკენ არის ამობურცული. მთებსქვეშ მანტიაში თითქო დაყირავებული მთებია ჩაფლობილი (სურ. 243), როგორც ტბაში



სურ. 243. მიწის ქერქი. თანამედროვე წარმოდგენა სეისმოლოგიის მიხედვით. საყურადღებოა „გრანიტული“ (კონტინენტები) და „ბაზალტური“ (ოკეანის ფსკერი და კონტინენტების ძირი) ფენების გავრცელება, ასევე ქერქის გასქელება მთებს ქვეშ („მთების ფესვები“).

გამოჩნდება ხოლმე ნაპირის გორები გადაბრუნებული. ამაზედ ამბობენ, მთების ფესვებო.

აქ თითქო აშკარა წინააღმდეგობა არის: იმისათვის, რომ მთების ფესვები მანტიაში ჩაფლობილი იყვნენ, მანტია ქერქს ქვეშ პლასტიური და დენადიცი უნდა ყოფილიყო. იმავე დროს სეისმური მონაცემების მიხედვით მანტია მყარი არის და მტკიცე.

როგორ არის ეს შესაძლებელი?

ამასთან დაკავშირებით საჭიროა აღინიშნოს, რომ მყარი ტანის სიმტკიცე, ე. ი. ფორმის შეცვლისადმი წინააღმდეგობა, სხვადასხვაგვარად შეიძლება ძალის უეცარი თუ ხანგრძლივი მოქმედების

შემთხვევაში. ცნობილია, რომ მინის მიღს რომ რამე დავარტყათ, დაიმსხვრევა; მისი მოხრა რომ მოვისურვოთ, გატყდება, მაგრამ იგივე მილი რომ მაგიდიდან მაგიდაზე გავდოთ და დავტოვოთ კვირების განმავლობაში, იგი ჩაიღუნება საკუთარი წონის გავლენით: პატარა ძალაა, მაგრამ ხანგრძლივად მოქმედებდა და მინის სიმტკიცე დასძლია. ასევეა მანტიაც: მიწისძვრის ტალღებისათვის იგი მტკიცეა, ხოლო ხანგრძლივ ზემოქმედებას უპასუხებს, როგორც პლასტიური მასა. კიდევ მეტი, გეოფიზიკოსებს საეჭვოდ არ მიაჩნიათ, რომ მანტიაში განუწყვეტლივ მიმდინარეობს კონვექციური დინებები, ტემპერატურათა სხვაობით გამოწვეული, რასაც ხელს უწყობს მაღალი ტემპერატურაც, რომელიც გაბატონებული არის ქერქქვეშ.

როდესაც მანტიის დინებას ამბობენ, არ უნდა დავივიწყოთ, რომ იგულისხმება ძლიერ ნელი მოძრაობა, რაღაც 1 სანტიმეტრის და ნაკლების რივისა წელიწადში. ასეთი რამ თითქო ანგარიშში ჩასადებიც არ არის, მაგრამ სხვა იქნება გეოლოგიური თვალსაზრისით: ამგვარი მოძრაობა მილიონი წლის მანძილზე 10 კილომეტრის გადაადგილებას მოგვცემს. არც გასაკვირვალი რამე არის ამ მოვლენაში: დინების მოვლენები ხომ კარგად არის ცნობილი თვით ქერქშიც. ამის მაგალითია კლივაჟის განვითარება დანაოჭების პროცესში და სხვა მისთანა.

ქერქსა და მანტიას შუა მეტად თუ ნაკლებად მკვეთრი საზღვარი იგულისხმება. ეს ადვილი გასაგები იყო, როდესაც ქერქქვეშეთი მდნარი წარმოედგინათ: განსხვავება და საზღვარი შეეხებოდა არა ქიმიურ-მინერალოგიურ შემადგენლობას, არამედ ნივთიერების ფიზიკურ მდგომარეობას ანუ ფაზას (მყარი/მდნარი), ახლა კი ქიმიურ-მინერალოგიური შემადგენლობის უეცარ შეცვლაზედ არის ლაპარაკი და ეს გაუგებარი რჩება. ამიტომ ბევრი მკვლევარი მოჰოს დონეზე რაღაც ფიზიკური ფაზის ცვლას თუ ცვლასაც ჰგულისხმობს, რომელიც ისევე, როგორც საზღვარი მყარი/მდნარი, ტემპერატურის და წნევის პირობებზე იქნება დამოკიდებული. ზოგი ფიქრობს, რომ ეს შეიძლება იყოს ფაზური ცვლა კრისტალური/მინერალოგი: ზედა მანტია მინერალოგი არის, ხოლო ქერქი კრისტალური. ადვილი დასანახავია, რამდენად ემსგავსება ასეთი შეხედულება ძველ წარმოდგენას მყარი/მდნარი. სამწუხაროდ მისი რეალობის უშუალო მაჩვენებელი ჯერ არაფერი ჩანს. მიუხედავად გეოფიზიკის მიღწევებისა ეს და სხვა მსგავსი საკითხები ჯერჯერობით გაურკვეველი რჩებიან.

მიწის ქერქის მოძრაობა. მცირეოდენი დაკვირვება საკმაოდ არის, რათა დავრწმუნდეთ, რომ მიწის ქერქის სხვადასხვა მოძრაობას ჰქონია ადგილი და მოძრაობა მიმდინარეობს დღესაც. ამის მაჩვენებელია პირველ რიგში ზღვიური და კონტინენტური ნაღვეების მორიგეობა ამა თუ იმ მხარეში.

როგორც ვიცით, თელეთის ქედზე თბილისთან გაშიშვლებულია ქვიშაქვები, რომლებშიც ნუბულიტებს ჰპოულობენ. ეს ქვიშაქვები ზღვას ქვეშ დალექილან და დღეს კი 1000 და მეტი მეტრის სიმაღლეზე მდებარეობენ ზღვის დონიდან. მაშასადამე, ქერქს აქ აზვევება განუცდია.

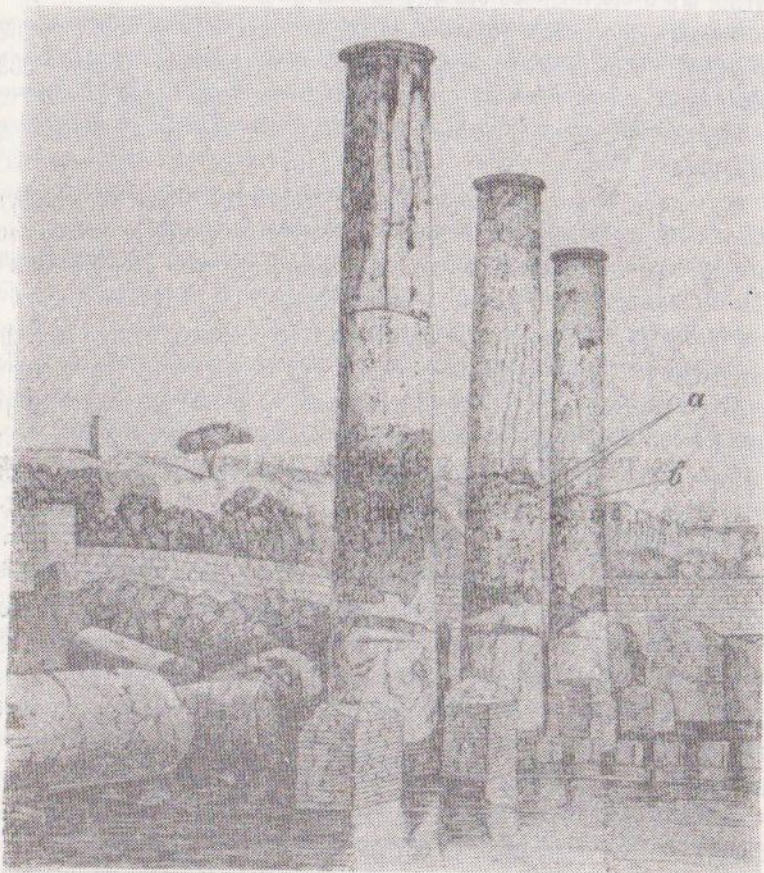
ოკრიბაში ზღვიურ იურულ ნალექებზე მდებარე კონტინენტური ნახშირიანი ქვიშაქვები ცარცული ზღვიური კირქვებით არიან გადაფარული: ჯერ ნახშირიანის ქვეშ მდებარე ზღვიური ნალექების აზვევება მომხდარა, დალექილა კონტინენტური ნახშირიანი წყება, და ამას დაძირვა მოჰყოლია; საქმე ამითაც არ გათავებულა: ზღვიური ცარცული კირქვები დღეს ნაქერალის ქედში კილომეტრზე მეტ სიმაღლეზე არიან აზიდული ზღვის დონიდან, — დაძირვა ისევ აზვევებას შეუცვლია. ასეა ყველგან ხმელეთზე. არსად კონტინენტებზე ისეთი ადგილი არ არის ცნობილი, რომ ერთ დროს ზღვით არ ყოფილიყოს დაფარული.

თბილისშიც და ოკრიბაშიც ნალექები დანაოჭებული არიან. აზვევება-დაძირვა აქ, როგორც სხვა მთიან მხარეებში, დანაოჭებას უკავშირდება. რუსეთის ველზე მსგავსი მოძრაობა პორიზონტულ შრეებს განუცდიათ — მოძრაობას სადა ვერტიკალური ხასიათი აქვს.

ხმელეთის აწევ-დაწევას, ცხადია, სანაპირო ზონის წინსვლა-უკუქცევა, ე. ი. ზღვის ტრანსგრესია და რეგრესია უნდა მოჰყვეს. იტალიის ქალაქი რავენა წარსულში საზღვაო პორტს წარმოადგენდა, დღეს კი 6—7 კილომეტრით არის ზღვას დაცილებული, — წარმოებს ხმელეთის აზვევება და ზღვის რეგრესია. გეოლოგიურ წარსულში ასეთი მოვლენები შეუდარებლად უფრო დიდი მასშტაბით არიან ცნობილი.

ზღვის უკან დახევის კარგი მაჩვენებელი არის ზღვიური ტერასები (სურ. 171), რომელნიც აწინდელი ზღვის დონიდან მეტად თუ ნაკლებად მაღლა მდებარეობენ და ზღვიური ნამარხების შემცველი ნალექით არიან დაფარული. ასეთი ტერასი არაერთია კასპიური და შავი ზღვის სანაპიროზე. ისინი ზღვასქვეშ განვითარებულან აბრაზიის შედეგად, შემდეგ კი აზვევება განუცდიათ და ხმელეთზე მოქცეულან.

ქერქის ასეთი მოძრაობები მომხდარა მრავალი მილიონი წლის წინათ, როგორც, მაგალითად, ოკრიბაში, და ხდება ადამიანის თვალ-წინაც, როგორც რავენაში. ამ მხრივ საყოველთაოდ ცნობილი არის



სურ. 244. პოცუოლი. ლოკოკინების ფოსოები სვეტებზე (რამდენიმე მითითებულია ისრებით).

პოცუოლის მაგალითი (სურ. 244). ეს არის პატარა რომაული ქალაქის ნანგრევი იტალიაში, ნეაპოლთან. ღ ა ი ე ლ მ ა ყურადღება მიაქცია მაღალ სვეტებს, რომელნიც სერაპისის ტაძრის ნაშთად ით-

ვლებოდნენ¹ და რომელნიც, როგორც დღეს ირკვევა, ქულბაქს უნდა ეკუთვნოდნენ. 6 მეტრის სიმაღლემდე ეს სვეტები ფოსოებით არიან დასვრეტილი. ფოსოები მღრღნელ ზღვიურ მოლუსკებს ამოუჭრიათ. Pholas-ებს. რაც ექვს გარეშე მტკიცდება იმ გარემოებით, რომ ზოგ ფოსოში ამ მოლუსკის ნიჟარაც შენახულა. დასკვნა ცხადია: ქულბაქი, რა თქმა უნდა, ხმელეთზე გაშენდებოდა; შემდეგ ადგილი დაძირულა და სვეტები 6 მეტრამდე წყალში მოქცეულან და დღეს კი ისევ ხმელეთზედ არიან.

როდესაც ქერქის ამგვარ მოძრაობაზედ არის ლაპარაკი, არ იქნება, რომ ბალტიკა და სკანდინავია არ მოიხსენიონ. უკვე საუკუნე-ნახევარზე მეტია, რაც შეამჩნიეს, რომ ეს მხარე თანდათან ზევით იწევს. ამას მოწმობს სხვადასხვა სიმაღლის ზღვიური ტერასები და უშუალო დაკვირვებები ზღვის პირას, რომელთაც მას შემდეგ აწარმოებენ. მოვლენა შესწავლილია ოდენობითადაც. აზვევება მაქსიმალური არის ბოტნიური უბის ჩრდილო დაბოლოების უბანზე და აქედან ყველა მიმართულებით კლებულობს ნულამდე, როგორც ეს სურათზე არის გამხატული იზონახებით (სურ. 245). აღსანიშნავია, რომ პოლანდისკენაც აზვევების სიდიდე ნულამდე ჩამოდის, მაგრამ საქმე ამით არ თავდება. თვით პოლანდიაში (სურათზე მოცემული ფართობის გარეთ) მოძრაობის ნიშანი შებრუნებულია და დაძირვა მიმდინარეობს. აქ ჩრდილო ზღვის ძველი ნაპირები ზღვის დონეს ქვეშ არიან მოქცეული და დამბები გამხდარა საჭირო, რათა დასახლებული ადგილები წყალმა არ გადაჰფაროს. ეს, ასე ვთქვათ, დღევანდელი ამბავი არის, ხოლო ჩრდილო ზღვის ფსკერის რელიეფის დეტალური შესწავლა მოწმობს, რომ ამ ზღვაში შემაჯავლი მდინარეების ხეობები შორს გრძელდებიან წყალქვეშ ჩრდილოეთისკენ (სურ. 246). ამკარა არის, რომ ეს გეოლოგიურად ახლო წარსულში დაძირული ხმელეთი არის.

დასასრულ, ისეთი ახალგაზრდა რელიეფის არსებობა, როგორცაც კავკასიაში, ალპებში და სხვაგან ვხედავთ, აგრეთვე ახლო წარსულში მომხდარი აზვევების მაჩვენებელი არის, თორემ ისინი ეროზიას უნდა მოესწორებია, პენეპლენებად უნდა ექცია.

ეპიროვენეტური მოძრაობები. მიწის ქერქის მოძრაობის ზემოთ

¹ სერაპისი ეგვიპტელების ღმერთი იყო. რომაელებს ჩვეულება ჰქონდათ, დაპურობილი ხალხის ღმერთებისთვის ტაძარი აეგოთ და ამგვარად მოემადლიერებიათ.

ჩამოთვლილი მაგალითები შეიძლება ორ ჯგუფად გაიყოს: 1. მოძრაობები, რომელთა პროცესში ზევით ან ქვევით გადაადგილება ხდება მხოლოდ და ტექტონიკური აგებულება არსებითად უცვლელი რჩება. ასეთ მოძრაობებს ეპიროგენეტურს¹ უწოდებენ. 2. მოძრაობები, რომელნიც, როგორც ოკრიბაში და თბილისში, ნაოჭების და ნახსლეტების განვითარებას იწვევენ, ესე იგი სტრუქტურას სცვლიან.



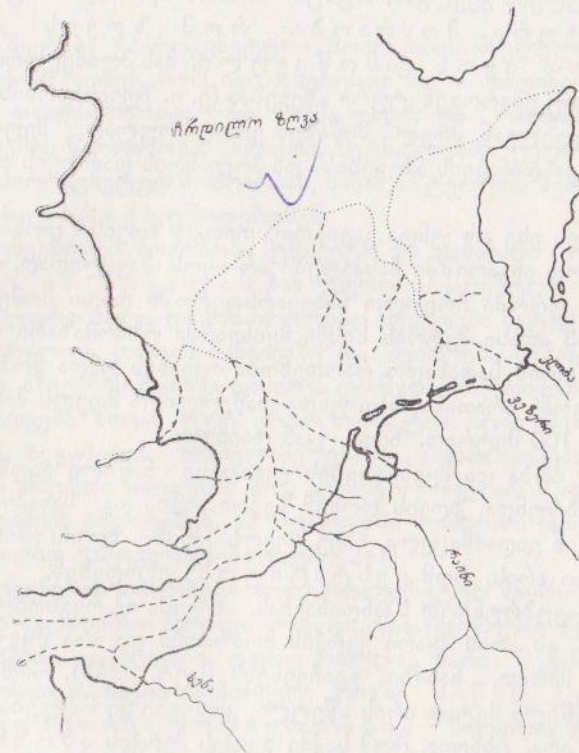
სურ. 245. სკანდინავიის იზობაზები. ციფრებით აღნიშნულია აზეების სიდიდე, რომელიც მაქსიმალური არის ბოტნიური უბის შუა ნაწილში.

ესენი მთების წარმოშობასთან არიან დაკავშირებული და ამიტომ მათ ეპიროგენეტურს² უწოდებენ.

¹ „ეპეირა“, ბერძნ. — ხმელეთი, „გენეზის“ — წარმოშობა: — ხმელეთის წარმოშობი. მრავალჯერ აღუნიშნავთ, რომ ტერმინი უხერხულია: ეპიროგენეზისს შეუძლია წარმოშვას როგორც ხმელეთი, ისე ზღვაც (დაძირვის შემთხვევაში).

² „ოროს“ ბერძნ. — გორა, გენეზის — წარმოშობა. — მთების წარმოშობი.

ეპიროგენეტური აზეების თუ დაძირვის სიდიდე ზღვის დონიდან იზომება. ზღვის დონე არის სიმაღლეთა რეპერი¹. მაგრამ ზღვის დონეც ხომ შეიძლება აიწიოს ან დაიწიოს! შედეგი ისეთივე იქნება, თითქო ხმელეთს დაეწიოს ან აეწიოს. რადგან სიმაღლეს სხვას ველარაფერს შევადარებთ, ამ ორ შესაძლებლობას შორის არჩევანი შეუძლებელი ჩანს. გასაგებია ამიტომ, რომ შეიძლება გვეფიქ-



სურ. 246. ჩრდილო ზღვის ფსკერი. ჩანს, როგორ გრძელდება ზღვას ქვეშ ჩაინისა და სხვა მდინარეების ხეობები. ლამანშ-პადეკალესაც დაძირულ ხეობად სთვლიან.

რა, თითქო ეპიროგენეზისი წარმოადგენს არა მიწის ქერქის მოძრაობას, არამედ ზღვის დონის აწევ-დაწევას: დაიწია ზღვის დონემ — ეს მოგვცემს თითქო ხმელეთის აზეებას და სანაპირო ხაზი ზღვისკენ

¹ Repère, ფრანგ. — საყრდენი, სახელმძღვანელო ნიშანი.

დაინეგს; აიწია ზღვის დონემ — სურათი ისეთი იქნება, თითქო ხმელეთი დაძირულიყოს.

მაინც ასეთი წარმოდგენა აშკარად მიუღებელი არის. ზღვები და ოკეანეები ყველა შეერთებული არის ერთმანეთთან და მათი დონე პრაქტიკულად ერთია — ეს არის გეოიდის ზედაპირი. თუ იგი შეიცვალა წყლის რაოდენობის ან ოკეანეთა ტევადობის შეცვლის გამო, შეიცვლება ყველგან, თუმცა არათანასწორად. ამიტომ ეპიროგენეტური მოძრაობა რომ ზღვის დონის ცვლებით იყოს გამოწვეული, მას პლანეტური ხასიათი ექნებოდა: თუ ეპიროგენეტური აზევებაა (ე. ი. ზღვის დონის დაწვევა), ასე იქნება ყველგან, მთელ მიწაზე ერთდროულად. შეუძლებელი იქნებოდა სკანდინავიის აზევებისა და ჰოლანდიის დაძირვის თანადროულობა.

მაგრამ ეს ისე არ უნდა გავიგოთ, თითქო ზღვის დონის მოძრაობა საერთოდ ანგარიშში ჩასაგდება არ იყოს. მაგალითად, როდესაც მეოთხეულ დროში ჩრდილო ნახევარსფეროში დიდი მომყინვარება მოხდა, 2—3 ათასი მეტრის სისქე მყინვარმა უზარმაზარი ფართობი დაჰფარა. წყლის სათანადო რაოდენობა ოკეანეს უნდა მოჰკლებოდა და ზღვის დონე არათანაბრად უნდა დაწვეულიყო მთელს მიწაზე, დაახლოებით 100 მეტრით. ზღვა უკან დაიხევდა.

შემდეგ ათბა და მყინვარების უდიდესი ნაწილი გადნა. წყალი ზღვას დაუბრუნდა, ზღვის დონემ ზევით აიწია და სანაპირო ხაზმა ხმელეთისკენ გადაინაცვლა, ისევ მთელს მიწაზე. ზღვის დონის ასეთი მოძრაობები არის, რომ ევსტატიურს¹ უწოდებენ.

ახლა დავუბრუნდეთ სკანდინავიას. აზევება იქ რეგიონული არის. მაშასადამე, ეს არის მყარი ქერქის მოძრაობა და არა წყლის დონისა. მეორე მხრით, ნახაზი გვიჩვენებს (სურ. 245), რომ რეგიონის შუა ნაწილი მეტად არის აწეული, კიდევები კი ნაკლებად და ბოლოს სულ არა. ცხადია, რომ საქმე გვაქვს ქერქის ამოზნექვასთან და არა უბრალო აწევასთან. სხვაგვარად არც შეიძლებოდა მომხდარიყო: თუ ამოზნექვა არ იქნებოდა, ქერქი უნდა გაწყვეტილიყო და ჰორსტისებური სტრუქტურა მიგვედო.

ამგვარად, ეპიროგენეზი ქერქის სტრუქტურას არ სცვლის, მაგრამ ქერქის დეფორმაციას კი იწვევს. აქ ეს დეფორმაცია შეეხება ქერქის მთელ სისქეს და არა ცალკეულ შრეებს და წყე-

¹ „ევსტატიუს“, ბერძნ. — მკვიდრი, წყნარი.

ბებს, წარმოიშობა დიდრადიუსიანი ზნექვები და არა ხაზებრივი ნაოჭები, როგორც მთებშია.

დასასრულ, განსაკუთრებით საყურადღებოა, რომ ეპიროგენეტური დეფორმაცია შე ბ რ უ ნ ე ბ ა დ ი არის: იქ, სადაც ამოზნექვა ხდება, შეიძლება შემდეგ ამას ჩაზნექვა მოჰყვეს იმავე ადგილას. ამ მხრივაც სულ სხვაა დანაოჭება: იგი შე ე უ ბ რ უ ნ ე ბ ა დ ი (ირრევერსიბლი¹) არის და ერთხელვე დანაოჭებული შრეები ვეღარ გაიმართებიან.

რაც შეეხება ეპიროგენეტური მოძრაობის მსვლელობას, იმთავითვე აღნიშნავდნენ, რომ იგი უაღრესად ნელა მიმდინარეობს, ადამიანური თვალსაზრისით, რა თქმა უნდა, და რადგან ფიქრობდნენ, მთების წარმოშობა, პირიქით, მეტნაკლებად უეცარი მოვლენა არისო, ეპიროგენეტურ მოძრაობას, სანამ ამ ტერმინს შემოიღებდნენ, საუკუნეებრივს უწოდებდნენ.

საუკუნეებრივი მოძრაობა უწყვეტი და თანაბარი როდი არის: ამა თუ იმ ადგილას ხან უფრო აჩქარებული მიმდინარეობს, ხან უფრო ნელა და ხან სრულიად შეწყდება მეტად თუ ნაკლებად ხანგრძლივი დროის მანძილზე და შეიძლება ნიშანიც შეიცვალოს, ე. ი. აზევების შემდეგ დაძირვა დაიწყოს ან პირიქით. ამ მოვლენების დადგენა ზოგან უკვე დიდი სიზუსტით არის შესაძლებელი: თუ მიწის ზედაპირის რომელიმე უბანი წინათ, ვთქვათ, ნახევარი საუკუნის ან ერთი საუკუნის წინ, გეოდეზიურად არის აგეგმილი და დღეს აგეგმვას იმეორებენ, ამ შუალედში მომხდარი მთელი ცვლილება ნათლად გამოვლინდება (სურ. 247).

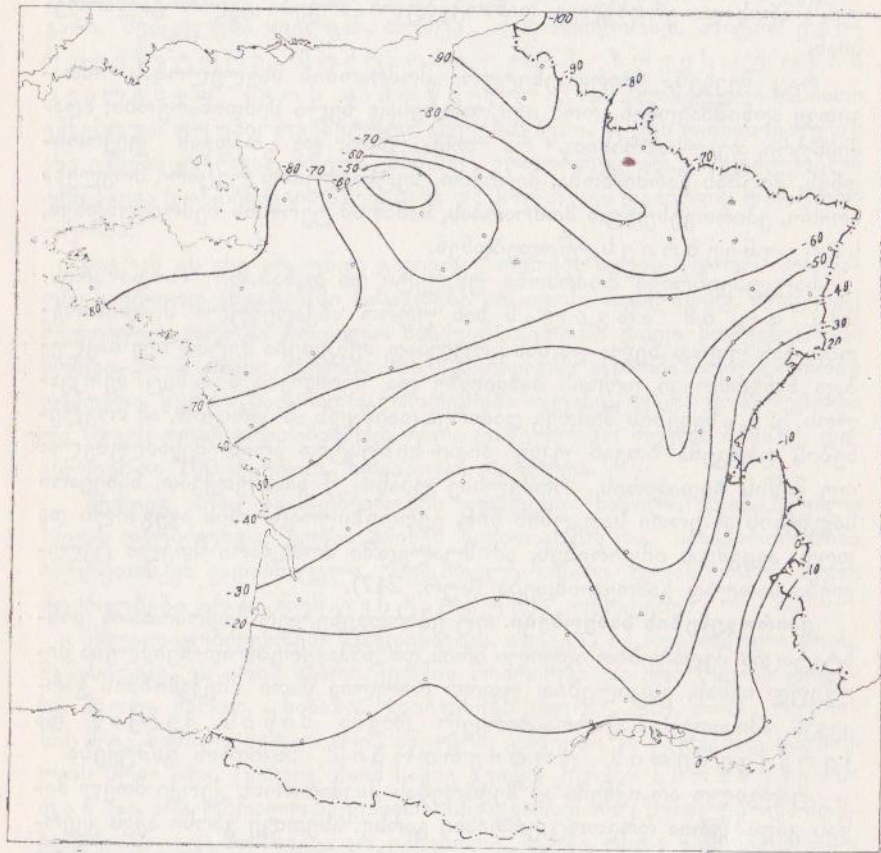
ეპიროგენეზის სახეობები. თუ ეპიროგენეტურ მოძრაობათა კონსტატაცია შედარებით ადვილი არის და დამაჯერებლად შეიძლება მიღწეულ იქნას, გაცილებით უფრო რთულია მათი მექანიზმის გარკვევა. ამისათვის საჭიროა პირველ რიგში მიწის ქერქის და ქერქქვეშეთის ურთიერთობის საკითხის გაშუქება.

უადგილო არ იქნება აქ შედარებას მივმართოთ. ქერქი მთელ მიწას გადაჰკვრია როგორც ერთიანი გარსი. ასეთივე გარსი აქვს კვერცხსაც ნაჭუჭის სახით. ნაჭუჭი რომ გავხვრიტოთ და ცილა და გული ერთიანად ამოვწუნოთ, როგორც ამას ზოგჯერ შვრებიან, ნაჭუჭს არაფერი შეეცყობა, მისი ფორმა იგივე დარჩება. ეს იმას ნიშნავს, რომ ნაჭუჭი იმდენად მტკიცეა, რომ შეუძლია თავისი წონა თვითონ-

¹ Reversible, ფრანგ. — შებრუნებადი, ir (იგივე in) უარყოფის ნიშანი; — არშებრუნებადი.

ვე ზიდოს. ნაკუჭი ცილას კი არ ეყრდნობა, ეხება მხოლოდ.

სულ სხვა ტომრის შემთხვევაში: ხორბლით სავსეს მას ცილინდრული ფორმა აქვს, მაგრამ ხორბალი რომ გადმოვყაროთ, ჩაიკეცება. იმ ფორმას დაჰკარგავს: ტომარას ისეთი სიმტკიცე არა აქვს, რომ



სურ. 247. გამეორებული ნივთების შედეგები სანტა-ანტონიო. იზოხაზები გვიჩვენებენ სიმაღლეთა ცვლას ორი ნივთების ინტერვალში. მთელი საფრანგეთი ძირს იწევს, მაგრამ ზოგან მეტად, ზოგან ნაკლებად. იზოხაზები აღნიშნავენ სიმაღლის თანაბარ ცვლას. საგულისხმოა რომის ხეობის ჩაზნექვა.

თავისი წონა თვითვე ზიდოს; იგი ხორბალს კი არ ეხება მხოლოდ, აწვეება მთელი თავისი სიმძიმით.

როგორია ამ მხრივ მიწის ქერქის მდგომარეობა? ქერქის სისქე და შემადგენლობა საკმაოდ ცნობილია და მისი მიახლოებული წონის გამოანგარიშება ძნელი არ არის. ცნობილია მიწის ქერქის შემადგენელი ქანების სიმტკიცეც, მშენებლების მიერ მრავალჯერ გაზომილი. და აი ირკვევა, რომ, თუ ქერქს საყრდენი გამოსცლოდა ქვეშ, იგი მთლიანად დაიშხვრეოდა და ჩაიქცეოდა. თუ ასე არ მომხდარა მხოლოდ იმიტომ, რომ ქერქი თითქმის მთელი თავისი სიმძიმით ქვეშეთს ეყრდნობა.

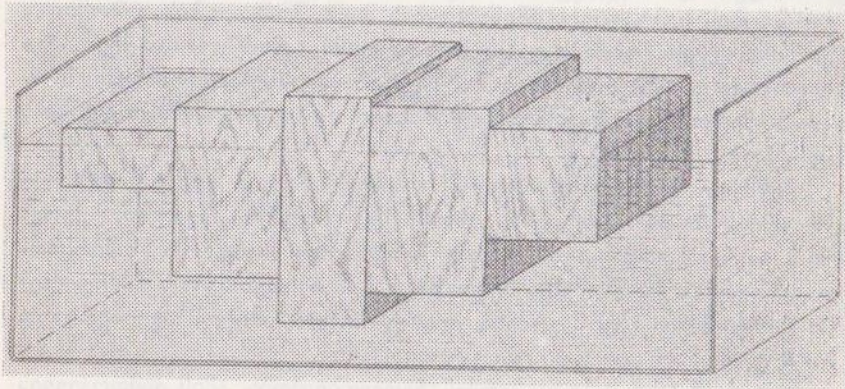
ქვეშეთი მყარი არის, მაგრამ ბლანტი. ამიტომ ქერქი ჩაფლობილი არის ზედა მანტიაში, როგორც ყინული წყალში. ქერქი რომ უფრო მკვრივი იყოს, ვიდრე მანტია, იგი მანტიაში ჩაიძირებოდა, როგორც ქვა წყალში. ნელა, მაგრამ ჩაიძირებოდა. სინამდვილეში ქერქი ნაკლებად მკვრივია, ვიდრე მანტია. ამიტომ იგი მხოლოდ ჩაფლობილია და ტივტივებს.

თუ რამდენად დიდია ქერქის ჩაფლობილობა, ამის გამორკვევის საშუალებას პრინციპულად არქიმედის კანონი იძლევა: ქერქის გარკვეული ნაკვეთის წონა მისი ჩაფლობილი ნაწილის მიერ გადაადგილებული მანტიის მასის წონას უნდა უდრიდეს. ვთქვათ, ქერქის საშუალო სიმკვრივე, როგორც ჩვეულებრივ ჰგულისხმობენ, 2,7 არის. იყოს ქერქის აღებული ნაწილის სისქე 30 კილომეტრი. თუ დავუშვებთ, რომ ქერქქვეშეთის, ე. ი. მანტიის ზედა ფენის სიმკვრივე 3,3 არის, მივიღებთ, რომ წონასწორობისათვის საჭიროა, რომ ქერქი 24,5 კილომეტრის სიღრმემდე ჩაფლობილი იყოს და 4,5 კმ (დაახლოებით) მანტიის ვირტუალურ ზედაპირს ზევით დაჩქეს. ვირტუალური იმიტომ უნდა ვთქვათ, რომ მანტია არსად გაშისვლებული არ არის და მისი ზედაპირის მდებარეობა წარმოდგენითია. მდგომარეობა ისეთია, ოკეანეს რომ მთლიანად ყინულის საფარი გადაკვროდეს და წყალი აღარსად ჩანდეს.

თუ ქერქის რომელიმე ნაწილს სიმძიმე მოემატა (მაგალითად, ნალექების სახით), იგი უფრო ღრმად ჩაიფლვის (დაიძირება), თუ სიმძიმე მოაკლდა (ვთქვათ, დენუდაციის გამო) — ზევით ამოიწევს. ორივე შემთხვევაში დამყარდება წონასწორობა, რომელსაც უკვე კარგა ხანია იზოსტაზია უწოდეს.

თუ ქერქის უბანი იმდენად არის ქვეშეთში ჩამჯდარი, რამდენიც ქერქისა და ქვეშეთის სიმკვრივეთა შეფარდებას შეეფერება, იზოსტაზია

სტაზიური წონასწორობა გვექნება — ქერქი უძრავია. თუ ამაზე ნაკლებადაა ჩაფლობილი, წონასწორობა დარღვეულია და დაძირვა დაიწყება და გავრძელდება, სანამ წონასწორობა არ დამყარდება. ჭარბი ჩაფლობის შემთხვევაში პირიქით ახვევება მოხდება. მაგა-



სურ. 248. წყალში მოტივტივე ხის პრიზმები. რაც უფრო მაღალია (მაშასადამე „სქელი“) პრიზმა, მით უფრო ღრმად არის იგი ჩაფლობილი წყალში.

ლითად, ზემოთმოტანილ მაგალითში ქერქის ჩაფლობილი ნაწილის სისქე რომ 20 კმ ყოფილიყო 24,5 კმ-ის ნაცვლად, წონასწორობა დარღვეული იქნებოდა და მის აღსადგენად ჩაძირვა დაიწყებოდა.

ამ მოვლენას სურ. 248-ზე მოცემული ნახაზით ან სხვა მისმაგვარიტ განმარტავენ ჩვეულებრივ. აქ კარგად ჩანს, რომ, რაც უფრო სქელია ბელტი, მით უფრო მაღლაა იგი აზიდული ზედაპირზე და უფრო ღრმად არის ჩაფლობილი ქვევით. მთების ფესვების განვითარების მექანიზმი ნათელი ხდება, მაგრამ აქვე მოულოდნელი საკითხი იზადება: სურათზე მოცემული ბელტები ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელი არიან. თავისუფალი მოძრაობა შეუძლიათ და ადვილად დააკმაყოფილებენ იზოსტაზიის პირობებს. მაგრამ მიწის ქერქი ხომ უწყვეტია, მის ნაწილებს ხომ დამოუკიდებელი მოძრაობის საშუალება არა აქვთ. როგორ-ღა უნდა დამყარდეს იზოსტაზიური წონასწორობა, მაგალითად, იმავე მთების ზოლში?

ასეთ კითხვაზე პასუხი შემდეგია. მართლაც, ქერქი უწყვეტია და მის პატარა ნაკვეთებს, მაგალითად ცალკეულ გორებს, დამოუკიდებ-

ბელი იზოსტაზიური წონასწორობის მიღწევა არ შეუძლიათ. მაგრამ სულ სხვაა მეტნაკლებად დიდი ნაკვეთის შემთხვევაში. იქ იზოსტაზიური ძაბვა შეიძლება იმდენად დიდი იყოს, რომ გადააჭარბოს ქერქის სიმტკიცეს და დასძლიოს მისი წინააღმდეგობა. ქერქი გაიღუნება და შესატყვისი უბანი ქვევით დაიწვეს ან ზევით აიწვეს იზოსტაზიის შესაბამისად. მხოლოდ, ამისათვის საჭირო არის საკმაოდ მოზრდილი უბანი. მაინც რამდენად? ამ ოდენობითს კითხვაზე პასუხის გაცემა ჯერჯერობით ძნელი არის, მაგრამ საეჭვო არაა, რომ ისეთი ერთეულებისათვის, როგორიც არის სკანდინავია, კავკასიონი და სხვა, იზოსტაზიური გადაადგილება რეალური ფაქტია.

ახლა შეიძლება ეპიროგენეტურ მოძრაობათა გენეტურ სხვადასხვაობას შევეხოთ.

ა) პირველ რიგში აღსანიშნავია იზოსტაზიური ბუნების მოძრაობები. საეჭვო არ არის, რომ სკანდინავიის დატვირთვა მყინვარით მეოთხეულ დროში ამ მხარის იზოსტაზიურ დაძირვას გამოიწვევდნ ჩაზნექვის სახით. როდესაც 10 000-ოდე წლის წინათ ეს მყინვარი დიდ ნაწილად გადნა, ამას მოჰყვა ასეთივე იზოსტაზიური ახვევბა, რომელიც დღესაც არ დამთავრებულა.

ასევე საკმაოდ სქელი ნალექების დაგროვებას ზღვის ფსკერზე თუ ხმელეთზე დაძირვა მოჰყვება. ხოლო დენუდაციას — ახვევბა. აქ აღსანიშნავია შემდეგი: როგორც ზემოთ დავინახეთ, ნალექებით დატვირთვა ქერქის დაძირვას გამოიწვევს, მაგრამ დაძირვის სიღრმე ნალექების სისქეს კი არ უდრის, ნაკლებია იმდენად, რამდენადაც ნალექების სიმკვრივე ნაკლები არის ქერქქვეშეთის სიმკვრივეზე.

იგივე ითქმის მთების დენუდაციის შესახებაც: გადარეცხვის გამო მთების წონა იკლებს და იწყება მათი იზოსტაზიური ახვევბა, მაგრამ ახვევბა ნაკლებია, ვიდრე გადარეცხვა, ამიტომ მთა მაღლა იწევს და სიმაღლე კი აკლდება (თუ ოროგენეტური ახვევბა არ დაემთხვა ეპიროგენეტურს).

ბ) ეპიროგენეტური დაძირვა შეიძლება ვულკანური ეფუზიის დავულკანური გორის წარმოშობამაც გამოიწვიოს, მხოლოდ ზოგის აზრით აქ დაძირვას ისიც უწყობს ხელს, რომ ზევით ამოსულმა ლავამ ქვევით ადგილი გაათავისუფლა. ადგილობრივი ეპიროგენეტური ახვევბა შეიძლება გამოიწვიოს მეტ-ნაკლებად დიდმა ინტრუზიამაც. საერთოდ ეს იქნება ვულკანოგენური მოძრაობები.

გ) ეჭვს გარეშეა, რომ უნდა იყოს ან შეიძლება იყოს ისეთი ეპიროგენეტური მოძრაობებიც, რომელთაც მანტიის ზედაპირის მოძრა-

ობა, მისი აწვევა ან დაწვევა იწვევს. ასეთი მანტიისმიერი მოძრაობა ალბათ სხვაზე დიდიც კი იქნება. სამწუხაროდ რაიმე დაკვირვებითი ცნობები მათ შესახებ გეოლოგიას არა აქვს.

დ) დასასრულ, თუმცა ჩვენ ეპიროგენეტური და ოროგენეტური მოძრაობები თავიდანვე გავმიჯნეთ, საზღვარი მოვლენათა ამ ორ ჯგუფს შუა მკაფიო როდია. ხშირია გარდამავალი ბუნების მოძრაობები, ფორმით ეპიროგენეტური და მიზეზობრივად კი ყველა ნიშნის მიხედვით ოროგენეტური. ზოგი იმასაც კი ამბობს, რომ მთების წარმოშობის ბოლო სტადია საერთოდ „ეპიროგენეტური“ არის, რადგან დიდრადიუსიანი ამოზნექვით გამოიხატებაო.

განსაკუთრებით საგულისხმოა შემთხვევები, როდესაც ეპიროგენეტური მოძრაობა პერიოდულობას იჩენს და ეს პერიოდულობა ოროგენეზისას ემთხვევა. ამ საკითხს ისევ დავუბრუნდებით, როდესაც მთების წარმოშობაზე გვექნება ლაპარაკი. ამას უნდა დავუმსატოთ, რომ არის მოძრაობები, რომელთაც ეპიროგენეტურად მიიჩნევენ და რომელთაც წყვეტები, ე. ი. სტრუქტურული დისლოკაციები ახლავს.

ამრიგად, ეპიროგენეტურ მოძრაობათა კატეგორიები საკმაოდ რთული და თან ჰეტეროგენური არიან. ამას დიდი მნიშვნელობა აქვს თეორიული გეოლოგიისათვის. ტერმინი „ეპიროგენეტური“, როგორც არაერთი სხვა გეოლოგიაში, ხშირად ზუსტად არ განისაზღვრება და ეს მრავალი გაუგებრობის მიზეზი გამხდარა და ხდება.

ზოგი შეკითხვა და რჩევა

როგორ წარმოიშვა თავდაპირველად მიწის ქერქის ცნება? რჩება თუ არა ძალაში ის წარმოდგენა დღეს? როგორია ამ ცნების თანამედროვე გაგება? რა არის მოპო? როგორი ძალების მიმართ არის ქერქქვეშეთი მყარი, მტკიცე? რა შემთხვევაში იჩენს იგი დენადობას? როგორია ქერქის და ქვეშეთის დამოკიდებულება? ასწერეთ იზოსტაზიური წონასწორობა. როგორია კონტინენტური და ოკეანური ქერქის სისქე და შედგენილობა?

რა დაკვირვებები მოწმობენ, რომ მიწის ქერქს აწვევ-დაწვევა განუცდია წარსულში? დაასახელეთ მაგალითები. რა მოწმობს, რომ ასეთი მოძრაობები დღესაც მიმდინარეობს? ასწერეთ პოკულოს და სკანდინავიის მაგალითები. როგორია ამ მოძრაობათა სიჩქარე? რით განასხვავებენ ეპიროგენეტურ და ოროგენეტურ მოძრაობებს?

შეიძლება, თუ არა, ეპიროგენეტური მოძრაობა ზღვის დონის ქანაობით, ე. ი. ვესტატიური მოძრაობით აიხსნას? რა ეწინააღმდეგება ამას? ხდება, თუ არა, ეპიროგენეზის დროს ქერქის დეფორმაცია და რა სახის (განიხილეთ სკანდინავიის შემთხვევა)?

ჩამოთვალეთ და ასწერეთ ეპიროგენეზის სახეები.

ოროგენეზი

მთები და მათი აგებულება. მიწის ქერქის ოროგენეტურ მოძრაობებს ეს სახელი იმიტომ უწოდეს, რომ ისინი მთების წარმოშობას იწვევენ. მთა ფართო გაგებით ჰქვია მიწის ზედაპირის ამაღლებულ რელიეფს. მაგრამ მთის დასადგენად მარტო სიმაღლე არ კმარა. მაღალ მხარეს, თუ იგი ვაკეა, ზეგანი ანუ პლატო ჰქვია და არა მთა. ტიბეტი მაღალი არის, მაგრამ მთა არ იქნება, მის გვერდით მდებარე ჰიმალაი კი მთა არის. მთა ჰგულისხმობს მაღალსა და უსწორმასწორო რელიეფს, დაბალი და ვაკე გარემოსადმი დაპირისპირებულს.

მეტად თუ ნაკლებად თანასწორგანედ მთას ხშირად გორას უწოდებენ. ტიბეტი ამ მხრივ ვულკანური გორები, თუმცა მრავალია დანალექი ქანებისაგან შემდგარი გორებიც. მაგალითია გორა, რომლის გარშემო გაშენებულია ქალაქი გორი. პატარა გორა ბორცვი იქნება.

ხაზობრივად წაგრძელებულ მთას ქედს ეტყვიან. ქედი იქნება აგრეთვე გორების ჯგუფი, ხაზობრივად წაგრძელებულსა და ამაღლებულ ფუძეზე განლაგებული. ცალკეულ გორებს ამ შემთხვევაში მწვერვალებს უწოდებენ. პატარა ქედი არის კვერნაქი მცხეთასთან, უფრო დიდია კახეთის ქედი და ქედი იქნება კავკასიონიც მთლიანად აღებული.

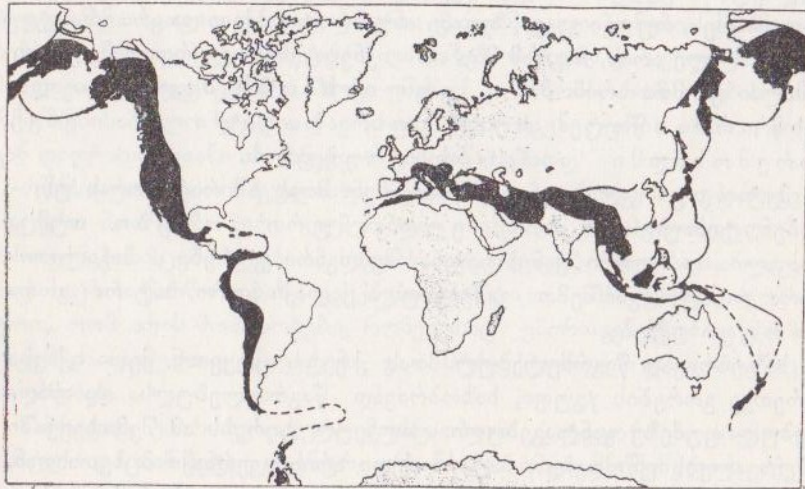
ძლიერ მნიშვნელოვანია გარემოება, რომ ქედებიც კონონომიერად არიან დაჯგუფებული და ისევ ხაზობრივად. კავკასიონი მიეკუთვნება ქედების დიდ ჯგუფს, რომელსაც მთელი მცირე აზია დაუფარავს ეგეის ზღვამდე. დასავლეთისკენ ამ ქედებს განაგრძობს ბალკანეთის მთები, კარპატები, ალპები, აპენინები, ატლასის მთები. მათვე უკავშირებენ პირენეებს. აღმოსავლეთისკენ ამავე ზოლს განაგრძობს ირანის მთები, ჰიმალაი, ინდოჩინეთის და ინდონეზიის მთები.

კიდევ უფრო გრანდიოზული არის ქედების რგოლი, რომელიც გარშემო უვლის მთელ წყნარ ოკეანეს (სურ. 249). ეს ორი დაჯგუფება ერთმანეთთან მჭიდროდ არის დაკავშირებული (ერთმანეთს ებმიან ინდონეზიაში) და შეადგენენ ერთი მთების სისტემას, რომელსაც სხვა მთათა სისტემებისგან გასარჩევად ალპურს უწოდებენ.

მთათა სისტემა თავისი გავრცელებისა და მოხაზულობის მიხედვით პლანეტური მოვლენა არის. თითოეული სისტემა მთელ მიწას ახასიათებს და არა რომელიმე მხარეს ან კონტინენტს; თანაც მთავარი

ის არის, რომ მათა სისტემა წარმოადგენს არა მორფოლოგიურ ერთეულს მხოლოდ, არამედ ასევე სტრუქტურულს და გენეტიურს.

მთების აგებულება. გეოლოგიური მეცნიერების ჩასახვისთანავე გამოიკვამა, რომ მთებისთვის ძირითადი არის არა რელიეფი, არამედ



სურ. 249. ალპური სისტემა.

შინაგანი აგებულება, სტრუქტურა. არსად არ არის ცნობილი პორიზონტული ნალექებისაგან შემდგარი მთები. მთებში შრენარები ყოველთვის აშლილი არიან. ასე რომ, მთების წარმოშობა არსებითად დისლოკაციას ნიშნავს, დისლოკაციას მეტად თუ ნაკლებად რთულს და თან კანონზომიერად წარმართულს. ასე ფართოდ გაგებულ დისლოკაციას ჩვეულებრივ დიასტროფიზმს¹ უწოდებენ.

მთავარი დისლოკაცია არის დანაოჭება, მაგრამ მთებს (ქედებს) შეადგენს არა ცალკეული ნაოჭი, არამედ ნაოჭთა ჯგუფი. ჩვეულებრივ ეს იქნება მეტნაკლებად პარალელური ნაოჭები, რომელთაც შეიძლება ნაოჭთა კონები ვუწოდოთ.

როდესაც შენაოჭება შედარებით სუსტია, ნაოჭები გაშლილი არიან, როგორც თრიალეთის ქედის ნაოჭებია თბილისის მიდამოში

¹ „დიასტროფი“, ბერძნ. — აშლა, არევა.

(თელეთის ანტიკლინი, კრწანისის სინკლინი, მამადავითის ანტიკლინი, საბურთალოს სინკლინი, ლისის ანტიკლინი, ქვემო ავჭალის სინკლინი, მცხეთის ანტიკლინი ნაწილობრივ). ასეთივე გაშლილი ნაოჭებია რიონის ხეობის შუა წელში (სურ. 250). ინტენსიური დანაოჭების



სურ. 250. ჭრილი თაშავა-ლაჯანური, რაჭა-ლეჩხუმში. წინა-მთებისთვის დამახასიათებელი სუსტი დანაოჭება (გაშლილი ნაოჭები) და პატარა შესხლეტები.

შემთხვევაში, როგორც კავკასიონშია, იზოკლინური ნაოჭები ვითარდებიან.

ნაოჭთა კონა იმას არ ნიშნავს, რომ პარალელური ნაოჭები ყველა ერთად იწყებოდეს და ერთადვე თავდებოდეს ქედის მეორე ბოლოში. ნაოჭების სიგრძე სხვადასხვაა და თანაც ბევრად ნაკლები, ვიდრე ქედისა; ეს ნაოჭები ერთი მერეს ენაცვლებიან და მათი რიცხვიც გასწვრივ უცვლელი როდია.

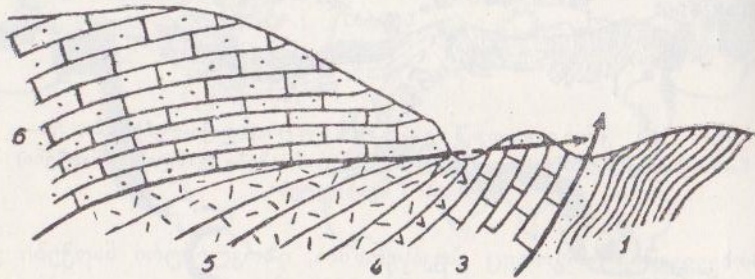
ხშირად მოხდება, რომ ქედი ცალი მხრისაკენ არის გადაწოლილი და ნაოჭები ასიმეტრიული არიან, როგორც თრიალეთის ქედის ჩრდილო პერიფერიაზე. მოხდება ხოლმე ისიც, რომ ქედი ორივე მხრისკენ არის გადაწოლილი, როგორც კავკასიონი. ეს იქნება მარაოსებური სტრუქტურა.

ნაოჭების გვერდით ვითარდება წყვეტები და შესხლეტები, რომელთა მიმართება დანაოჭების გეგმას ექვემდებარება. შესხლეტები ზოგჯერ იმდენად დამრეცი არიან, რომ შეცოცებაში გადადიან. პატარა, მაგრამ მკაფიო შეცოცება ცნობილი არის ოკრიბის სამხრულ პერიფერიაზე (სურ. 251). გრანდიოზული წაცოცებები ანუ შარი-აქები¹ დადასტურებული არიან დეტალური გამოკვლევების შედეგად ალპებში (სურ. 252). პორიზონტული გადაადგილების ამპლიტუდი იქ ფანტასტიკურ ზომას აღწევს: ნალექები იტალიიდან შვეიცარიამდე არიან გადმოფენილი.

მთების აგებულებას ხომ ამ ზომამდე აპირობებს დანაოჭება და ამას ისიც ემატება, რომ იგი მთების აზვევებასაც მარტივად ხსნის.

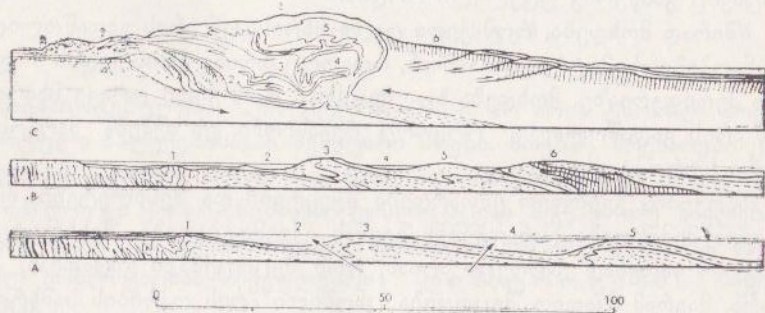
¹ Charriage, ფრანგულად ნიშნავს გადატანას (ურმით).

მართლაც, შრეების დანაოჭება მათ სისქეს ზრდის, მით მეტად, რაც უფრო ინტენსიურია დანაოჭება, და ამის ბუნებრივი შედეგი არის დანაოჭებულ კომპლექსის ზედაპირის შესაბამისი ამაღლება. ეს კარგად ჩანს უკვე ისეთი მთე-



სურ. 251. სამხრული ოკრიბის შეცოცება. ისრებით აღნიშნულია შეცოცების ორი სიბრტყე.

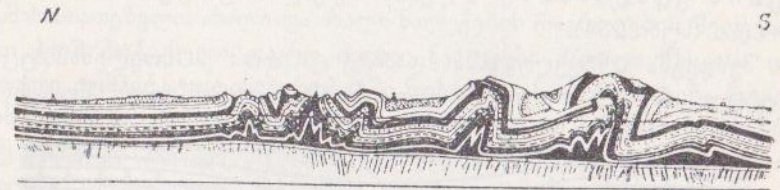
ბის შემთხვევაში, როგორც არის იურული მთები საფრანგეთ-შვეიცარიაში. იქ დანაოჭება მთების ფუძეს არ შეჰხებია, დანაოჭებულ-



სურ. 252. ალპური მთები ე. აინგანის მიხედვით. მერიდიონული კრილი იტალიიდან (მარჯვნივ) შვეიცარიამდე. ყურადღებას იპყრობს გრანდიოზული ვადასაოჭები და წაცოცებები (შარიაყები). მოცემულია ქედის განვითარების სამი ეტაპის აღდგენის ცდა.

არის მხოლოდ საფარი, იმ ფუძეზე წახვეტილი (სურ. 253), მაგრამ აზევება მაინც საკმაოდ დიდია და აშკარად დანაოჭების შედეგი. ასეთ მთებს ზეწრულს უწოდებენ და ამავე ხასიათის უნდა იყოს შიგა სამეგრელოს და გარე კახეთის მთები ჩვენში.

კიდევ უფრო დიდია გასქელება და აზევება გეოსინკლიურ მთებში (იხ. ქვემოთ), სადაც დანაოჭება მთელ ქერქზე ვრცელდება (იხ. სურ. 252). აქ შემუშუშენილი არის ქერქის არამარტო საფარი, არამედ ფუძეც, და გასქელება ისეთია, რომ აზევებასაც იწვევს და ქვეითკენ ფესვების განვითარებასაც.



სურ. 253. იურული მთების კრილი. დამახასიათებელია მჭიდროდ შეკეცილი და ზოგჯერ გაწყვეტილი ანტიკლინები და ფართოდ გაშლილი სინკლინები.

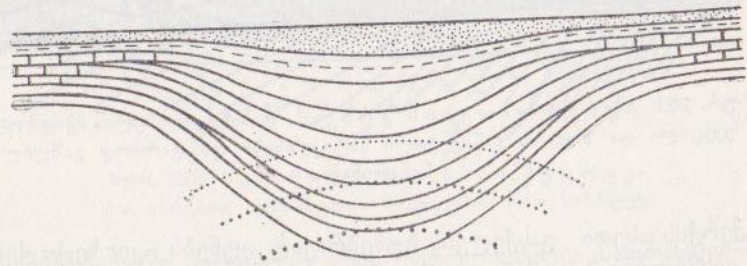
ქერქის ასეთი გასქელება ბუნებრივად აყენებს კითხვას: ქერქითუ გასქელდა, მას ამ ნაკვეთში მასა უნდა მოჰმატებოდა; მერე საიდან? პასუხი მარტივი არის: დანაოჭებულ ზოლის ფართობი, მისი განი შემცირდა. დანაოჭებისათვის ეს სრულიად ცხადია და მცირე დაკვირვება დაგვანახებს, რომ იგივე ხდება შესხლეტების შემთხვევაში.

გეოსინკლინები. მთების ასეთი სტრუქტურა იმასაც გვიჩვენებს, რომ მთები ჩაისახებიან და თანდათან იზრდებიან იქ, სადაც მანამდე არ ყოფილან. მეორე მხრით, მთები ინგრევიან კიდევ განუწყვეტლივ ეროზიისა და მსგავსი პროცესების შედეგად. ამის კარგ მაგალითს იძლევიან ძველი მთები, როგორც, მაგალითად, ურალი: ურალი თავის დროზე ისეთივე მაღალი იქნებოდა, როგორც ახალგაზრდა კავკასიონია, მაგრამ დღეისთვის ამის მხოლოდ მცირე რამ გადარჩენილა. მაშასადამე, მთებს თავისი ცხოვრება, თავისი ზრდის და დაკნინების ისტორია აქვთ და ამ პროცესის შესწავლა გეოლოგიის ერთი უმნიშვნელოვანეს ამოცანათაგანი არის.

ამ თვალსაზრისით განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს გეოსინკლინების კონცეპციას. გასული საუკუნის მეორე ნახევარში აპალაჩების კვლევისას ამერიკელმა გეოლოგმა ჰოლმა (Hall) ყურადღება მიაქცია, რომ ამ მთებში ნალექებს მოულოდნელად დიდი სისქე აქვს, 15 კილომეტრამდე. ნალექები ზღვიურია. მერე როგორ

და რა ზღვაში უნდა დაგროვილიყო ამდენი მასალა? 15 კილომეტრის სიღრმე ზღვა დღეს არსად არის და ყველა ნიშნის მიხედვით არც წინათ ყოფილა. მთავარი კი ის არის, რომ ნალექების ხასიათი უდავოდ მოწმობს, რომ აუზი მარჩხი იყო, ასეული მეტრების სიღრმე. ახსნა მხოლოდ ერთია შესაძლებელი: ნალექების დაგროვების კვალობაზე ზღვის ძველი ფსკერი იძირებოდა (სურ. 254).

შემდეგმა გამოკვლევებმა დაამტკიცა, რომ ეს მოვლენა უცილობელი წესი არის ყველა დიდი ნაოჭა მთებისათვის. მომავალი



სურ. 254. გეოსინკლინის სქემა. უხვი ნალექების დაგროვებასთან ახლავს ფსკერის დაძირვა. პუნქტირით აღნიშნულია მეტამორფიზმის განვითარება ქვევიდან ზევით.

მთების ადგილას ვითარდება შედარებით ვიწრო და ხაზობრივად წაგრძელებული ზღვიური ზოლი, რომლის ფსკერი ნელ-ნელა იძირება და რომელშიც დიდძალი ნალექი გროვდება. ამ ნალექების დანაოჭება წარმოშობს მთებს.

ასეთ აუზებს მეორე ამერიკელმა გეოლოგმა დენამ (Dana) გეოსინკლინი უწოდა, ხოლო ფრანგმა გეოლოგმა ოგმა (Hug), უკვე XX საუკუნის დასაწყისში მთელი მიწისათვის გეოსინკლინების განვითარების მწყობრი სურათი მოხაზა.

გეოსინკლინი, როგორც არაერთხელ უთქვამთ, მთების აკვანი არის. გეოსინკლინებში გროვდება მომავალი მთების მასალა და იქვე ხდება მისი დანაოჭება. გეოსინკლინის მოხაზულობა განსაზღვრავს მომავალი მთების გავრცელებას. გეოსინკლინში განვითარდა, ძირითადად მეზოზოური და კაინოზოური ერების მანძილზე, ალპური სისტემა. ამ დიდი გეოსინკლინის ნაწილი არის გეოსინკლინური როფი, რომელშიც კავკასიონი წარმოიშვა. ალპური გეოსინკლინის მარტო

უკრაინული ნაკვეთის (ეს არის ძველი ხმელთაშუა ზღვის გეოსინკლინი) სიგრძე იქნება ვიბრალტარიდან ინდონეზიამდე, ხოლო განი სხვადასხვაა. კავკასიონის მერიდიანზე ეს იქნება მანძილი ჩრდილო კავკასიის ვაკის სამხრული საზღვრიდან სირიის ჩრდილოეთამდე. შენაოჭებამდე განი, რა თქმა უნდა, გაცილებით მეტი იქნებოდა.

გეოსინკლინისთვის მარტო ინტენსიური სედიმენტაცია როდია დამახასიათებელი. ახალი და ახალი ნალექების დაგროვების შედეგად მათ ქვეშ მოქცეული უფრო ძველი ნალექები მაღალი წნევისა და მაღალი ტემპერატურის პირობებში მოხვდებიან. ამას ემატება ქვევიდან მოსული ცხელი მინერალური ხსნარების და გაზების მოქმედებაც და იწყება ძლიერი რეგიონული მეტამორფიზმი. წარმოიშობა ფილიტები, კრისტალური ფიქლები, ვენისები, გრანიტები. ამას დანაოჭების დროს ემატება დინამომეტამორფიზმი. ამიტომ არის, რომ გეოსინკლინური მთების გული ყოველთვის მეტამორფული ფორმაციებისაგან შედგება, როგორც ამას გვიჩვენებს, კერძოდ, კავკასიონის გეოლოგიური რუკა.

გეოსინკლინებისათვის დამახასიათებელია დაძირვა და ნალექების დაგროვება, მაგრამ, როგორც აღვნიშნეთ, გეოსინკლინშივე ხდება დანაოჭება და აზევება. როგორ უნდა შევთანხმოთ ეს ორი ერთიმეორის საწინააღმდეგო მოძრაობა ერთსა და იმავე ადგილას? პასუხი ის არის, რომ ერთი და მეორე მოძრაობა სხვადასხვა დროს მიმდინარეობს: ჯერ დაძირვა და სედიმენტაცია, შემდეგ დანაოჭება და აზევება. ერთი მეორეს სცვლის, რეგულარული მორიგეობა არის.

აქ უნდა აღინიშნოს, რომ გეოსინკლინის განვითარების მანძილზე ასეთი მორიგეობა მრავალჯერის მეორდება. მაგალითად, კავკასიონის გეოსინკლინში მარტო ქვედა იურულიდან დაწყებული ცხრა ასეთი მორიგეობა გვაქვს (იხ. ცხრილი 9).

ცხრილიდან კარგად ჩანს ისიც, თუ რამდენად ხანგრძლივია მთების განვითარების პროცესი: კავკასიონის ისტორია მარტო ქვედა იურულიდან დაწყებული 200-ოდე მილიონ წელიწადს შეიცავს და ამ ქედის განვითარება კი გაცილებით უფრო ადრე იწყება, ბევრის აზრით უკვე ქვედა პალეოზოურიდან მაინც. ასეთ პირობებში გასაგებია და აუცილებელიც ნაოჭების მორფოლოგიის თანდათან განვითარება-გართულება (სურ. 255).

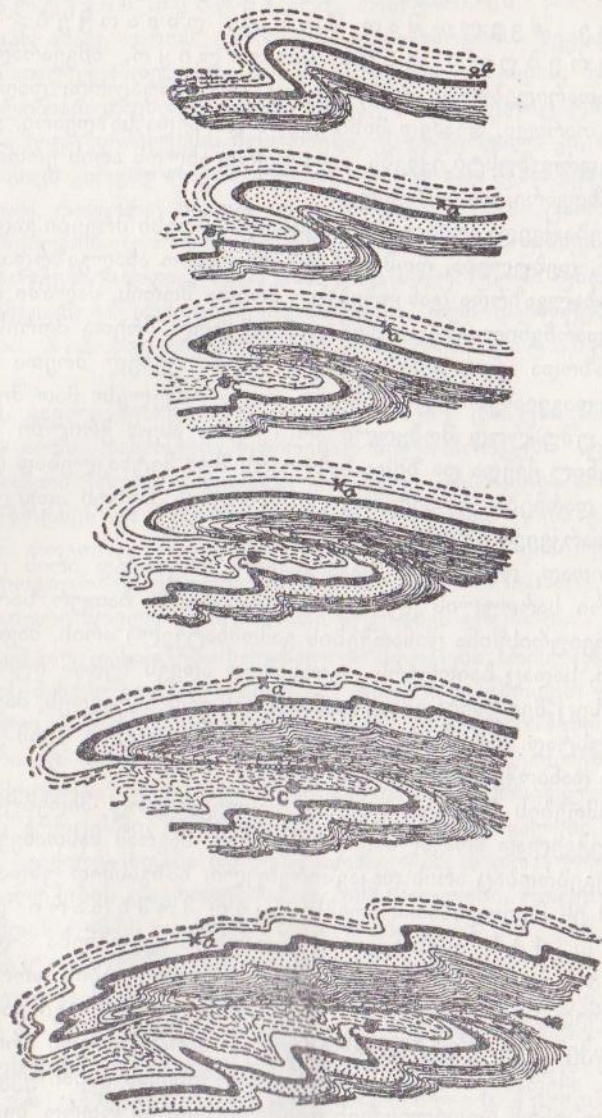
დანაოჭების დათარიღება. აქ ბუნებრივად ისმის ოროგენეტულ მოძრაობათა დათარიღების საკითხი, კერძოდ, დანაოჭების დათარი-

კავკასიონის განვითარება მეზოკაინოზოურში	
შუა და ზედა ნეოგენი	დანაოჭება სედიმენტაცია
ოლიგოცენ-ქვედა ნეოგენი	დანაოჭება სედიმენტაცია
პალეოცენ-ეოცენი	დანაოჭება სედიმენტაცია
ზედა ცარცული	დანაოჭება სედიმენტაცია
	დანაოჭება სედიმენტაცია
ქვედა ცარცული	დანაოჭება სედიმენტაცია
ზედა იურული	დანაოჭება სედიმენტაცია
შუა იურული	დანაოჭება სედიმენტაცია
ქვედა იურული	დანაოჭება სედიმენტაცია

ლების საკითხი. უკვე საუკუნეზე მეტია ნაოჭების დასათარიღებლად ფრანგმა გეოლოგმა ე. დე ბომონმა (E. de Beaumont) გამოიყენა კუთხური უთანხმოების მეთოდი. მსჯელობა შემდეგია:

ვთქვათ, გვაქვს დანაოჭებული შრეების კომპლექსი, გადარეცხილი, და ზედ უთანხმოდ განლაგებული მეორე კომპლექსი, ჰორიზონტული ან სხვაგვარად დანაოჭებული (სურ. 63). ქვედა შრენარში ყველა შრე დანაოჭებული არის, — მაშასადამე, დანაოჭება მომხდარა, როდესაც ქვედა კომპლექსის ყველა ეს შრე და, კერძოდ, უახლგაზრდესი მათ შორის უკვე დალექილი იყო: დანაოჭება უფრო ახალგაზრდაა, ვიდრე ყველაზე ახალგაზრდა (ყველაზე ზედა) დანაოჭებულ შრეთა შორის.

მეორე მხრით, ზედა კომპლექსის შრეებს ამ დანაოჭებაში მონაწილეობა არ მიუღიათ. მაშასადამე, როდესაც ისინი



სურ. 255. ნაოჭის განვითარება დელის მიხედვით. ზევით მარტივი წახრილი ნაოჭი; შემდეგ — დაწოლილი ნაოჭი, შებრუნებული ფრთის გაწყვება, შეცოცების განვითარება, მეორადი ნაოჭები, იგივე გაძლიერებული (კერძო შემთხვევა და არა ტიპური).

ილექებოდნენ, კერძოდ, როდესაც ილექებოდა ყველაზე ძველი მათ შორის, დანაოჭება უკვე დამთავრებული უნდა ყოფილიყო. ამგვარად, უთანხმოება დათარიღებული არის, თუმცა არა უშუალოდ: დადგენილია არა თვით თარიღი, არამედ მისი ქვედა და ზედა საზღვარი. განსაზღვრა მით უფრო ზუსტი იქნება, რაც უფრო ახლოს არის ერთმანეთთან ეს ორი საზღვარი, და პირიქით.

შეიძლება ქვედა კომპლექსის უახალგაზრდესი შრეები გადარეცხილი იყვნენ. დებულება, რომ დანაოჭება უფრო ახალგაზრდაა, ვიდრე ყველაზე ახალგაზრდა დანაოჭებულ შრეთა შორის, ძალაში დარჩება, მაგრამ გადარჩენილი ზედა შრე დანაოჭებულ შრეთა შორის ყველაზე ახალგაზრდა აღარ იქნება. ასევე დაუნაოჭებელ შრეთა დალექვა შეიძლება დაგვიანებით დაწყებულიყო და უძველესი მათ შორის დანაოჭების უშუალოდ მომყოლი არ იქნება. ასეთ ჭრილში შრეებით წარმოდგენილ ქვედა და ზედა საზღვარს შუა მეტნაკლებად დიდი ინტერვალი დარჩება, რომელშიც უთანხმოების ზუსტი ადგილი დამატებით გასარკვევი იქნება.

მაგალითად, დასავლურ საქართველოში კარგად არის ცნობილი კალოვიური სართულის კუთხური უთანხმოება ბათურ სართულზე, რაც კალოვიურისწინა დანაოჭების გამომხატველი არის. მაგრამ არის ადგილები, სადაც ბაიოსურს უთანხმოდ ადევს ზედა იურის ზედა ნაწილი. ესეც შეიძლება იმავე დანაოჭებას გამოხატავდეს, მაგრამ ნაკლებად ზუსტად. მარტო მის მიხედვით ვერ ვიტყვი, რომ კოლოვიურისწინა დანაოჭებასთან გვაქვს საქმე.

უთანხმოების მეთოდი დღესაც საყოველთაოდ მიღებული არის და მას უეჭველად მრავალი ღირსება აქვს, მაგრამ მასთანვე ხშირად დიდი გაუგებრობაც არის დაკავშირებული. ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ ეს მეთოდი ათარიღებს უკვე მომხდარი დანაოჭების ფაქტს და სრულიად არაფერს გვეუბნება დანაოჭების პროცესის შესახებ, მისი მიმდინარეობის დროის შესახებ. სწორედ ამ ნიადაგზე არის წარმოშობილი შემდეგი გაუგებრობა: დანაოჭებული შრეები პრაქტიკულად პარალელური არიან ერთმანეთთან. აქედან დასკვნიან, რომ დანაოჭებისას ისინი ყველა უკვე დალექილი უნდა ყოფილიყვნენ თავშივე, თორემ უფრო ზედანი დანაოჭების დაწყების შემდეგ რომ დალექილიყვნენ, ისინი ნაკლებად დანაოჭდებოდნენ, ვიდრე ქვედა შრეები, და მათი პარალელ-

ლური ვერ იქნებოდნენ. დანაოჭება ქვედა კომპლექსის ყველა შრეების დალექვის შემდეგ არის მომხდარიო.

რადგან ამავე დროს დანაოჭება უთანხმოების ზევით მდებარე შრეების დალექვამდე უნდა იყოს მომხდარი, გამოდის, რომ დანაოჭება მთლიანად თავსდება იმ ინტერვალში, რომელიც უთანხმოების ქვედა და ზედა კომპლექსს შუა რჩება. ეს ინტერვალი კი, თუ უთანხმოების ასაკს კარგად დავაზუსტებთ, სრულიად უმნიშვნელო არის. მაგალითად, როგორც ზემოთ აღვნიშნავდით, ჩვენში ცნობილია ქვედა კალოვიურის კუთხური უთანხმოება ზედა ბათურზე. გამოდის, რომ დანაოჭება სადღაც ზედა ბათურის მიწურულში უნდა მომხდარიყო! ამგვარად წარმოიშვა წარმოდგენა, რომ დანაოჭება უეცარი მოვლენაა. XIX საუკუნეში ზოგნი ამბობდნენ კატასტროფულიო.

დღეს ყველა შეთანხმებულია, რომ ასეთი დასკვნა აშკარა გაუგებრობა არის. დანაოჭება უაღრესად ნელი პროცესი უნდა იყოს, თორემ ისეთი ქანები, როგორიც კირქვა და მისთანები არიან, კი არ გაილუნებოდნენ და შენაოჭდებოდნენ, მთლიანად უნდა დამსხვრეულიყვნენ. როგორც არაერთგზის აღვნიშნეთ, დრო უმნიშვნელოვანესი გეოლოგიური ფაქტორია. უზარმაზარი დრო რომ არა, საერთოდ გეოლოგიური მოვლენების ხასიათი სულ სხვა იქნებოდა.

მაგრამ თუ დანაოჭება ხანგრძლივი პროცესი არის, ცხადია, რომ ამ დროის მანძილზე ახალი შრეებიც უნდა ილექებოდეს; უნდა იყოს არა მარტო დანაოჭებისდროინდელი და დანაოჭებისშემდეგი ნალექები, არამედ დანაოჭების თანადროულიც. შეიძლება თუ არა მათი გამოცნობა? უკვე ოგი აღნიშნავდა, რომ გეოსინკლინის განვითარების პროცესში შეიძლება გავარჩიოთ ინტერვალები, როდესაც ფსკერის დაძირვა ხდება და აუზი ღრმავდება ან ღრმა რჩება მიუხედავად ნალექების დაგროვებისა, და ინტერვალები, როდესაც დანაოჭება მიმდინარეობს და აუზის ფსკერი აზევებას განიცდის. პირველი იყო მისი ტრანსგრესია, ხოლო მეორე — რეგრესია. ამის მიხედვით ბუნებრივია დასკვნა, რომ რეგრესიული ნალექები დანაოჭების თანამგზავრი არიან და, თუ მათი დალექვის დროს გავარკვევთ, გვეცოდინება დანაოჭების დრო და ხანგრძლივობაც: ეს იქნება უკვე არა თარიღის ქვედა და ზედა საზღვრის კვლევა, არამედ უშუალო დათარიღება.

ამ გარემოებას სათანადო ყურადღება მიექცა ჩვენში. გამოირკვა,

რომ ყოველ დანაოჭებას თან ახლავს რეგრესია და, რაც მთავარია, მზარდი რეგრესია, ხოლო დანაოჭების ხანგრძლივობა არანაკლებ 7-ოდე მილიონი წლის რიგისა არის. მაგალითად, ბაიოსურ დროს გეოსინკლინური დაძირვა მიმდინარეობს, ბაიოსურის ბოლოდან დაწყებული ბათურის ბოლომდე რეგრესია გვაქვს და დანაოჭება.

მერე როგორაა, რომ შრეები, რომელთაგან ზოგი დანაოჭების დაწყებისას უკვე დალექილი იყო (დაძირვის ინტერვალში) ან ამ დროს ილექებოდა, და შრეები, რომელნიც დანაოჭების ბოლოს დაილექნენ, ერთნაირად არიან დანაოჭებული, ერთმანეთის პარალელურად გამოიყურებიან? პასუხი ერთი ჩანს ყურადსაღებო: თვითონ დანაოჭება იწვევს შრეების ერთმანეთზე მოკვებას, ანუ როგორც ფრანგები ამბობენ, აკორდანსის¹, ნაოჭის ხასიათის შესაბამისად. ერთი და იგივე შრეც ხომ სხვადასხვაგვარადაა დისლოკებული ნაოჭის თაღსა და ფრთებში. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ამ მხრივ კომპეტენტურის², ე. ი. სქელსა და მტკიცე შრეებს, რომელნიც უფრო სუსტ შრეებს თავის დეფორმაციას კანონად უხდიან. ეს ხდება ერთიმეორის მომყოლი ფაზისების პროცესში.

მთების ლოკალიზაცია სივრცეში. მათი კონსოლიდაცია. მთები მთელს მიწაზედ არიან მოფენილი, მაგრამ ერთი რომელიმე სისტემის მთები, მაგალითად ალპური სისტემის მთები, უწესრიგოდ გაფანტული კი არ არიან, მკაფიოდ უკავშირდებიან გარკვეულ ზოლებს (იხ. სურ. 252). მხოლოდ ამ ზოლებში მიმდინარეობდა სათანადო გეოსინკლინის განვითარება და მთების წარმოშობა. როგორ უნდა გავიგოთ ოროგენეზის ასეთი ლოკალიზაცია?

ერთი შესაძლებლობა იქნება ვიგულისხმოთ, რომ მთების წარმოშობი ძალები მოქმედებდნენ მართო იქ, სადაც ოროგენეზის მიმდინარეობს, და სხვაგან კი არა: თუ გარკვეულ დროს მთები წარმოიშვა კავკასიაში და რუსეთში კი არაფერი ამის მსგავსი იმ დროს არ მომხდარა, ეს მხოლოდ იმიტომ, რომ კავკასიაში მთების წარმოშობი ძალები მოქმედებდნენ და რუსეთში კი არა. ასევე იქნებოდა სხვაგანაც, სადაც მთები არის ან არ არის.

ადვილი დასანახავია, რომ ასეთი პასუხი საკითხის რეალურ გადაჭრას არ იძლევა. კითხვა იცვლება მხოლოდ: რა ძალებია ეს, რომ

¹ Accordance, ფრანგ. — მორგება, შეგუება.

² Competentia, ლათ. უფლებამოსილება, აქ იგულისხმება შემძლეობა.

მართო გარკვეულ ადგილას მოქმედებენ, და რის მიხედვით არის გამოორჩეული ეს ადგილები? პასუხი ამგვარად დასმულ კითხვებზე დღემდე ვერავის გაუცია. არის შემთხვევები, როდესაც გეოლოგი ამტკიცებს, მთების წარმოშობა იქვე მოქმედი ვერტიკალური ძალების შედეგაო, ხოლო ამ ძალებს რადიკტიური სითბო იძლევაო, მაგრამ ძალების გენეზისი კიდევაც რომ ასეთი იყოს, მათი ლოკალიზაცია (რატომ არა ყველგან და რატომ სწორედ ამ ადგილას) სრულიად აუხსნელი რჩება.

მეორე შესაძლებლობა არის დავუშვათ, რომ მთების წარმოშობი ძალები ყველგან მოქმედებენ მიწის ქერქში, მაგრამ დანაოჭება მხოლოდ იქ ხდება, მთები მხოლოდ იქ წარმოიშობა, სადაც ქერქის თვისებები ამისათვის შესაფერია, სახელდობრ, სადაც ქერქი სუსტია და მთების წარმოშობ ძალებს ნაკლებ წინააღმდეგობას გაუწევს. ასეთი ადგილია სწორედ გეოსინკლინური ზოლები. რადგან ოროგენეტური მოძრაობები (სედიმენტაცია და დაძირვა, დანაოჭება და აზვევება) სწორედ ამ ზოლებთან არის დაკავშირებული, მათ (ამ ზოლებს) ჩვეულებრივ მოძრავ სარტყლებს უწოდებენ და კონტინენტურ ბელტებს უპირისპირებენ. რუსეთის ველი მეზოზოურსა და კაინოზოურ დროში კონტინენტურ ბელტს წარმოადგენდა ისევე, როგორც დღეს. მისი დაძირვა-აზვევება თუ ხდებოდა, მხოლოდ მცირე, ეპიროგენეტური ხასიათის, და დანაოჭება კი ამ დროს არსად ჩანს. იმავე დროის მანძილზე კავკასიონში, რომელიც მოძრავი სარტყლის ფარგლებში იყო მოქცეული, დიდძალი ნალექები გროვდებოდა, ხდებოდა აუზის ფსკერის დაძირვა და ნალექების მეტამორფიზაცია. განმეორებითი დანაოჭებების შედეგად ბოლოს მალალი მთები წარმოიშვა.

მოძრავი სარტყლის ასეთი ქცევა იმით აიხსნება, რომ იქ მიწის ქერქის სიმტკიცე მცირეა, ზოლი ლაბილური¹, მაშინ როდესაც კონტინენტური ბელტი მტკიცეა და სტაბილური².

რაც შეეხება გეოსინკლინის (მოძრავი სარტყლის) მდებარეობას, იგი, ცხადია, ზღვაში უნდა იყოს მოთავსებული, მაგრამ შუა ოკეანეში იგი ვერ განვითარდება, რადგან გეოსინკლინში დიდძალი ნალექი უნდა დაგროვდეს და ეს მასალა მას ძირითადად კონტინენტებიდან მისდის. მაშასადამე, გეოსინკლინი კონტინენტის კიდეზე უნდა განვითარდეს და ზოგჯერ კონტინენტებს შუა, როგორც ხმელთაშუა ზღვის

¹ Labilis, ლათ. — ვარდნადი, მერყევი.

² Stabilis, ლათ. — მდებევი.

გეოსინკლინი. გეოლოგიური ისტორია ადასტურებს, რომ სწორედ ასეც ხდება.

მოდრავი სარტყელი ლაბილური კი არის, მაგრამ ეს მისი უცვლელი თვისება როდია. კარგად არის ცნობილი, რომ დანაოჭება მას სიმტკიცეს ჰმატებს. რაც უფრო ძლიერაა შრენარი დანაოჭებული, მით უფრო ძნელია მისი შემდგომი დისლოკაცია. ამიტომ თითოეული დანაოჭება გეოსინკლინის ლაბილობას ამცირებს და ზრდის სიმტკიცეს. მიმდინარეობს მისი თანდათან კონსოლიდაცია¹. ბოლოს სიმტკიცე იმ ზომამდე მიაღწევს, რომ შემდეგი დანაოჭება შეუძლებელი გახდება, — გეოსინკლინის ისტორია დამთავრებულია. ამგვარად, მთების წარმოშობის პროცესს ბუნებრივი ბოლო აქვს.

გეოსინკლინის კონსოლიდაცია ძლიერ თანდათან და უაღრესად ხანგრძლივი მოვლენაა. რაც უფრო შორსწასულია კონსოლიდაცია, მით უფრო გაძნელებულია ახალი დისლოკაცია და იცვლება დისლოკაციის ხასიათიც. სანამ ლაბილობა დიდი არის, დანაოჭება თავისუფლად მიმდინარეობს, წყვეტები იშვიათია. შემდეგ დანაოჭება ძნელდება და წყვეტები ხშირია. დასასრულ, მეტი დანაოჭება შეუძლებელი ხდება და, თუ მთების წარმოშობი ძაბვა ძლიერია, ვითარდება ღრმა წყვეტები და დიდი ბელტების ერთმანეთზე შესხლეტები. პირველ შემთხვევაში ნაოჭა მთები გვექნება, როგორც ალპებია, მხოლოდ, ალპებში შემნაოჭებელი ძალები განსაკუთრებით დიდია და ნაოჭების გვერდით შარიაყები განვითარებულან. მეორე შემთხვევაში წყვეტილ-ნაოჭა მთებზე ლაპარაკობენ. მაგალითია გერმანიის მთები და რამდენადმე კავკასიონიც. მესამე შემთხვევაში ბელტურ მთებს მივიღებთ, როგორც ყაზახეთში არის წარმოდგენილი.

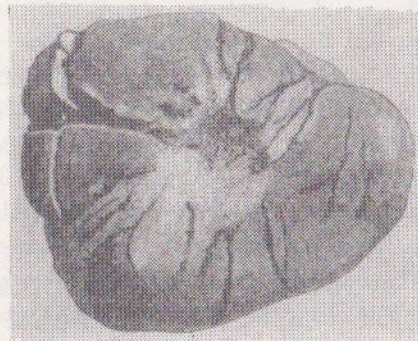
ამრიგად, მთების წარმოშობაში არჩევენ ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებულ ორ მოვლენას: დანაოჭებას და კონსოლიდაციას. მთების განვითარება შეიძლება დამთავრებულად ჩაითვალოს, როდესაც კონსოლიდაცია იმ ზომამდე მიაღწევს, რომ მიწიერ პირობებში შემდეგი დანაოჭება შეუძლებელი ხდება. ბელტური მთები არსებითად ოროგენეზის მომყოლ მოვლენად შეიძლება ჩაითვალოს: ყაზახეთის მთები პალეოზოურში არიან წარმოშობილი, როგორც ნაოჭა მთები, ხოლო ბელტური ტექტონიკა იქ შემდეგ, ალბური სისტემის დანაოჭების გავლენით წარმოიშვა.

¹ Consolidare, ლათ. — გამყარება, განმტკიცება.

დანაოჭების მექანიზმი. გეოსინკლინის დანაოჭება ძლიერ რთულ მოვლენა არის. მისი მსვლელობისა და შედეგისათვის გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს დამნაოჭებელი ძალის რაგვარობას, დანაოჭებული მასალის მეტნაკლებ ლაბილობას, მის ერთგვაროვნობას თუ სხვადასხვაობას, გავრცელებას, ადრინდელ დანაოჭებას და სხ. იმის მიხედვით, თუ როგორია ეს პირობები, სხვადასხვა იქნება ნაოჭების განვითარება და მათი რაგვარობა.

დამნაოჭებელი ძალის რაგვარობას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა. თუმცა სხვა აზრიც გამოთქმულა, გეოლოგები, როგორც წესი, შეთანხმებული არიან, რომ დანაოჭებას ჰორიზონტული, ანუ, სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ტანგენსიური ძალები იწვევენ. საილუსტრაციოდ შემდეგ შედარებას მიმართავენ: მაგიაზე რომ ნოხი გავშალოთ და მას (ნოხს) ერთი მხრიდან მივაწვეთ, ნოხი შეიკეცება და ნაოჭებს მოგვცემს. ასევე წახვეტით არის წარმომდგარი იურული მთები საფრანგეთში და სხვა ზეწრული მთები (იხ. სურ. 253).

გეოსინკლინური მთების შემთხვევა უფრო რთულია (იხ. სურ. 255), მაგრამ არსებითად მსგავსი. დამნაოჭებელი ძალების რეალურობას და ინტენსიურობას მოწმობს ისეთი მოვლენები, როგორც: გაჭყლეთილი ქვარგვალეები (სურ. 256) და წნევითი ნაწიბურები.



სურ. 256. გაჭყლეთილი ქვარგვალი.

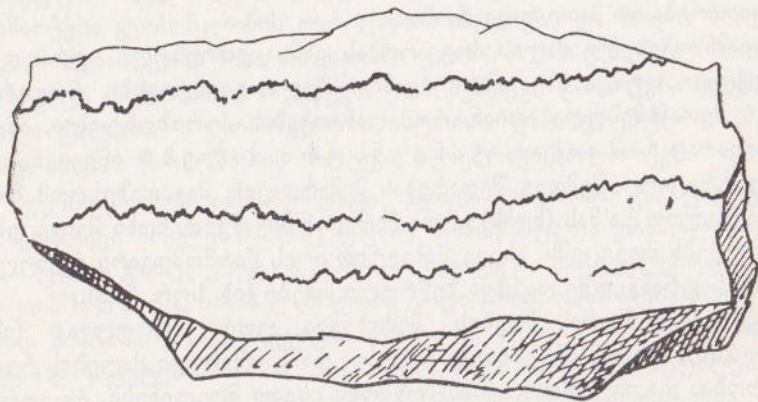
(სურ. 257) და სხვა მისთანა, ხოლო ამ ძალების ტანგენსიურობის სასარგებლოდ მეტყველებს შემდეგი დაკვირვებები და მოსაზრებები:

1. ნაოჭის თალში შრეები მეტად თუ ნაკლებად გასქელებულია, რაც განსაკუთრებით მკაფიოდ ჩანს ასიმეტრიული ნაოჭების შემთხვევაში (იხ. სურ. 40). ასეთი თავისებურება შეკუმშვას მოასწავებს და საცხებით ბუნებრივია ტანგენსური ძალის შემთხვევაში.

ანტიკლინი რომ ვერტიკალურ ძალას ამოეზნიქა, თაღში გაჭიმვა და გათხელება მოხდებოდა.

2. ტანგენსური ძალის მოქმედების გამომხატველია წახრილი და დაწოლილი ნაოჭები (იხ. სურ. 40).

3. მხოლოდ ტანგენსურ ძალებს შეუძლიათ იზოკლინური ნაოჭები მოგვცენ.



სურ. 257. წნეებითი ნაწიბურები.

4. ტანგენსური ძალების შემთხვევაში ადვილი გასაგებია მთების ფესვების წარმოშობა (იხ. სურ. 243). ძალები რომ ვერტიკალური ყოფილიყო, ქერქის ძირი, პირიქით, ამოზნექილი იქნებოდა.

5. ყოველი ქედი მრავალი ნაოჭისაგან შედგება. მათი წარმოშობა რომ ვერტიკალურ ძალებს გამოეწვიათ, იმდენი დისკრეტული ძალა იქნებოდა საჭირო, რამდენიც ანტიკლინია, და თითოეული სწორედ სათანადო ანტიკლინზე მორგებული. ასეთი წარმოდგენა იმდენად ხელოვნურია, რომ მაზედ მსჯელობა ზედმეტი იქნებოდა.

მეორე და უფრო რთული საკითხია: ეს კუმშვითი ტანგენსური ძალა მარტო მოქმედებს გეოსინკლინის განვითარებაში, თუ არის სხვა ძალაც? დანაოჭებას შეკუმშვა იწვევს და ამას გეოსინკლინის განის შემცირება მოსდევს, მაგრამ ამის შემდეგ დაძირვა ხდება. ამასაც იგივე ძალა ხომ ვერ გამოიწვევს? ჩვეულებრივი პასუხი შემდეგია: კუმშვა დანაოჭებას და აზევენას იწვევს, მაგრამ ერთი ხნის შემდეგ ეს ძალა მოეშვება და მაშინ დაძირვა დაიწყება.

ეს ამკარა გაუგებრობაა. კუმშვის ძალა თუ მოეშვა, დანაო-

ჭება უნდა შეწყდეს და ყველაფერი ისე დარჩეს როგორც ამ მომენტში იყო. რომ ძალის მოშვებამ საწინააღმდეგო მოძრაობა გამოიწვიოს, დეფორმაცია ელასტური უნდა იყოს და ქერქი დრეკადი. რესორზე რომ რაიმე მასა დაეჭვიდოთ, რესორი დაგრძელდება, რომ მოეხსნათ, — დამოკლდება. ქერქიც რომ ასე მოიქცეს, იგი ხანიერი ძალების მიმართ დრეკადი უნდა იყოს. მაგრამ მიწის ქერქი პლასტური არის და მისი შეკუმშვა შეუბრუნებადი. ქერქის დაძირვისათვის შესატყვისი ძალა არის აუცილებელი.

შეიძლება გვეფიქრა, რომ გეოსინკლინის დაძირვას იზოსტაზია იწვევს: ნალექები გროვდება, ქერქი უნდა მანტიისაში ჩაეფლოს. მაგრამ იზოსტაზია, მართალია, ქერქის ძირის ჩაფლობას იწვევს, მაგრამ იმავე დროს ქერქის ზედაპირმა ზევით უნდა აიწიოს. ვთქვათ, გეოსინკლინში 9000 მეტრი ნალექი დაგროვდა. აყოს ამ ნალექების სიმკვრივე 2 და ზედა მანტიისა მხოლოდ 3. ქერქი ჩაეფლობა 6000 მეტრით და მისი ზედაპირი კი ზევით აიწივს 3000 მეტრით. ნალექების დაგროვება, მიუხედავად იზოსტაზიისა, აუზის სისტემატურ გამარჩხებას ნიშნავს.

ამავე დროს ცნობილია, რომ გეოსინკლინი კი არ მარჩხდება დაძირვის პერიოდში, ხშირად ღრმავდება კიდევ. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ამას უწოდებდა ოგი ტრანსგრესიის გეოსინკლინში. მაშასადამე, გეოსინკლინის დაძირვა იზოსტაზიის ჩათვლით იგულისხმება, დამატებითი არის. იგი სხვა ახსნას მოითხოვს. თანაც მიზეზი ისეთი უნდა იყოს, რომ გეოსინკლინის განვითარების კანონზომიერებას ითვალისწინებდეს: დაძირვა შეკუმშვა-აზევენასთან უნდა მორიგეობდეს.

ასე დასმულ კითხვაზე პასუხი დღემდე ერთია ცნობილი და ისიც პიპოთეზური. თუ დანაოჭების დროს ქერქი იკუმშება, შემდეგ მისი გაჭიმვა უნდა ხდებოდეს, ვთქვათ, მანტიის გაფართოების გამო. გაჭიმვა გამოიწვევს გეოსინკლინის ლაბილური ძირის გათხელებას, რაც გამოიხატება აუზის ფსკერის დაძირვაში. ამ საკითხს შემდეგ დავუბრუნდებით, ახლა კი საჭიროა უფრო ახლოს გავვეცნოთ ოროგენეზის ლოკალიზაციას დროში.

დანაოჭების ციკლები. — გასული საუკუნის მეორე ნახევარში ფრანგმა გეოლოგმა მ. ბერტრანმა (M. Bertrand) აღნიშნა, რომ ევროპაში მკაფიოდ გაიჩვენა მთების სამი ჯგუფი. პირველს ეკუთვნის სკანდინავიის და შოტლანდის მთები, რომელნიც წარმოშობილი არიან ქვედა პალეოზოურში, მეორეს — კორნუელის ინგლისში, ბრეტანი,

ცენტრული პლატო, არდენები საფრანგეთსა და ბელგიაში, ვოგეზები, შვარცვალდი, ჰარცი და სხ. საფრანგეთ-გერმანიაში, ურალი რუსეთში. ესენი ზედა პალეოზოოტურში არიან წარმომობილი. მესამეს შეადგენენ პირენეები, აპენინები, ალპები, კარპატები, ბალკანები და სხ., ყველა მესამეულში წარმომობილი. პირველი ჯგუფის მთებს მან უწოდა კალედონიური¹, მეორეს ჰერცინული² და მესამეს ალპური სისტემა.

ამგვარად, მთების სისტემის ცნებას გენეტური ხასიათი მიეცა. ერთი სისტემის მთები დაკავშირებული არიან ერთმანეთთან არა მარტო გეოგრაფიულად და სტრუქტურულად, არამედ წარმომობითაც. თანაც ტერმინების — კალედონიური, ჰერცინული და ალპური სისტემები — გვერდით მალე დამკვიდრდა გამოთქმები: კალედონიდები, ჰერცინიდები და ალპიდები. იგულისხმებოდა, რომ ეს სისტემები მთელს მიწაზედ არიან გავრცელებული და ყველგან იმავე დროს წარმომობილი. თითოეულ ასეთ პროცესს ოროგენეტური ციკლი უწოდეს. ითვლებოდა, რომ კამბრიულს აქეთ სამი ოროგენეტური ციკლი გვაქვს და რამდენიმე სხვა კამბრიულის წინ.

შემდეგმა გამოკვლევებმა ნათელჰყო, რომ ეს სურათი, რომელიც ევროპაში იქნა დადგენილი, ყველგან არ დასტურდება. კერძოდ წყნარ ოკეანის ირგვლივ და ზოგან სხვაგანაც ზემოთ ჩამოთვლილთ გარდა არაჲ იურულ-ცარცული ოროგენეზიც. ვარდა ამისა, თვით ევროპაშიც ერთისა და იმავე სისტემის მთები მთლად ერთდროული როდი არიან. ალპური სისტემა რომ ავიღოთ, პირენეების კონსოლიდაცია რამდენადმე უფრო ადრე არის მომხდარი, ვიდრე ალპების. ალპებისა უფრო ადრე, ვიდრე კავკასიონის. ასევე ჰერცინიდებში ურალი უფრო ახალგაზრდაა, ვიდრე იმავე სისტემის მთები შუა და დასავლურ ევროპაში.

ეს მაგალითები გვიჩვენებენ, რომ ერთისა და იმავე სისტემის კონსოლიდაციის ასაკი სხვადასხვა მხარეში თვით ევროპაშიც კი ზუსტად ერთი არ არის, შესამჩნევი გადასაწყვეტება ხდება. კიდევ უფრო საყურადღებო არის, რომ კალედონიური დროის ოროგენეტური მოძრაობების გავრცელება თვით ევროპაში მარტო კალედონიდ-

¹ კალედონია, შოტლანდის ძველი სახელი.

² ჰარცის მასივის მიხედვით.

შით კი არ არის შემოფარგლული, — ეს მოძრაობები შუა ევროპაშიც, ე. ი. ჰერცინიდების ზოლშიც, მკაფიოდ არის გამოხატული, მხოლოდ ბევრად უფრო სუსტია. ასევე შესამჩნევია ჰერცინული მოძრაობები და უფრო აღრინდელიც ალპურ ზოლში. კავკასიონი ზომ ალპურ სისტემას მიეკუთვნება, მაგრამ ოროგენეზი აქ ძლიერი არის ჰერცინული ციკლის პროცესშიც და ყველა ნიშნის მიხედვით კალედონიურ დროშიც. დღეს გამოკვლეულად შეიძლება ჩაითვალოს, რომ მათა სისტემის წარმომობა ერთი ოროგენეტური ციკლის ფარგლებში არ თავსდება. ეს უადრესად ხანიერი პროცესი რამდენიმე „ციკლს“ მოიცავს. ის, რასაც ოროგენეტური ციკლი უწოდეს, ოროგენეზის დასკვნითი ეტაპია მხოლოდ და აქაც კონსოლიდაციის დამთავრება ერთი სისტემის ფარგლებშიაც კი ზუსტად ერთდროული არ არის.

მით უფრო საგულისხმოა, რომ მრავალი ნიშნის მიხედვით ის დაძირვა-სედიმენტაციის და დანაოჭება-ახევეების მოვლენები, რომელნიც გეოსინკლინის სისტორიის მთელ მანძილზე მორიგეობენ, ვირტუალურად მთელ მიწაზე ვრცელდებიან და, სადაც კი შეიმჩნევიან, ერთდროული არიან.

ამ კანონზომიერების დადგენაში დიდი დამსახურება მიუძღვის გერმანელ გეოლოგს შტილეს (H. Stille). დიდძალი მასალის შედარებითმა შესწავლამ ის მიიყვანა დასკვნამდე, რომ გეოსინკლინების დაძირვას და შემდეგ იქ დაგროვილი ნალექების დანაოჭებას პლანეტური ხასიათი აქვს. დაძირვა, სადაც კი მოხდება, ერთდროულია, სუსტი იქნება თუ ძლიერი, და ასევე პლანეტურად ერთდროულია დანაოჭებაც, თუმცა ერთდროულობა არ ნიშნავს, რომ იგი ყველგან უნდა მოხდეს. დანაოჭების ასეთ ეპიზოდს შტილე დანაოჭების ფაზისს უწოდებს. დანაოჭების ფაზისების მსვლელობა და ინტენსივობა სხვადასხვა ადგილას სხვადასხვა არის გეოლოგიური პირობების მიხედვით და ამიტომ გეოსინკლინის კონსოლიდაციაც, ე. ი. ოროგენეტური ციკლის დაბოლოება, ზოგან უფრო ადრე ხდება და ზოგან დაგვიანებით.

შტილეს შეხედულებებმა დიდი გამოძახილი ჰპოვეს და მწვავე კრიტიკაც გამოიწვიეს. ის იძულებული შეიქნა თავისი პოზიციები თანდათან დაეთმო. ამის მიზეზი ის იყო, რომ დანაოჭების ფაზისების დასადგენად შტილე მხოლოდ და მხოლოდ კუთხურ უთანხმოებებს ემყარებოდა. უთანხმოება კი, როგორც დაინახეთ

(იხ. სურ. 63, 64), შეიძლება ორსა და მეტს დანაოჭების ფაზის შეესაბამებოდეს და ერთი ფაზისიც შეიძლება რამდენიმე უთანხმოებით იყოს წარმოდგენილი.

მაგალითად, დასავლურ საქართველოში ხშირია, რომ ქვედა ცარცული კუთხური უთანხმოებით ელოს ბაიოსურ ნალექებს, მაგრამ ეს დიდი ხარვეზი გამოჰხატავს არა ერთს, არამედ ორ ფაზისს. იმავე რევიონში სხვა ჭრილების შესწავლა გვიჩვენებს, რომ კალოვიური სართული უთანხმოდ ადევს ბათურს, ეს არის კალოვიურისწინა ფაზისი. სხვაგან კიდეც (ზემო რაჭაში, აფხაზეთში) ტიტონურ-ქვედა ცარცული არის უთანხმოდ განლაგებული კიმერიჯულზე, ეს ტიტონურისწინა ფაზისი იქნება. ასეთივე ფაზისები იქნებოდა იქაც, სადაც ქვედა ცარცული უშუალოდ ბაიოსურს მოჰყვება, მაგრამ ნალექები გადარეცხილია და ნამდვილი ვითარება აღარ ჩანს. მაინც სხვა ჭრილების შედარებითი კვლევა საშუალებას იძლევა პირველადი ურთიერთდამოკიდებულება აღვადგინოთ.

უფრო რთულია მდგომარეობა, როდესაც ერთი ფაზისი რამდენიმე უთანხმოებით არის წარმოდგენილი. ასეთია, კერძოდ, უახლოესი ოროგენეტიური ფაზისის სურათი, რომელიც დაკვირვებისათვის უკეთ მისაწვდომი არის და ამიტომ გაცილებით უკეთ შესწავლილიც. ჩვენში ზედა სარმატულიდან დაწყებული ხუთამდე კუთხურ უთანხმოებას აღნიშნავენ და სხვაგან კიდეც მეტს. ეს უკვე პრინციპული საკითხი არის: ეს უთანხმოებები გამოსატყვევებელი არაა დანაოჭების ფაზისებს, არამედ მოძრაობის არათანაბარ მსვლელობას ერთსა და იმავე ფაზისის ფარგლებში; მოძრაობა ხან აჩქარებულია, ხან შენელებული და შეჩერებულიც კი და მარჩხ აუზებში ეს წარმოშობს ადგილობრივი ხასიათის უთანხმოებებს.

ამ რთულ ვითარებაში გარკვევის საშუალებას იძლევა უთანხმოებასთან ერთად რეგრესიების და ტრანსგრესიების გათვალისწინება. დანაოჭება რეგრესიას იწვევს. მას მოჰყვება დაძირვა და ტრანსგრესია. სწორედ ეს ცკლა არის ოროგენეტიური მოძრაობის მიმართულების შეცვლის მომასწავებელი. ამიტომ დანაოჭების ფაზისის დასადგენად საჭირო არის კუთხური უთანხმოება და რეგრესია უთანხმოების წინ. ოკრიბაში ბაიოსურის ბოლოში იწყება რეგრესია, რომელიც მთელი ბათური დროის განმავლობაში გრძელდება. ზღვიური ნალექები იცვლება ჯერ ლავუნურით და შემდეგ კონტინენტურით. ამას მოჰყვება კუთხური უთანხმოებით განლაგებული ზღვიური კალოვიურის ტრანსგრესია.

ეს არის დანაოჭების კალოვიურისწინა ფაზისი, რომელსაც ახლა შეიძლება ბათური ვუწოდოთ, რადგან ვიცით, რომ მოძრაობა მთელი ბათურის განმავლობაში გრძელდებოდა.

ამგვარი მეთოდით დანაოჭების პროცესების შესწავლამ ჩვენში გამოარკვია, რომ აქ დაძირვა-სედიმენტაციის (ტრანსგრესია) და დანაოჭება-აზევების (რეგრესია) შემდეგი ფაზისები გვაქვს:

ცხრილი 10

ახალგაზრდა ოროგენეტიური მოძრაობები საქართველოში

სტრატოგრაფიული ნაკვეთი	რეგრესია ტრანსგრესია	ფაზისი	ციკლი	განლაგება
მეოთხეული შუა ნეოგენი	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოჭების სედიმენტაციის	ნეოგენური	უთანხმოება
ქვედა ნეოგენი ოლიგოცენი	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოჭების სედიმენტაციის	ქვ. ნეოგენური ოლიგოცენური	უთანხმოება
ეოცენი	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოჭების სედიმენტაციის	ეოცენური	უთანხმოება
ზედა ცარცული II	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოჭების სედიმენტაციის	ზედა ცარც. II	უთანხმოება
ზედა ცარცული I	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოჭების სედიმენტაციის	ზედა ცარც. I	უთანხმოება
ქვედა ცარცული	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოჭების სედიმენტაციის	ქვ. ცარცული	უთანხმოება
ზედა იურული	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოჭების სედიმენტაციის	ზედა იურული	უთანხმოება
შუა იურული	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოჭების სედიმენტაციის	შუა იურული	უთანხმოება
ქვედა იურული	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოჭების სედიმენტაციის	ქვ. იურული	უთანხმოება

როგორც ვხედავთ, დანაოჭების ფაზისები რეგულარულად სცვლიან დაძირვის ფაზისებს. ბუნებრივი იქნება, რომ ამ წყვილს დანაოჭების ციკლი ვუწოდოთ (ოროგენეტიური ციკლისგან გასარჩევად). ქვედა იურულიდან დაწყებული ჩვენში ცხრა ასეთი ციკლი არის: ქვედა იურული, შუა იურული, ზედა იურული, ქვედა

ცარცული, ზედა ცარცული I, ზედა ცარცული II, ეოცენური, ოლიგოცენურ-ქვედა ნეოგენური, შუა ნეოგენურ-პლეისტოცენური. აღსანიშნავია, რომ ამ ციკლების აბსოლუტური ხანგრძლივობა ერთი რიგისა არის (20—25 მილიონი წელიწადი), ხოლო მათი საზღვრები კარგად ემთხვევა სტრატეგრაფიული ერთეულებისას. ეს გვაფიქრებინებს, რომ დანაოჭების ციკლებს პლანეტური ხასიათი აქვს და ასეთ დასკვნას საკმაოდ ადასტურებს ის გარემოებაც, რომ წარმოდგენილი სქემა კარგად ეთანხმება შტილეს მიერ თავდაპირველად მოცემული ოროგენეტური ფაზისების ნუსხას. უკანასკნელი ხომ სწორედ მთელი მიწის მასალების შედარებითი ანალიზის შედეგი იყო.

მომავალი გამოკვლევების მოლოდინში დღეს უკვე შეიძლება ითქვას, რომ დანაოჭების ციკლები მთელ მიწაზე, როგორც ჩანს, ერთდროულად მიმდინარეობენ და მათი სელა არასოდეს არ წყდება. ოროგენეზის მიწაზე უწყვეტი მოვლენა არის. რაც შეეხება ოროგენეტურ ციკლებს, რომლებზედაც ზემოთ გვქონდა ლაპარაკი და რომლებისთვის შეიძლება კონსოლიდაციის ციკლები გვეწოდებია, ისინი დანაოჭების ციკლების სქემაზე მორგებული არიან, მაგრამ მიწის ზედაპირის სხვადასხვა ნაწილზე მათი მსავლელობა სხვადასხვაა. მაინც ევროპისათვის გამოთქმები კალედონიდები, ჰერცინიდები, ალპიდები სავსებით გამართლებული არჩება.

მთების ზრდა და დენუდაცია. დანაოჭება მთების აზევებას იწვევს. რამდენად ჩქარია ეს მოძრაობა?

როგორც დავინახეთ, არც ისე შორეულ წარსულში ეგონათ, რომ მთების წარმოშობა უეცარი, კატასტროფული მოვლენაა. ამ მხრივ მას უპირისპირებდნენ ეპიროგენეტურ მოძრაობებს, როგორც ნელს, და ამიტომ უკანასკნელთ საუკუნეებრივს უწოდებდნენ.

მაშინ ეს გასაგებიც იყო, რადგან მიწის წარსული ძლიერ ხანმოკლედ წარმოედგინათ. დღეს კი ცნობილია, რომ მიწის ასაკი 4—5 მილიარდი წლის რიგისა არის, ხოლო მთების დანაოჭების ციკლი 20-ოდდე მილიონ წელიწადს გრძელდება და საკუთრივ დანაოჭების ფაზისი (რეგრესია გეოსინკლინში) ამის ნახევარზე ბევრად ნაკლები არ იქნება. საჭიროა აქედან სათანადო დასკვნა გამოვიტანოთ.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, სკანდინავიის აზევება წელიწადში 1 სანტიმეტრამდე აღწევს. თითქო ძალიან ნელი მოძრაობა არის, მაგრამ იგი რომ მხოლოდ ერთ მილიონ წელიწადს გაგრძელებულიყო, 10 კილომეტრის სიმაღლეს მოგვცემდა. ცხადია, ასეთი სიჩქარეც

ვადაჭარბებული იქნებოდა. მთების ზრდა ადამიანური გაგებით უკიდურესად ნელა უნდა მიმდინარეობდეს და ამ მხრივ ეპიროგენეტურსა და ოროგენეტურ მოძრაობათა შორის განსხვავება არ არის. კიდევ მეტი: დანაოჭების თითოული ფაზისი ხომ არაერთ მილიონ წელიწადს გრძელდება და მთების წარმოშობაში კი მრავალი ფაზისი მონაწილეობს, მთების მოსალოდნელი სიმაღლე მაინც შეუსაბამოდ დიდი გამოდის. ამიტომ აღვნიშნავდით ზემოთ, რომ დანაოჭების პროცესის სიჩქარე არ შეიძლება მთელი ფაზისის სიგრძეზე ერთგვარი იყოს: იგი ხან მეტია, ხან ნულამდე ჩამოდის. სხვათა შორის სწორედ ამით აიხსნება ის დამატებითი კუთხური უთანხმოებები, რომელთაც შტილეს ხელი ააღებინეს ფაზისების მის პირვანდელ სქემაზე. მოძრაობის ასეთი უთანაბრობა გასაგები იქნება, თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ თვით დანაოჭება სცვლის დანაოჭებული კომპლექსის სიმტკიცეს, და მეორე მხრივ ერთი უბნის დანაოჭების მიმდინარეობა გავლენას ახდენს მეზობელ უბანზე და შეიძლება მისი მეტად თუნაკლებად დაძირვაც კი გამოიწვიოს, როგორც მთის წინა დაბლობებში ხდება. ეს ითქმის ნაოჭების ჯგუფებზე და ცალკეულ ნაოჭებზეც.

მაგრამ მთების სიმაღლე მათი აზევების საზომად მაინც ვერ გამოდგება. საქმე ის არის, რომ მთების აზევებასთან ერთად მიმდინარეობს მათი დენუდაცია. როგორც კი ნაოჭები ზღვის დონეს ასცილდებიან, ისინი ეროზიის და აბრაზიის მსხვერპლი ხდებიან. ასე რომ, ერთდროულად მიმდინარეობს მათი ამაღლება და დადაბლება. მთების რეალური სიმაღლე ამა თუ იმ დროს ამ ორი პროცესის სხვაობას წარმოადგენს.

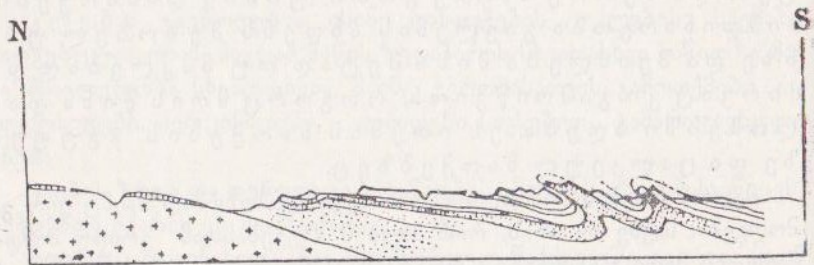
მოვლენის სირთულე ამითაც არ თავდება. მთების ნგრევა იწვევს მათი მასის შემცირებას და იზოსტაზიური წონასწორობის დარღვევას. იწყება მთების ზეაწევა ისევე, როგორც გემი იწვევს ზევით განტვირთვისას. მართალია, იზოსტაზიური აზევება ნაკლებია, ვიდრე მისი გამომწვევი დენუდაცია, მაგრამ ეს მოძრაობაც უეჭველად ანგარიშგასაწევი.

ამგვარად, მთების ზრდა და მათი ნგრევა ერთდროულად მიმდინარეობს. თანაც, რაც უფრო ამაღლებულია მთები, მით უფრო ინტენსიურია ნგრევა. უპირატესობა ბოლოს ამ უკანასკნელს რჩება. მართ-

ლაც, მზარდი კონსოლიდაცია დანაოჭება-აზევებას თანდათან აძნელებს და ბოლოს იგი სავსებით უნდა შეწყდეს. ეროზია კი გაგრძელდება, სანამ მთების მოვაკება არ მოხდება პენეპლენამდე. ასეთი მოვაკებული პროტეროზოული და არქეული მთები ფინეთ-სკანდინავიაში, კანადაში და სხვაგან.

არავითარ შემთხვევაში ეს ოროგენეზის კვალის წაშლას არ ნიშნავს. მაღალი მთები ვადარეცხილან, მაგრამ ქერქის სათანადო ზოლი-გასქელებული და კონსოლიდებული რჩება. ამიერიდან იგი სტაბილური იქნება.

ამ ძველსა და მტკიცე ფუძეს სუბსტრატს უწოდებენ, ზედგაშლილ ნალექებს — საფარს. საფარის შრეები ჰორიზონტული იმიტომ რჩებიან, რომ მათ ტანგენსური ძალების ზემოქმედებისგან მტკიცე სუბსტრატი იცავს (სურ. 63). საფარის მცირე უბანზე შეიძლება ნალექების წახვეტა და დანაოჭებაც მოხდეს. ეს იქნება ზეწრული დანაოჭება (სურ. 258).



სურ. 258. სუბსტრატი და საფარი. ჯერებით აღნიშნულია სუბსტრატი, რომელიც მარჯვნივ საფარს ქვეშაც გრძელდება, მაგრამ ნახაზზე არ ჩანს.

კონტინენტების ზრდა. უკვე XIX საუკუნის ბოლოში ე. ზუსმა შეამჩნია, რომ ფინეთ-სკანდინავიაში ახალგაზრდა მთები არ არის, თუ კიდურ კალედონიდებს არ მივიღებთ მხედველობაში, მაგრამ ეს იმას არ ნიშნავს, რომ წინათ იქ მთები არ ყოფილიყოს. პირიქით, ყველაფერი მოწმობს, რომ ეს მხარე მთლიანად პალეოზოურისადრინდელი მთებით იყო დაფარული. მრავალი ასეული მილიონი წლების მანძილზე ეს მთები ვადარეცხილან და მათი ფუძე-და დარჩენილა, ინტენსიურად მეტამორფიზებული ქანებისაგან შემდგარი. უეჭველია, თანამედროვე ე. წ. ახალგაზრდა მთები (გეოსინკლინური) რომ ამ

ზომამდე ვადარეცხონ, მათ ადგილასაც ასეთსავე სურათს მივიღებდით. ხერხდება ისიც, რომ ფინეთშიც და სკანდინავიაშიც იმ ძველი მთათა სისტემების მდებარეობა გააკვირონ. აქ ყოფილა ძველი გეოსინკლინები, მომხდარა მათი დანაოჭება და კონსოლიდაცია, ვადარეცხილა ამგვარად აზევებული მთები და წარმოშობილა კონტინენტის ნაოჭა ბირთვი. ასეთ კამბრიულისწინა ბირთვებს ზუსმა კონტინენტური ფარები უწოდა. ფინეთ-სკანდინავია ეგრეთწოდებულ ბალტიურ ფარს წარმოადგენს.

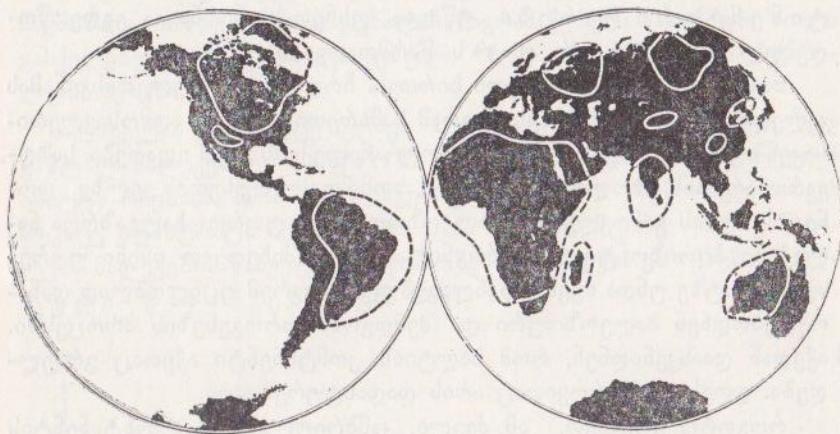
მაგრამ ეს არ არის მთელი ბირთვი. ჩრდილო-დასავლეთისკენ მას კალედონიდები საზღვრავს, მაგრამ სამხრეთისაკენ და აღმოსავლეთისაკენ იგი დაუნაოჭებელ პალეოზოურ ნალექებს ქვეშ იფარება. საზღვარი არ ჩანს, მხოლოდ ეს კი არის, რომ მთელ რუსეთის ველზე, დონეცის აუზის გამოკლებით, პალეოზოური და უფრო ახალგაზრდა ნალექები ჰორიზონტული დარჩენილან. ამის მიხედვით ისინი უდრეკ სუბსტრატზე უნდა იყვნენ განლაგებული, თორემ უცილობლად დანაოჭდებოდნენ პალეოზოური და შემდგომი ოროგენეზის პროცესში. აქედან დასკვნადნენ, რომ ბალტიის კონტინენტი აქეთაც გრძელდება. დღეს ეს ბურღვითაც არის დადასტურებული.

როგორც ვხედავთ, ამ ძველი, კამბრიულისწინა კონტინენტის ერთი ნაწილი, სახელდობრ ფინეთ-სკანდინავიის მხარე, შედარებით მაღალი არის და ზღვით აღარ დაფარულა ან ძლიერ იშვიათად, ისე რომ სათანადო ნალექები მთლიანად ვადარეცხილან. მეორე ნაწილი, ე. ი. რუსეთის ვაკე, უფრო დაბალია, უფრო მოძრავი და ხშირად ზღვის დონეს ქვეშ იძირებოდა. ამიტომ არის იგი ახალგაზრდა ნალექებით დაფარული. პირველი ნაწილი საკუთრივ ფარი იქნება, ხოლო მეორეს, დაბალს და ჰორიზონტული ნალექებით დაფარულს, ბაქანი ეწოდება. წინათ ფიქრობდნენ, რომ ბალტიური ფარის კამბრიულისწინა ბაქანი ურალამდე და კავკასიონამდე გრძელდებოდა, დღეს ცნობილია, რომ აღმოსავლეთისკენ და სამხრეთისკენ, ზოგან მაინც, კამბრიულისწინა ბირთვს კალედონიური და ჰერცინული არშია განავრცობს. მაშასადამე, რუსეთის ბაქანი მთლიანად კამბრიულისწინა არ არის, — გაირჩევა შემდეგ მინაზარდი ზოლები.

ბალტიური ფარის გვერდით შეიძლება დავასახელოთ მთელი რიგი სხვა: კანადის ფარი ჩრდილო ამერიკაში, ანგარის ფარი შუა ციმბირში, ჩინეთის ფარი აღმოსავლურ აზიაში, ბრაზილიის — სამხრულ ამერიკაში და ა. შ. (სურ. 259). ამ კონტინენტური ბირთვების და მათი განვითარების შესწავლას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს თანამედ-

როვე კონტინენტების თავისებურებათა გასარკვევად. ამ მხრივ ჯერ კიდევ ბევრი რამ არის გასაკეთებელი, მაგრამ ზოგ რამეში გეოლოგები მაინც შეთანხმებული არიან.

დადგენილია, რომ ბალტიური ფარის გარშემო უწყვეტი ოროგენეტური განვითარება მიმდინარეობს. ქვედა პალეოზოოტურში კონტი-



სურ. 259. ძველი კონტინენტური ფარები: ბალტიური, ციმბირის (ანგარის), კანადის, ბრაზილიის და სხ.

ნენტს შეეზარდა სკანდინავიის, შოტლანდიის და ჩრდილო ირლანდიის კალედონიდები. აქ გეოსინკლინმა კონსოლიდაციას მიიღწია, მაგრამ ოროგენეტური მოძრაობა მარტო ამ უბანზე როლი მიმდინარეობდა: იმავე დროის დანაოჭების ციკლები დადასტურებულია არდენებში და შუა ევროპაში პოლონეთამდე. ცნობილია ბალკანეთსა და კავკასიაში, აღმოსავლეთით კი — ურალზე. არხანგელსკი ურალის დასავლეთით კალედონურ ბაქანსაც ვარაუდობდა ურალის გასწვრივ. კონსოლიდაცია მოხდა და კონტინენტს მთები შეეზარდა ჩრდილო-დასავლეთისკენ, მაგრამ გეოსინკლინი მას ირგვლივ ერტყა და ოროგენეტური მოძრაობა ყველგან შეიმჩნევა.

პერციული მთები აიმართნენ სამხრულ ირლანდში და ინგლისში, საფრანგეთში და ბელგიაში, შუა ევროპაში, დობრუჯში, კავკასიაში, ურალში. ურალიდან ზოლი ფრანც იოსების კუნძულებისკენ მიდის, აქაც კონტინენტის კანონზომიერ ზრდასთან გვაქვს საქმე, მაგრამ ამას ახალიც ემატება: თუ აქამდე კონტინენტების ზრდა მიმდ-

ნარეობდა მხოლოდ, ერთი მხრივ ბალტიური ბირთვის, მეორე მხრივ ანგარულის, ახლა ურალის კონსოლიდაციის შედეგად მოხდა ამ ორი კონტინენტის შეზრდა და ევროპისა და აზიის კონტინენტების ნაცვლად წარმოიშვა ერთი კონტინენტი — ევრაზია. მაშასადამე, ოროგენეზის პროცესში ხდება არა კონტინენტების ზრდა მხოლოდ, არამედ ზოგჯერ მათი შეზრდაც. ასევე ალპური სარტყლის კონსოლიდაციის პროცესში წარმოებს ევრაზიისა და აფრიკის შეზრდა.

რაც შეეხება კონტინენტების გეოგრაფიულ განაწილებას და მათ მოხაზულობას, ამ მხრივ მეცნიერება დგას უაღრესად მნიშვნელოვან კანონზომიერებათა წინაშე, რომელთა ახსნა მთლიანად მომავლის ამოცანაა.

ჯერ უნდა აღინიშნოს, რომ კონტინენტების და ოკეანეების განაწილება მიწაზე თანაბარი არ არის. უკვე დიდი ხანია შენიშნულ იქნა, რომ კონტინენტები შესამჩნევად თავმოყრილი არიან ერთად. ამის მიხედვით არჩევენ ხმელეთის ნახევარსფეროს, რომელშიც ხმელეთის დიდი ნაწილი არის დაჯგუფებული და რომლის ცენტრი ბრეტანის (საფრანგეთი) ნახევარკუნძულთან მდებარეობს, და ოკეანურ ნახევარსფეროს, სადაც ზედაპირი ძირითადად წყალს უჭირავს.

კიდევ უფრო თავისებურია ცალკეული კონტინენტების განლაგება და მოხაზულობა. ადვილად შეიძლება გავარჩიოთ სამი კომპლექსი: 1. ჩრდილო და სამხრული ამერიკა, 2. ევროპა და აფრიკა და 3. აზია, ინდონეზია და ავსტრალია. სამივე შემთხვევაში ჩრდილო პოლუსისკენ კონტინენტური კომპლექსები ფართოვდებიან, ხოლო სამხრეთისკენ მეტად თუ ნაკლებად ვიწროდ წაწვეტილი არიან. თანაც კონტინენტების მდებარეობა ისეთია, რომ მათ ანტიპოდებს¹ ოკეანეები წარმოადგენენ, ე. ი. კონტინენტის პირდაპირ მიწის საწინააღმდეგო მხარეზე ოკეანე იქნება. კერძოდ, სამხრულ პოლუსზე კონტინენტი არის და ჩრდილო პოლუსზე მის პირდაპირ — ოკეანე.

ამ ფაქტებს კარგად ასახავს წარმოდგენა, რომლის მიხედვით მყარ მიწას სუსტად გამოხახული ტეტრაედრული ფორმა აქვს. ტეტრაედრის წახნაგებზე მოთავსებულია ოთხი ოკეანე: ჩრდილო ყინულოვანი, წყნარი, ინდოეთის და ატლანტური. კონტინენტები მიჰყვე-

¹ „ანტი“, ბერძნ. — წინააღმდეგ, პირისპირ; „პუს“ — ფეხი. ანტიპოდი — მიწის ზედაპირის რომელიმე უბნის დიამეტრულად საწინააღმდეგო უბანი.

ბიან წიბოებს ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ და ჩრდილო ოკეანის გარშემო.

ასეთი წარმოდგენა უეჭველად მოხდენილია და საკმაოდ მიახლოებულად გამოჭაბავს რეალურ ფაქტებს, მაგრამ ზოგნი ამით არ კმაყოფილდებიან და ცდილობენ ასეთი დამთხვევის (თუ იგი შემთხვევითი არ არის) მიზეზი იპოვონ. გამოსთქვამენ მოსაზრებას, რომ გაცივებისა და კუმშვის პროცესში მიწას ტეტრაედრული ფორმა უნდა მიეღო, რადგან ტეტრაედრი არის წესიერი ფიგურა, რომლის ზედაპირის ფართობს უმცირესი მოცულობა შეესაბამება. კუმშვით გამოწვეული ფართობის შემცირება მინიმალური არის, ეს არის ტეტრაედრული ჰიპოთეზი.

არანაკლებ საგულისხმოა მეორე გარემოება. დიდი ხანია აღნიშნავენ, რომ წყნარი და ატლანტური ოკეანის სანაპიროები არსებითად განსხვავებული არიან. წყნარ ოკეანეს ირგვლივ ახალგაზრდა მთების რგოლი მიუყვება, ატლანტურის გარშემო კი ასეთი არაფერი ჩანს. განსაკუთრებით მკვეთრად გამოიძიარება ეს აფრიკის და სამხრული ამერიკის შემთხვევაში.

მერე რა არის მიზეზი? კონტინენტის განვითარების ზემოთ მოხაზული სქემის მიხედვით ხომ კონტინენტი მთებით უნდა ყოფილიყო გარემოცული! ამას ემატება ისიც, რომ გეოლოგიური მონაცემების მიხედვით ზედა პალეოზოოურში სამხრულ აფრიკაში, სამხრულ ბრაზილიაში, ინდოეთში და ავსტრალიაში დიდი მომყინვარება მოხდა. თანაც ამავე ქვეყანაში იმავე დროს ზმელეთის ერთგვარ ფაუნას და ფლორას ჰპოულობენ. ეს თითქო იმას უნდა ნიშნავდეს, რომ ეს კონტინენტები და ინდოეთის ნახევარკუნძული, ეგებ ანტარქტიდის, იმ დროს დაკავშირებული უნდა ყოფილიყვნენ და თან ისე, რომ საერთო მომყინვარება შესაძლებელი გამხდარიყო. უკვე XIX საუკუნეში გამოითქვა ჰიპოთეზი, რომ ზედა პალეოზოოურში აფრიკა, ბრაზილია, ინდოეთის ნახევარკუნძული, ავსტრალია წარმოადგენდნენ ერთ კონტინენტს, რომელსაც გონდვანისი¹ უწოდეს. შემდეგში მათი შემაერთებული ზმელეთი ჩაიძირაო, ფიქრობდნენ. XX საუკუნეში ეს წარმოდგენა არსებითად შეიცვალა: იმისათვის, რომ ყველა ამ მხარეში ერთდროული მომყინვარება მომხდარიყო, ისინი დაკავშირებული კი არა, ერთად თავმოყრილი უნდა ყოფილიყვნენო, ამბობენ. ასე რომ, ეს მხარეები უშუალოდ ეკვროდნენ

¹ გონდვანა მხარეა ცენტრულ ინდოეთში.

ერთმანეთს. შემდეგ მათ შუა ნაპრალები გაჩნდა და გათვისებულმა ნაწილებმა სხვადასხვა მხარეს გაცურეს.

როგორც უნდა იყოს ამ ჰიპოთეზების საბუთიანობა, ეს კი უდავოა, რომ მათი გამომწვევი ფაქტები რეალურია და „გონდვანისის პრობლემა“ პასუხს მოითხოვს.

XX საუკუნეში ამას მიემატა არანაკლებ მნიშვნელოვანი და ასევე რთული სხვა პრობლემაც. მანამდე საეჭვოდ არ მიაჩნდათ, რომ მიწას ერთიანი სიალური ქერქი აქვს გადაკრული. კონტინენტებში ეს ქერქი დანაოჭებული და გასქელებული, მაგრამ შედგენილობით ისეთივე წარმოედგინათ, როგორც ოკეანეებს ქვეშ. დღეს გამოჩნდა (იხ. ზემოთ), რომ კონტინენტური ქერქი არსებითად განსხვავდება ოკეანური თხელი ქერქისაგან თავისი შემადგენლობითაც. პირველი გრანიტისაგან და გრანიტული დანალექი და მეტამორფული ქანებისგან შედგება, მეორე — ბაზალტისგან. როგორ მოხდა ეს? რაკი კონტინენტები თანდათან განვითარების შედეგი არიან, გარდუვალია კითხვა, როგორ წარმოიშვა კონტინენტების გრანიტი? და ამავე კითხვის მეორე მხარე იქნება: რატომ არ არის გრანიტი ოკეანურ ქერქში? ბოლო ანგარიშში ასეთი არის დღეს გრანიტის პრობლემის მთავარი სახე.

როგორც დავინახეთ, კონტინენტი, მისი პირველი ბირთვიდანვე დაწყებული, ოროგენეზის შედეგი უნდა იყოს. კონტინენტში ისეთი უბანი არ მოიპოვება, რომ მას დანაოჭება არ შეჭებოდეს. თუ სადმე ჰორიზონტული შრეები არის (ბაქნებზე), მათ ქვეშ დანაოჭებული და შემდეგ გადარეცხილ-მოვაკებული სუბსტრატი უდევს. მართალია, ქედებს ოკეანის ფსკერზეც აღნიშნავენ, მაგრამ ეს მთების განვითარების კონტინენტურისწინა სტადია უნდა იყოს. ამიტომ ბუნებრივია, გრანიტის წარმოშობა ოროგენეზის დაფუკავშიროთ. ასეც მოიქცა ამერიკელი პეტროგრაფი ბოუენი: მისი აზრით გრანიტული მასალა ფუძე მაგმის დიფერენციაციის შედეგია. დიფერენციაციას ოროგენეტური მოძრაობა იწვევს, მაგრამ პროცესი უკიდურესად ნელი და ამიტომ ხანგრძლივი არის. ნორმული გრანიტი რომ მივიღოთ, საჭიროა ოროგენეტური მოძრაობა არაერთხელ გამეორდეს.

ეს შეხედულება ჰიპოთეზი არის მხოლოდ, მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ საბჭოეთის და უცხოელი სპეციალისტების გამოკვლევები თითქო გვიჩვენებენ, რომ ძველ კონტინენტურ ფარეებში უძველესი გრანიტები, რომელთაც კონსოლიდაციის შემდეგ მოძრაობა აღარ გააჩუციდათ, უფრო ფუძე არიან, ვიდრე ახალგაზრდა გრანიტები, რო-

მელნიც ნაწილობრივ იმ ძველი გრანიტების ახლად გადაამუშავების შედეგი არიან.

ზოგი შეკითხვა და რჩევა

რა არის ვორა, ქედი, მთების სისტემა? რა არის მათთვის არსებითი, რელიეფი თუ აგებულება? რა კავშირია მთებსა და ნაოჭებს შორის?

რა არის ზეწრული მთები? ასწერეთ მაგალითები. აქვს, თუ არა, მათ ფესვები? რა არის გეოსინკლინური მთები?

რა არის გეოსინკლინი? რა კავშირი აქვს მთების წარმოშობასთან? როგორ მიმდინარეობს სელიმენტაციის და დანაოჭების მორიგეობა გეოსინკლინში? რა კავშირი აქვს მათ რეგრესია-ტრანსგრესიასთან? რატომ უკავშირდება დანაოჭება რეგრესიას?

როგორ ათარიღებენ დანაოჭებას კუთხური უთანხმოებით? რა შედეგს იძლევა ამ მეთოდის მართლად გამოყენება? შეიძლება, თუ არა, დანაოჭების დათარიღება რეგრესიით? სად უნდა იყოს და როგორ უნდა იყოს ეს რეგრესია? რა შედეგს იძლევა ეს მეთოდი? დამოუკიდებლად გამოიყენება იგი, თუ კუთხურ უთანხმოებასთან ერთად? რა არის დანაოჭების ციკლი?

რას ჰქვია გეოსინკლინის (მთების) კონსოლიდაცია? როგორ მთავრდება ოროგენეზი? რა არის ოროგენეტიური ციკლი (ალპური, ჰერცინული და სხვა)?

ასწერეთ მთების ზრდის და ნგრევის ერთდროული მიმდინარეობა.

რა არის კონტინენტური ფარები? დაასახელეთ ზოგი. რა არის ბაქანი?

როგორ მიმდინარეობს კონტინენტების ზრდა? მათი შეზღვა? ევრაზიის მაგალითი.

ოროგენეტიური თეორიები

ოროგენეზი გეოლოგიური ისტორიის ძირითადი მოვლენა არის და გასაგებია, რომ მის ახსნას არაერთი თეორია და ჰიპოთეზი მიეძღვნა. ზოგი მათგანი უეჭველად გონებამახვილიც არის, მაგრამ საკითხი არსებითად დღემდე გადაუჭრელი რჩება. ამის მიზეზია მოვლენის სირთულე და განსაკუთრებით კი ის, რომ იგი უშუალო დაკვირვებისათვის მიუწვდომელია. გასარკვევია არა მიზეზი თუ მიზეზები მხოლოდ, არამედ თვით მოვლენის ხასიათიც. ყოველ შემთხვევაში თეორიები ვითარდებოდნენ იმის კვალადაც, თუ როგორ მიდიოდა წინ თვით პროცესის გაცნობა.

საშუალო საუკუნეებში, როდესაც მთები, როგორც რელიეფის ამაღლებული ზოლები, მიწის თანდაყოლილ თვისებად მიაჩნდათ, ასახსნელი ჩანდა მხოლოდ მთების მეორადი რელიეფის განვითარება, ხეობების და სერების წარმოშობა. ეს ახსნა ბუნებრივად მდინარი წყლის მოქმედებაში დაინახეს. ამგვარად გამოისახა ოროგენეზის

ერთობილი თეორია, რომელსაც დღეს მხოლოდ ისტორიული მნიშვნელობა აქვს.

გეოლოგიური მეცნიერების ჩასახვისთანავე XVIII და XIX საუკუნეთა მიჯნაზე გამოირკვა, რომ მთები მიწის თანდაყოლილი თვისება კი არ არის, არამედ მიწის ისტორიის მანძილზე წარმოიქმნება. ვულკანების შესწავლა თითქო ნათელყოფდა, რომ მთების ადგილას მიწის ქერქის შემადგენელი შრეები ამოხსნილი არიან. მიზეზი მაგმის მოწოლა უნდა ყოფილიყო. ამგვარად ჩამოყალიბდა მთების წარმოშობის ვულკანური თეორია, რომელიც, შეიძლება ითქვას, ერთადერთი იყო გასული საუკუნის მთელ პირველ ნახევარში.

ამასობაში ტექტონიკური ცოდნა წინ მიდიოდა. აღმოჩნდა, რომ მთები ამოზურცული კი არა, დანაოჭებული არიან და სწორედ ეს სტრუქტურა არის მათთვის დამახასიათებელი, ხოლო თვით ვულკანური კონუსები არა როგორც ამოხსნილი, არამედ ზევიდან დაზვიენული არიან. ასეთ ვითარებაში ვულკანური თეორია აღარაფრის მაქნისი იყო და საჭირო შეიქნა სხვა რამ ახალი. ფრანგმა გეოლოგმა დე ბომონმა, ამერიკელმა დენამ და სხვებმა ააგეს ახალი თეორია, რომელსაც კონტრაქციული ეწოდა და რომელიც XX საუკუნემდე უცილობლად გაბატონებული იყო. შემდეგ მდგომარეობა არსებითად შეიცვალა, ამ თეორიას თითქო საყრდენი გამოეცალა, მაგრამ მისი გაცნობა მაინც გამართლებული იქნება და საერთოდ საკითხის ანალიზსაც გავვიადვილებს.

კონტრაქციული თეორია. ეს თეორია ეყრდნობა წარმოდგენას, რომ მთების წარმოშობას დანაოჭება იწვევს, ხოლო დანაოჭებისთვის ტანგენსური ძალები არის აუცილებელი. ამიტომ სწორედ ეს ტანგენსური ძალები, თუ ძალა, არის საძებარი.

იმ დროს საყოველთაოდ მიღებული იყო მზის სისტემის წარმოშობის კანტ-ლაპლასის თეორია. როგორც ვიცით, ამ თეორიის მიხედვით მზესმოწყვეტილი მიწა ერთ ხანს მთლიანად მდნარი უნდა ყოფილიყო, გავარვარებული პლანეტი დიდძალ სითბოს ასხივებდა საპლანეტაშორისო სივრცეში და ცივდებოდა: ასეთ პირობებში მას მალე მყარი ქერქი გადაეკრა. ამით დაიწყო მიწის გეოლოგიური ისტორია.

გაცივება ისევ გრძელდებოდა, რადგან მიწა დღესაც ბევრად უფრო თბილია, ვიდრე გარემო. ცივდება ქერქიც და შიგნითიც. გაცივება იწვევს კუმშვას (კონტრაქციას). იკუმშება ისევ ქერქიც და შიგ-

ნეთიც, მაგრამ შიგნეთი მეტად, რადგან სითხეების თერმიული კუმშვა-გაფართოების კოეფიციენტი დაახლოებით 10-ჯერ მეტია, ვიდრე მყარი ტანის.

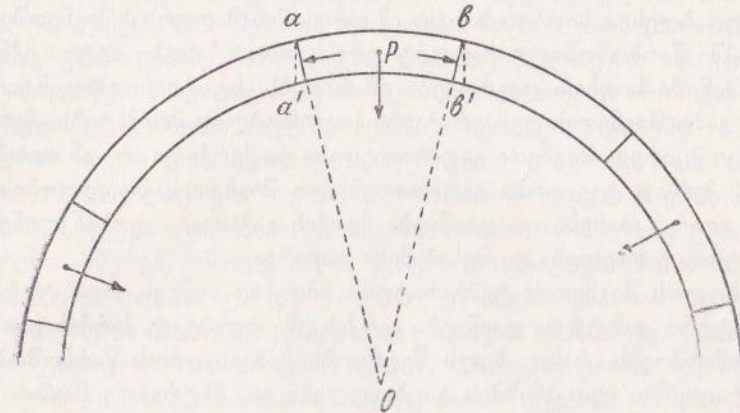
ამის გამო შიგნეთი ქერქთან შედარებით მეტად პატარავდება. მისი ვირტუალური ზედაპირი, ე. ი. ზედაპირი, რომელიც მას ექნებოდა, გაშიშვლებული რომ ყოფილიყო, უფრო მეტად დაიწვევს ქვევით, ვიდრე ქერქის ძირი, და ქერქი მანტიაში საკმაოდ ჩაფლობილი აღარ იქნება — იზოსტაზიური წონასწორობა დაირღვევა. წონასწორობის აღსადგენად ქერქი უნდა დაიძიროს და უნდა დაიძიროს ქერქი მთლიანად, რადგან შეკუმშვა მთელ მიწას ეხება. მთლიანად ქერქის დაძირვა კი მის უფრო პატარა სფეროზე გადასვლას და, მაშასადამე, ქერქის ზედაპირის შემცირებას ნიშნავს. ქერქის ზედაპირი უნდა შემცირდეს, რის საშუალებასაც მას დანაოჭება მისცემს. დანაოჭებული ქერქი ისევ მოერგება შიგნეთს და საკმაოდ ჩაფლობა მანტიაში.

სხვაგვარად იგივე მოვლენა შეიძლება ასე ავსწეროთ: შიგნეთის შეკუმშვის გამო ზედ მოტივტივე ქერქს თანდათან საყრდენი ეცლება; ასეთ პირობებში ქერქის ყოველ ნაკვეთს სიმძიმის ძალა ქვევით ეწევა ვერტიკალურად, მაგრამ ქვევით დაწევა სფერული ზედაპირისათვის უფრო პატარა ფართობზე მოთავსებას ნიშნავს. ქერქის ვერც ერთი ნაკვეთი ქვევით ვერ დაიწვევს ისე, თუ მეზობელი ნაკვეთი არ მისწია განზე, თითოეული ნაკვეთი მეზობელს მიაწევა და სიმძიმის ვერტიკალური ძალა დაიშლება ტანგენსურ შემადგენლებად, რომელნიც მოსაზღვრე ნაკვეთებისკენ იქნებიან მიმართული ყველა მხრისკენ. ასეთსავე მდგომარეობაში იქნებიან თვით ეს მეზობელი ნაკვეთები, ასე რომ, მთელ ქერქში განვითარდება ყოველმხრივი ტანგენსური ძალები იმის მსგავსად, როგორც შენობის კამარაში ხდება, — წარმოიშობა კამარული წნევა (სურ. 260).

ეს წნევა ქერქის გაცივება-კუმშვის შესაბამისად იზრდება ნულიდან (წონასწორობისას) და შეიძლება ქერქის მთლიანი წონის ოდენობამდე მიეღწია, თუ ქერქი ჩაფლობილი სრულიად აღარ იქნებოდა, მაგრამ ეს არასოდეს არ ხდება, რადგან მანამდე ქერქის ლაბილური ზოლების დანაოჭება დაიწყება. დანაოჭება მოხდება ყველგან, სადაც ასეთი ზოლი არის, რადგან ტანგენსური ძალები (კამარული წნევის ძალები) მოქმედებენ ყველგან ქერქში და პორიზონტის ყველა მიმართულ ებით. ძაბვა მიმართულია ყოველმხრივად, ხოლო მოძრაობა იწარმოებს იქეთ, საითაც წინააღმდეგობა ნაკ-

ლებია. შენაოჭება შემცირებული ქერქის დაძირვა-ჩაფლობას იწვევს, ძაბვა მცირდება და მოძრაობა შეწყდება, როგორც კი ძაბვა ქერქის სიმტკიცეზე ნაკლები გახდება.

ამგვარად, გასაგები ხდება არა მარტო თვით დანაოჭება, არამედ ოროგენეზის გავრცელებაც მთელ მიწაზე, მისი ერთდროულობა, მი-



სურ. 260. კამარული წნევა.

წი ლოკალიზაცია მოძრავ სარტყელში, დანაოჭება კონტინენტური ბირთვების გარშემო და სხ.

მაგრამ კონტრაქციული თეორიის კრიტიკოსები შენიშნავენ, რომ იმდენი შეკუმშვა, რამდენიც მიწაზე ოროგენეზი არის ცნობილი, მიწის რადიუსის დაუჯერებლად დიდ დამოკლებას გამოიწვევდა, მიწა მეტისმეტად უნდა დაპატარავებულიყო. მეორე მხრივ გაუგებარი რჩება, როგორ-ღა ხდება გეოსინკლინის დანაოჭების შემდეგი დაძირვა, რა იწვევს აზვევებისა და დაძირვის მორიგეობას? კონტრაქციული თეორიის მიმდევრები ჩვეულებრივად ამბობდნენ, დანაოჭების შემდეგ ხდება ძაბვის მოშვება (relaxation) და იწყება დაძირვა. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ასეთი მოსაზრება აშკარად მცდარია. თუ კი გაცივება და კუმშვა უწყვეტი პროცესია, უწყვეტი უნდა იყოს სათანადო ძაბვაც. დანაოჭება ძაბვას შეამცირებს კრიტიკულ დონემდე, მაგრამ როდი გააბათილებს მას.

ამ მხრივ კონტრაქციული თეორია მნიშვნელოვნად გააუმჯობესა ინგლისელმა მეცნიერმა ჯოლიმ (Joly). მან გაითვალისწინა რა-

დიაქტიური სითბო, რომელიც კონტრაქციული თეორიის ფუძემდებლებსათვის უცნობი იყო, და აღნიშნა, რომ, თუმცა რადიაქტიური ელემენტების ხარჯვის გამო მიწა თანდათან ცივდება უაღრესად ნელა. ამ ფონზე განუწყვეტლივ მიმდინარეობს გაცივებისა და გათბობის მორიგეობა.

დაიწყოთ მდგომარეობით, როდესაც მიწის ქერქის ტემპერატურა უდაბლესია. სითბოს ხარჯვა ამ დროს მინიმალურია. შიგნეთში და ქერქში წარმოშობილი რადიაქტიური სითბო ხარჯზე მეტი იქნება და მიწაში სითბოს დაგროვება იწარმოებს. სუსტი სითბოგამტარობის გამო შიგნეთის ტემპერატურა საგრძნობლად მოიმატებს, ქერქისა კი მცირედ. შიგნეთი გაფართოვდება და ქერქი კი არა ან თითქმის არა. ქერქის ტევადობა გაფართოებული შიგნეთის მოცულობისათვის აღარ იკმარებს და დაიწყება ქერქის გაჭიმვა, გეოსინკლინების ფსკერის გათხელება და შესაბამისი დაძირვა.

ბოლოს შიგნეთის ტემპერატურა იმდენად აიწვევს, რომ ტურბულენტური კონვექცია დაიწყება ქერქისკენ. ახლა უკვე ქერქის გათბობა იწარმოებს, რასაც ხელს შეუწყობს ჭიმვის დროს წარმოშობილ ნაპრალებში ვულკანიზმის გაცხოველება და მხურვალე მაგმის ზედაპირზე ამოსვლა. ამ პირობებში მიწის ზედაპირზე სითბოს ხარჯვა მეტი იქნება, ვიდრე რადიაქტიური სითბო. დაიწყება გაცივება და შეკუმშვა ყველა იმ შედეგებით, რასაც კონტრაქციული თეორია ჰგულისხმობს. ამ შეკუმშვას ისევ გათბობა-გაფართოება მოჰყვება და ა. შ.

ამგვარად, დანაოჭების და დაძირვის მორიგეობა თითქო ახსნილია. მოხსნილია შენიშვნაც, მიწის რადიუსი მეტისმეტად უნდა დამოკლებულიყო, რადგან რადიუსის ყოველ დამოკლებას დაგრძელება მოსდევს და, თუ რადიუსი მოკლდება საბოლოოდ, მხოლოდ მიწის ჯამური გაცივების შესაბამისად.

რჩება გონდვანისის პრობლემა. ამ თავისებურებებს, რომელნიც სამხრული ნახევარსფეროს კონტინენტებს ახასიათებენ, კონტრაქციული თეორია ვერ ხსნის.

დღეს კონტრაქციული თეორია უარყოფილად ითვლება, მაგრამ ამის საბუთად ასახელებენ არა მის გეოლოგიურ მხარეს, არამედ კოსმოგონიურს და გეოფიზიკურს: ა) კანტ-ლაპლასის თეორია, რომელსაც კონტრაქციული თეორია ეყრდნობოდა, გაუმართლებელი აღმოჩნდა, მაგრამ არ ჩანს, რომ კანტისა და ლაპლასის ჰიპოთეზი კონტრაქციული თეორიის აუცილებელი საფუძველი იყოს. ბ) მეორე მხრით,

მართალია, რადიაქტიური სითბო აპირობებს მიწის გაცივების უაღრესად ნელ მიმდინარეობას, მაგრამ იგი სრულიადაც არ უარყოფს თვით გაცივების პროცესის რეალობას: რადიაქტიური ენერჯია იხარჯება და მცირდება ისევე, როგორც ყველა სხვა ენერჯია.

ოსცილაციური თეორია. კონტრაქციული თეორიის დისკრედიტაციამ დიდი ვაკუუმი დასტოვა გეოლოგიაში. შეუძლებელი იყო ისეთი მოვლენის მექანიზმის შესახებ, როგორც მთების წარმოშობა არის, მეცნიერებაში რაიმე წარმოდგენა, თუნდაც ნაკლოვანი, არ ყოფილიყო. დაიწყო ახალი თეორიების აგება. არსებითად ეს არის დამანათლებელი ტანგენსური ძალების ძებნა კონტრაქციის გარეშე.

ერთი ასეთი არის გერმანელი მეცნიერის ღ ა ა რ მ ა ნ ის (Harrmann) ოსცილაციური¹ თეორია. ღაარმანის მიხედვით მთების წარმოშობას იწვევს არა იმ ნაოჭების განვითარება, რომელთაც ტექტონისტები ასწერენ, არამედ მიწის ქერქის დიდრადიუსიანი ამოხნეკვები, რომელთაც ის უნდა ციებს² უწოდებს. ეს არის ფართო ტალღისებური ამოხნეკვა (დადებითი უნდაცია) ან ჩაზნეკვა (უარყოფითი უნდაცია). თანაც საკმაო დროის მანძილზე ერთსა და იმავე ადგილას დადებითს მოძრაობას უარყოფითი სცვლის და პირიქით. სწორედ ამიტომ დაერქვა თეორიის ოსცილაციური (ქანაობითი).

ორივე შემთხვევაში უნდაციის ფრთები დაქანებული იქნება მეტნაკლებად და ეს, ღ ა ა რ მ ა ნ ის აზრით, სრულიად საკმაო არის, რათა ზედ განლაგებული ნალექების მეწყურულისებრი დაცოცება და დანაოჭება გამოიწვიოს. ასე წარმოიშობა ნაოჭა მთები: პირველადი და მთავარი არის უნდაცია, ხოლო დანაოჭება — მეორადი.

არაერთხელ აღნიშნულია, რომ, კიდევ რომ სხვას ყველაფერს დავეთანხმებით, ანგარიში უნდა გავუწიოთ გარემოებას, რომ დაქანება უნდაციების ცვლის პროცესში ერთიმეორის საწინააღმდეგო მიმართულებას მიიღებს: ერთი იქნება ამოხნეკვის დროს და მეორე ჩაზნეკვისას. მეწყურული დანაოჭებაც სხვადასხვა მიმართულებით იწარმოებს და, რადგან ოროგენეზის პროცესში ამოხნეკვა-ჩაზნეკვა მრავალჯერ უნდა გამეორდეს, დანაოჭებას ქაოტური ხასიათი უნდა ჰქონდეს, რაც სრულიად არ შეეფერება სინამდვილეს და საერთოდ მთების აგებულება, დღეს საკმაოდ კარგად ცნობილი, არავითარ შემთხვევაში მეწყურულად არ ჩაითვლება. ისეთი მთები რომ წარმოიშვას, როგორც მარათონის კავკასიონი არის, საჭირო იქნებოდა

¹ Oscillation, ფრანგ. — ქანაობა.

² Unda, ლათ. — ტალღა. უნდაცია — ტალღებრივობა.

არა ნალექების დაცოცება უნდაციის ფრთებზე, არამედ მთელი რუსეთის ბაჟნის ცოცვა სამხრეთისკენ.

მეორე მხრით, თვით უნდაციების ქანაობა მთლიანად ნებისმიერი პოსტულატი¹ არის, დასაბუთებას მოკლებული.

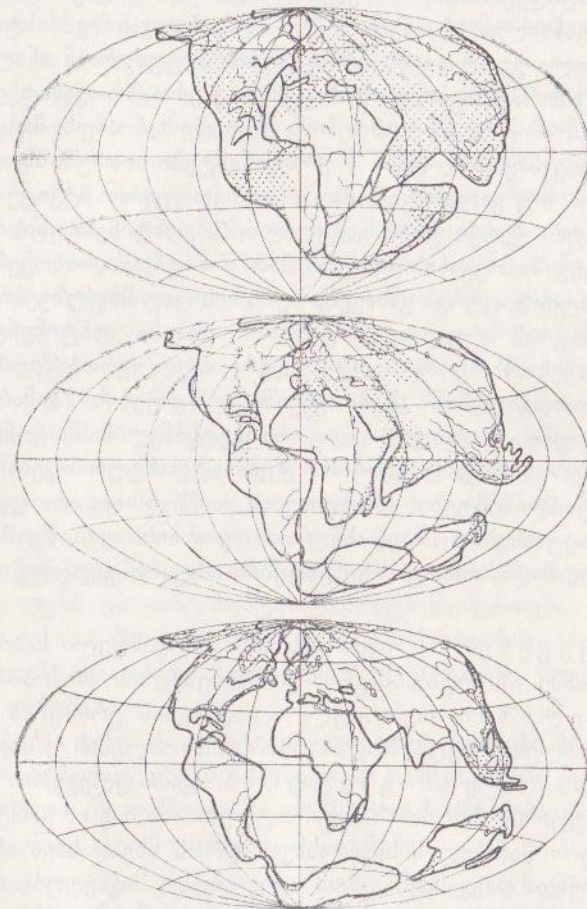
მობილისტური თეორია. სწორედ მთელი კონტინენტების ცოცვა ანუ, უკეთ, ცურვა არის გათვალისწინებული გერმანელი გეოფიზიკოსის ვეგენერის (Wegener) თეორიაში, რომელიც მან სრული სახით პირველი მსოფლიო ომის მომყოლ წლებში გამოაქვეყნა. ვეგენერმა ყურადღება მიაქცია ატლანტური ოკეანის აღმოსავლური და დასავლური ნაპირების კონტურების დამთხვევადობას და დაასკვნა, რომ გაღმა-გამოღმა კონტინენტები ერთ დროს შეერთებული უნდა ყოფილიყვნენ. მხოლოდ შემდეგ განვითარებულა ნაპირალი სამხრეთიდან ჩრდილოეთისკენ და ორივე ამერიკა, აფრიკასა და ევროპას მოწყვეტილი, დასავლეთისკენ გაცურებულა, გაჩენილა ატლანტური ოკეანე. დასავლეთისკენ მოძრავ სამხრულ და ჩრდილო ამერიკას მათ წინ გაშლილი ნალექები წაუხვევტია და ამგვარად შენაოჭებულა ამერიკის კორდილიერები და ანდები.

თუმცა შემდეგ არგანმა (Argand), შტაუბმა (Staub) და სხვებმა ვეგენერის შეხედულება ევრაზიის და ალპებ-ჰიმალაის ზოლის მიმართაც გამოიყენეს, თვით ვეგენერი ძირითადად დიდი გონდვანისის ნაწილებზე მსჯელობს. ის ეყრდნობა გეოლოგების აზრს, რომ პალეოზოურის ბოლოში აფრიკა, ინდოეთის ნახევარკუნძული, ავსტრალია, ანტარქტისი და ბრაზილია დაკავშირებული უნდა ყოფილიყვნენ, მაგრამ მათ შუა შემდეგ დაძირული შემაერთებელი კონტინენტური ფარების წარმოდგენა, რომელიც მაშინ ძლიერ გავრცელებული იყო, მიუღებლად მიაჩნია. სიალური კონტინენტი მსუბუქია და ამიტომ ტივტივობს ზედაპირზე, ამბობს ვეგენერი, და სწორედ ამიტომვე იგი ვერ დაიძირებოდაო. გარდა ამისა ოკეანის ფსკერი შედგენილობითაც სხვა არის (სიმა), ვიდრე კონტინენტი (სიალი), და ამ მხრივაც დაძირული კონტინენტების კვალი არაფერი ჩანს.

ვეგენერის აზრით, ზემოთ ჩამოთვლილი კონტინენტური ნაკვეთები ზედა პალეოზოურში ერთად იყვნენ თავმოყრილი, ერთ კონტინენტს წარმოადგენდნენ და მჭიდროდ იყვნენ დაკავშირებული ევრაზიასა და ჩრდილო ამერიკასთანაც. ასე რომ, მიწაზე ერთი კონტინენტი-და იყო, რომელსაც ეს მეცნიერი პანგეას, „საყოველთაო

¹ Postulatum, ლათ. — მოთხოვნა, აუცილებელი დაშვება.

ხმელეთს“ უწოდებდა. შემდეგ მოხდა ამ უზარმაზარი კონტინენტის დაწყვეტა და ნაწილების სხვადასხვა მხარეს გაცურვა, რამაც ახალგაზრდა მთების დანაოჭება გამოიწვია (სურ. 261).



სურ. 261. ვეგენერის ჰიპოთეზი. ზევით — მდგომარეობა კარბონული დროის მიწურულში: ყველა კონტინენტი ერთად არიან თავმოყრილი და შეადგენენ ერთ კონტინენტს — პანგეას. დაწერტილი ეპიკონტინენტური ზღვები არის. შუაში — ეოცენი; ამერიკა, ანტარქტისი და ავსტრალია მოწყვეტიან ძველ ქვეყანას (ევრაზიას და აფრიკას) და შუაში ოკეანე შეჭრილა. ქვევით — ქვედა მეოთხეული; კონტინენტების განლაგება თანამედროვეს უახლოვდება.

ვეგენერის უეჭველად გონებამახვილმა და ამდენადვე გაბედულმა თეორიამ პირველხანად დიდი ყურადღება მიიპყრო. შემდეგ თანდათან უფრო თვალსაჩინო შეიქნენ მრავალრიცხოვანი ფაქტური წინააღმდეგობანი, რომელთაც თეორია შეიცავს. ამ წინააღმდეგობათა განხილვა აქ ძნელი იქნებოდა, რადგან ეს ისტორიული და რეგიონული გეოლოგიის მონაცემების საფუძვლიან ანალიზს მოითხოვს და ხშირად თვით ეს მონაცემებიც ერთაზროვანად დადგენილი არ არის. ამიტომ აქ რამდენიმე ზოგადი ხასიათის მოსაზრებით შეიძლება დავკმაყოფილდეთ: 1. კონტინენტები სითხეში როდი არიან ჩაფლობილი. თუ ვაცურავენ, მათ სიალზედ უფრო მტკიცე ოკეანური ბაზალტური ქერქი უნდა გაჰკვეთონ; 2. კონტინენტების მოძრაობის შემთხვევაში ოკეანის ფსკერი მათ წინ უნდა დანაოჭებულიყო; 3. კონტინენტის ვაცურვა გასაგებს ხდის მის ცალ მხარეზე მთების დანაოჭებას, მაგრამ სრულიად გაუგებარი რჩება კონტინენტისირველივი დანაოჭება, როგორც, ვთქვათ, ჰერცინულ ევროპაში; 4. კონტინენტის გადაადგილების შემთხვევაში დანაოჭების მიმართულება ერთმხრივი უნდა ყოფილიყო და არა გეოსინკლინის კონტურების მართობული; 5. შუა ოკეანური ქედი ატლანტურ ოკეანეში (იხ. სურ. 158) კონტინენტების დაახლოებას მოწმობს და არა დაშორებას და 6. განსაკუთრებით საბედისწეროა თეორიისათვის, რომ არ ჩანს რაიმე ისეთი ძალა, რომ კონტინენტების ამგვარი გადაადგილება შეეძლოს.

დღეს ვეგენერის თეორიას მისი პირვანდელი სახით იშვიათად თუ ვინმე იზიარებს, მაგრამ კონტინენტების მოძრაობის იდეა ანუ მობილიზმი თეორიული გეოლოგიის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პრობლემად იქცა. ბოლო დროს ამ პრობლემას ერთგვარი სიახლე მისცა პალეომაგნეტურმა გამოკვლევებმა. ირკვევა, რომ მაგნეტური მერიდიანის მიმართულება ამა თუ იმ კონტინენტზე გეოლოგიური წარსულის სხვადასხვა დროს სხვადასხვა არის. ამის მიხედვით უნდა დაგვესკვნა, რომ იცვლებოდა მაგნეტური პოლუსის მდებარეობა. მაგრამ ყველა ნიშნის მიხედვით მაგნეტური პოლუსის მდებარეობა დაკავშირებული არის მიწის ბრუნვის დერძთან, რომლის მდებარეობა ინერციის გამო უცვლელი უნდა იყოს, მაშასადამე, მაგნეტური პოლუსის და მაგნეტური მერიდიანების მდებარეობაც, უცვლელი არის. იცვლება არა მაგნეტური მერიდიანების მდებარეობა, არამედ კონტინენტების მდებარეობა მათ მიმართ: გამოდის, რომ კონტინენტები მიწის ზედაპირზე მოძრავი არიან!

ეს გამოკვლევები ჯერ კიდევ საწყის სტადიაში იმყოფებიან.

კონვექციური თეორია. როგორც აღვნიშნეთ, დიდი სიძნელე, რომელსაც კონტინენტების მოძრაობის წარმოდგენა აწყდება, არის მამოძრავებელი ძალის თუ ძალების საკითხი. ზოგის აზრით ასეთი ძალა არსად არის. სხვები ვატყობთ ეძებენ მას. ერთს თითქოს მიაკვლიეს კიდევ. ეს არის კონვექციური დინებები.

რადიაქტიური ნივთიერებების განაწილება მიწაში უცნობი არის, მაგრამ მეცნიერებს ბუნებრივად მიაჩნიათ დაშვება, რომ ეს განაწილება არათანაბარი იყოს. და თუ მიწაში არის უბნები, სადაც ამ ნივთიერების ჭარბი რაოდენობა იყრის თავს, ცხადია, რომ იმავე უბნებში სითბოს ჭარბი რაოდენობა უნდა გამოიყოფოდეს. ქანების დაბალი სითბოგამტარობის გამო მოხდება სითბოს თანდათან დაგროვება და ტემპერატურის ამაღლება. ასეთ პირობებში უნდა გაიზარდოს გეოთერმიული გრადიენტი. როდესაც გრადიენტი საჭირო სიდიდეს მიაღწევს, დაიწყება კონვექცია. ცნობილი ჰოლანდელი გეოფიზიკოსი ვენინგ მეინესი (Vening Meinesz) და ბევრი სხვა ფიქრობენ, რომ ამ კონვექციას მოწესრიგებული ხასიათი ექნება, დინების სახეს მიიღებს. ინდონეზიაში ჩატარებული წყალქვეშა გრავიმეტრიული დაკვირვებების საფუძველზე ვენინგ მეინესი მივიდა დასკვნამდე, რომ კონტინენტებს ქვეშ აღმავალი დინება არის მანტიამი. ქერქსქვეშამდე რომ მიაღწევს, იგი პორიზონტულ მიმართულებას იღებს და კონტინენტის კიდისკენ წაიმართება. კონტინენტის და ოკეანის საზღვარზე მას ოკეანიდან მომდინარე ასეთივე დინება შეხვდება და ორივე ქვევით დაუხვევს ერთად, როგორც დაღმავალი დინება.

ქერქსქვეშა დინებას ატივტივებული კონტინენტები მიაქვს და იქ, საცა საწინააღმდეგო დინებას შეხვდება, კონტინენტის კიდის გასწვრივ ორმხრივად შეკუმშული ზოლი ქვევით ჩაიზნიქება დინების შესაბამისად. ამავე დროს დაიწყება დანაოჭება.

ამგვარად, თითქო ყველაფერი რიგზეა: გასაგები ხდება გეოსინკლინის მდებარეობა კონტინენტის კიდეზე, გეოსინკლინის პირველადი დაძირვა, დანაოჭება მოწინააღმდეგე ტანგენსური ძალების მოქმედებით, მთების ფესვების წარმოშობა და სხ. მაგრამ არის სიძნელეებიც. მაგალითად, ის დებულება, რომ პორიზონტული დინების საწყისი კონტინენტის შუა უბანში უნდა იყოს და აქედან ვრცელდებოდეს ყველა მიმართულებით, მთლიანი კონტინენტის გადაადგილებას შეუძლებელს ხდის. ამის ნაცვლად კონტინენტის ცენტრში ქერ-

ქის გაჭიმვა უნდა მოხდეს და თან ისეთი მაშტაბით, რომ კონტინენტის კიდეზე მიმდინარე შეკუმშვა-დანაოჭება შესაძლებელი გახდეს. ასეთი წარმოდგენის დამადასტურებელი ცნობილი არაფერი არ არის. შეიძლება ვთქვათ, ჭიმვის გამო კონტინენტი დაწყდება, და ეს თითქო კარგად ასურათებს გონდვანისის შემთხვევას, მაგრამ კონტინენტის დაწყებამ და ნაწყვეტების ერთმანეთის დაშორებამ ხომ დინებათა მთელი სქემა უნდა დაარღვიოს.

გარდა ამისა ძალაში რჩება მეტი წილი შენიშვნები ვეგენერის თეორიის გამო გამოთქმული.

ახლა თვით კონვექციის შესახებ. კონვექცია მიწის შიგნით უეჭველად შესაძლებელი არის. ზემოთ ჩვენ იგი გამოვიყენეთ ჯოლისებურად მიწის გაცივება-გათბობის მორიგეობის ასახსნელად. მაგრამ ეს იყო ტურბულენტური კონვექცია. აქ კი იგულისხმება წესიერი, ლამინარული კონვექცია. თეორიის არაერთი კრიტიკოსი აღნიშნავს, რომ ასეთი კონვექცია მხოლოდ ქიმიურად ერთგვაროვან გარემოში არის შესაძლებელი. თუ ასე არ არის, სხვადასხვა ქიმიური შემადგენლობის მასები ერთმანეთს შეხვდებიან, დაიწყება ქიმიური რეაქციები, ზოგი ენდოთერმული, ზოგი ეგზოთერმული, და ყველაფერი აირევა.

მეორე მხრივ, კონვექციის ისეთი სურათი, როგორსაც კონვექციონისტები გვიხატავენ და რომელსაც ფიზიკის კარგად ცნობილი ცდის მიხედვით წარმოგვიდგენენ, ჰგულისხმობს არამარტო ლოკალიზებულ გათბობას, არამედ ლოკალიზებულ გაცივებასაც. ეს არის ე. წ. ცივი კედლის პრინციპი. აქ ასეთი რამე არავის აღუნიშნავს და გაუგებარია, რამ უნდა გამოიწვიოს კონვექციური მობრუნალი. საჭიროა დამატებითი ანალიზი.

დასკვნა. ასეთი არის ამჟამად უფრო გავრცელებული ოროგენეტური თეორიები. არც ერთი მათგანი დღეს საყოველთაოდ მიღებული არ არის და მეტი წილი ჯეროვან საფუძველს თითქო აშკარად მოკლებული ჩანს. განსაკუთრებულად ნაჩქარევი ჰიპოთეზები გამოიწვია კონტრაქციული თეორიის დისკრედიტაციამ.

ეს უკანასკნელი თეორია მაინც ყველაზე უფრო თანამიმდევრულად არის დამუშავებული. მისი ხანგრძლივი არსებობის მანძილზე გეოლოგიური თვალსაზრისით მისი საწინააღმდეგო თითქმის არაფერი თქმულა. თეორიის უარყოფა გამოიწვია მისი კოსმოგონიური (კანტისა და ლაპლასის თეორია) და გეოფიზიკური (მდნა-

რი შიგნით) საფუძვლის შერყევამ, მაგრამ არსაიდან ჩანს, რომ კონტრაქციის ახლური დასაბუთება შეუძლებელი იყოს.

მეორე მხრივ, ვერც კონტრაქციული თეორია ხსნის ტექტოგენეზის ყველა მოვლენას (მაგ. გონდვანისის პრობლემას) და აქ ეგებ გამართლებული იქნებოდა საკითხის ახლურად დასმა: ჩვეულებრივ ოროგენეტური თეორია მიზნად ისახავს (ან მოითხოვენ მისგან) ყველაფრის ასხნას, უნივერსალობის პრეტენზიას იჩენს. ეგებ უფრო სწორი იქნებოდა დიფერენციალური მიდგომა? ხომ არ არის ტექტოგენეზი სხვადასხვა ფაქტორის მოქმედების შედეგი? რთული საკითხია, რომელზედაც აქ შეჩერება უადგილო იქნებოდა.

მიწის გაფართოების ჰიპოთეზი. ზემოთ აღწერილი ოროგენეტური თეორიები მეტნაკლებად გონებასმახვილ მოსაზრებებს ეყრდნობიან ძირითადად და დაკვირვებითი მასალა მხოლოდ მცირე აქვთ. უფრო მართებული იქნებოდა მათთვის ჰიპოთეზები¹ გვეწოდებია, მაგრამ კვალიფიკაცია „თეორია“ საყოველთაოდ არის მიღებული და ჩვენც შეიძლება პირობითად ეს წესი გავიზიაროთ. არ უნდა დავივიწყოთ კი, რომ ჯერჯერობით მხოლოდ გაბედულ „სამუშაო ჰიპოთეზებთან“ გვაქვს საქმე.

რაც შეეხება „გაბედულობას“, ბოლო ხანებში უფრო შორსაც კი მიდიან. 1935 წელში სამხრულ აფრიკელმა ასტრონომმა Halm-მა წამოაყენა მოსაზრება, რომ მიწა დასაწყისში ბევრად უფრო მკვრივი იყო, ვიდრე დღეს არის. ამის გამო უფრო მცირე მოცულობა ჰქონდა და მისი რადიუსი 5430 კმ უდრიდა მხოლოდ, ნაცვლად აწინდელი 6371 კილომეტრისა. მიწის საშუალო სიმკვრივე ასეთი შეკუმშულობის გამო უდრიდა 9,13-ს (ნაცვლად 5,52-ისა). თვით შეკუმშვა გამოწვეული იყო არა გაცივებით, არამედ ატომური სტრუქტურის რადიკალური განსხვავებით.

სწორედ ამ დროს გადაეკრა მიწას სიალური ქერქი, რომელიც მთელ მიწას უვლიდა გარს და აწინდელი კონტინენტებისგან შედგებოდა. მიწის ქერქის ფართობი კონტინენტების საერთო ფართობს უდრიდა და ოკეანური აუზები არსად იყო.

ამის შემდეგ დაიწყო მიწის (უფრო ზუსტად მიწის შიგნეთის) გაფართოება. სიალური ქერქი დაწყდა და მოგვცა თანამედროვე კონტი-

¹ ბერძნული „ჰიპოთესის“ ნიშნავს რაიმე დაშვებას, წარმოდგენას. ცნობილი მაგრამ გაურკვეველი მოვლენების ასახსნელად. თვით წარმოდგენის რეალობა დასადასტურებელი არის.

ნენტები. ნაპრალები ამ ნაწყვეტებს შუა თანდათან ფართოვდებოდნენ და ასე წარმოიშვა ოკეანური აუზები; მაშასადამე თანამედროვე ოკეანეების საერთო ფართობი მიწის გაფართოების საზომი არის, — გაფართოების ზედაპირს უდრის. გაფართოება გრძელდება დღესაც.

ადვილი შესამჩნევია, რომ ეს წარმოდგენა მიზნად ისახავს იმავე მოვლენების ახსნას, რომელნიც საფუძვლად დაედო ვეგეტაციის მობილიტურ ჰიპოთეზს. ოღონდ აქ კონტინენტები მიწის ზედაპირზე გადაადგილებას კი არ განიცდიან, ერთმანეთს მოსწყვეტიან და სცილდებიან შიგნეთის გაფართოების გამო.

ასეთ შეხედულებას ცოტა, მაგრამ მიმდევრებიც ჰყავს.

ზოგი შეკითხვა და რჩევა

რა არის ტანგენსური ძალები? არის თუ არა საკმაო საფუძველი, რათა ვამტკიცოთ, რომ დანაოქება-ოროვენისთვის ტანგენსური ძალები აუცილებელი არიან? სად ხედავს ასეთ ძალებს კონტრაქციული თეორია, ოსცილაციური თეორია, მობილიზმი, კონვექციური ღინებების თეორია? აღნიშნეთ ამ თეორიების სუსტი მხარეები.

გეოლოგიური მეცნიერება

იმისათვის, რომ მეცნიერების რომელიმე დარგის არსებობა, როგორც დამოუკიდებელი დისციპლინის, გამართლებული იყოს, საჭიროა, რომ მას ჰქონდეს საკუთარი ობიექტი, მეთოდი და თვალსაზრისი ანუ მიზანდასახულება.

გეოლოგია, როგორც მისი სახელიც გვიჩვენებს, არის მეცნიერება მიწის შესახებ, მიწა იქნება მისი ობიექტი. მაგრამ მიწის მეცნიერება სხვაც არაერთი არის: მიწას, როგორც პლანეტს, შეისწავლის ასტრონომია, მიწის ზედაპირის ფორმას იკვლევს გეოდეზია, მიწაში მიმდინარე ფიზიკურ მოვლენებს — გეოფიზიკა, ქიმიურ მოვლენებს — გეოქიმია, ატმოსფერულ მოვლენებს — აეროლოგია და კლიმატოლოგია, ოკეანეებს — ოკეანოლოგია, სხვადასხვა მოვლენათა და პროცესების განლაგებას მიწის ზედაპირზე — გეოგრაფია და ა. შ. მათგან განსხვავებით გეოლოგიის საგანი არის მყარი მიწა და უფრო ზუსტად მყარი მიწის ზედაფენა, რომელსაც მიწის ქერქი ეწოდება.

გეოლოგიური კვლევის მეთოდი ძირითადად უშუალო დაკვირვება არის და მიწის ზედაპირით ისაზღვრება. მიწის ქერქის უფრო ღრმა უბნებში ჩახედვის საშუალებას გეოლოგს ეროზიის მიერ ღრმად გაჭრილი ხეობები, დენუდაციური ზედაპირები და ტექტონიკური დისლოკაციები აძლევენ. ამას ერთვის ხელოვნური ნაჩენები: შურფები, ბურღვლები და სხვა მისთანა. ქანების რაგვარობის შესწავლის გზით ირკვევა მათი წარმოშობის პირობები, ხოლო შრეების განლაგებისა და შიგდაცული ნამარხების შესწავლა შესაძლებელს ხდის მოვლენათა დათარიღებას. უკანასკნელი მეთოდი წმინდა გეოლოგიური არის და მას არც ერთი სხვა მეცნიერება არ იყენებს.

მეორე მხრით, ქერქის შესწავლა გრავიმეტრიული, სეისმომეტრიული და სხვა იარაღებითაც შეიძლება, მაგრამ ეს გეოლოგია არ იქნება — მეთოდი გეოლოგიური არ არის. ასევე ქანების ასაკის დადგე-