

დ. ჩხეიძე

საინჟინრო გეოლოგია

სსრ კავშირის უმაღლესი და საშუალო სპეციალური
განათლების სამინისტროს მიერ დაშვებული სახელ-
მძღვანელოდ უმაღლესი სპეციალური სასწავლებლების საშუალო
სპეციალობების სტუდენტებისათვის

სახელმძღვანელო შედგენილია იმ პროგრამების შესაბამისად, რომლებიც ითვალისწინებენ საინჟინრო გეოლოგიის კურსის შესწავლას უმაღლესი ტექნიკური სასწავლებლების სამშენებლო სპეციალობებზე. მასში განხილულია ზოგადი გეოლოგია, ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის ძირითადი საკითხები, რომელთა უმრავლესობა მკიდრო კავშირშია სხვადასხვა დანიშნულებსა და ტიპის მშენებლობასთან, ტერიტორიის სამეურნეო ათვისებასთან ან სასარგებლო წიაღისეულის საბადოთა დამუშავებასთან.

წიგნი, ძირითადად, განკუთვნილია სამშენებლო და ჰიდროტექნიკური სპეციალობების სტუდენტებისათვის; იგი გამოადგება აგრეთვე სატრანსპორტო, სამთო და გეოლოგიური სპეციალობების სტუდენტებს.

წინასიტყვაობა

ორ ათეულ წელზე მეტია საქართველოს ვ. ი. ლენინის სახელობის პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის კათედრაზე იკითხება საინჟინრო გეოლოგიის კურსი სხვადასხვა ფაკულტეტისათვის. მას სწავლობენ მომავალი მშენებლები, ჰიდროტექნიკოსები, სატრანსპორტო დარგის მუშაკები, სამთოელები, გეოლოგები. დღემდე ქართულ ენაზე არ არსებობდა საინჟინრო გეოლოგიის სახელმძღვანელო, რაც საგრძნობლად აფერხებდა ლექციებზე საგნის შინაარსის სრულყოფილად გადაცემას და ქართული სექტორის სტუდენტთა მიერ კურსის საფუძვლიანად დაუფლებას. გარდა ამისა სხვადასხვა ფაკულტეტზე ამ საგანს რამდენადმე განსხვავებული მოცულობა აქვს. გავითვალისწინეთ რა ის გარემოება, რომ ცალკეულ სპეციალობებისათვის დამოუკიდებელი სახელმძღვანელოების შედგენა ხანგრძლივი და შრომატევადი საქმეა, გადავწყვიტეთ წინამდებარე სახელმძღვანელო სასწავლო პროგრამების შერწყმის საფუძველზე შეგვედგინა და შესაბამისად შეგვექმნა მისი გამოყენების შესაძლებლობა ძირითადად ყველა არაგეოლოგიური სპეციალობის სტუდენტებისათვის. სახელმძღვანელოში განხილული საკითხები შეტანილია იმ სასწავლო პროგრამებში, რომლებიც დამტკიცებულია სსრ კავშირის უმაღლესი და საშუალო სპეციალური განათლების სამინისტროს სასწავლო-მეთოდური სამმართველოს მიერ უმაღლესი ტექნიკური სასწავლებლების ზემოდასახელებული ფაკულტეტებისათვის. წიგნის ძირითადი სტრუქტურა შეესაბამება საინჟინრო გეოლოგიის კურსს სამშენებლო სპეციალობებისათვის.

საინჟინრო გეოლოგია, როგორც გეოლოგიური მეცნიერების შედარებით ახალგაზრდა შტო, საგრძნობლად ვითარდება და კვლევის ახალი, თანამედროვე მეთოდებით მდიდრდება. სახალხო მეურნეობის ისეთი დარგები, როგორცაა სამრეწველო და სამოქალაქო მშენებლობა, ტერიტორიების სამეურნეო ათვისება, სასარგებლო წიაღისეულის საბადოთა დამუშავება საინჟინრო გეოლოგიის წინაშე გაზრდილ მოთხოვნებს აყენებს და ამიტომ მისი მოქმედების სფერო და დიაპაზონი განუწყვეტლივ ფართოვდება. ამ დარგის აღნიშნული თავისებურება გათვალისწინებულია წიგნის შედგენისას და ამაზე მიუთითებს

ცალკეული თავების დაწერის დროს გამოყენებული თანამედროვე სპეციალური ლიტერატურა.

არაგეოლოგიური სპეციალობის სტუდენტები საინჟინრო გეოლოგიის კურსის გავლისას არ იცნობენ ზოგადი გეოლოგიის საფუძვლებს; ამიტომ წიგნის პირველ ნაწილში მოცემულია ზოგადი ცნობები დედამიწის აგებულების შესახებ, მინერალების და ქანების მთავარი წარმომადგენლების აღწერა-დახასიათება და ძირითადი საკითხები დინამიკური გეოლოგიიდან. წიგნის მეორე ნაწილი მიწისქვეშა წყლებს ეხება. მასში მოცემულია ზოგადი ჰიდროგეოლოგიის საფუძვლები, მიწისქვეშა წყლების ტიპები, რეჟიმი, რესურსები, მოძრაობის ძირითადი კანონები, წყლების მოძინება წყალშემკრები ნაგებობებისაკენ; დახასიათებულია მიწისქვეშა წყლები, როგორც მშენებლობის პირობების გამართლებელი ფაქტორი. მესამე ნაწილში გადმოცემულია გრუნტმცოდნეობის საფუძვლები, ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური კლასიფიკაცია, მათი ნივთიერი აღნაგობა, ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები და ამ უკანასკნელთა ხელოვნურად გაუმჯობესების მეთოდები. მეოთხე ნაწილი ეთმობა ბუნებრივ გეოლოგიურ და აგრეთვე მშენებლობის წარმოებისას წარმოქმნილ პროცესებს: გამოფიტვას, ქარის გეოლოგიურ მოქმედებას, ზედაპირული წყლის და ზღვების გეოლოგიურ მოქმედებას, გრავიტაციულ პროცესებს, კარსტს, სუფოზიას, სეზონურ მზრალობას, ქანების დეფორმაციებს მიწისქვეშა სამუშაოების დროს და სხვ. მეხუთე ნაწილი მოიცავს საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების შინაარსს და მეთოდებს, მეექვსე ნაწილი კი — ამ კვლევებს მშენებლობის ცალკეული სახისათვის.

ავტორი მადლობას უხდის საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის კათედრის კოლექტივს, რომლის ინიციატივით და ხელის შეწყობით შეიქმნა ეს სახელმძღვანელო.

შ ე ს ა ვ ა ლ ი

საინჟინრო გეოლოგია შეისწავლის სხვადასხვა დანიშნულების ნაგებობის მშენებლობის, აგრეთვე სამეურნეო გამოყენებისათვის განკუთვნილი ტერიტორიების გეოლოგიურ პირობებს. წინასწარი გეოლოგიური სამუშაოების ჩატარება აუცილებელი პირობაა მშენებლობისათვის შერჩეული ტერიტორიის ვარგისიანობის განსაზღვრისა და ნაგებობის მდგრადობის უზრუნველსაყოფად. ნაგებობაზე ზემოქმედებენ სხვადასხვა გეოლოგიური ფაქტორები, რომელთა გათვალისწინება აუცილებელია მშენებლობის ადგილის, ნაგებობის კონსტრუქციების და სამუშაოთა წარმოების მეთოდის შესარჩევად. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების მთავარი ობიექტია ქანები, რომლებიც გვევლინებიან ნაგებობის საფუძვლად, გარემოდ ან სამშენებლო მასალად. ქანების სიმტკიცის და დეფორმაციის მაჩვენებლებთან უშუალო კავშირშია მშენებლობის და ტერიტორიების სამეურნეო ათვისების პრაქტიკული საკითხები. საინჟინრო გეოლოგია იკვლევს იმ გეოლოგიურ პროცესებსაც, რომლებიც ბუნებაში მიმდინარეობენ ან წარმოიშობიან ადამიანის საქმიანობის ზეგავლენით. ეს საშუალებას იძლევა შეფასდეს ნაგებობისა და გარემოს ურთიერთგავლენის ხასიათი, მოხდეს მშენებლობის პროცესში მოსალოდნელ გართულებათა რაოდენობრივი პროგნოზი და დაისახოს მათი თავიდან ასაცილებელი ღონისძიებანი. სამშენებლო ობიექტის ტერიტორიაზე ჩატარებული გეოლოგიური სამუშაოები უზრუნველყოფენ მშენებლობის რაციონალურად დაგეგმვას და წარმართვას, ამიტომ ბუნებრივია, რომ საინჟინრო-გეოლოგიური დასკვნა მშენებლობის პროექტის არსებითი შემადგენელი ნაწილია და ასაბუთებს მას.

თანამედროვე პირობებში მშენებლობის ფართოდ გაშლილი ტემპები აუცილებელს ხდის, რომ თითოეული ინჟინერ-მშენებელი, მშენებლობის სპეციფიკის გარდა, ზედმიწევნით კარგად ერკვეოდეს ბუნებრივ გარემოში — ადამიანის პრაქტიკული საქმიანობის ძირითად სფეროში, შეეძლოს მისი რაციონალური გამოყენება და დაცვა. მშენებელი საფუძვლიანად უნდა იცნობდეს გეოლოგიასაც, ვინაიდან გეოლოგიურ საკითხებში სწორად გარკვევას სამშენებლო თვალსაზრისით დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ნაგებობა ისე უნდა აიგოს,

რომ მან არ გაართულოს ბუნებრივი გეოლოგიური პროცესების მიმდინარეობა, რამაც შესაძლებელია უარყოფითად იმოქმედოს ნაგებობის მდგრადობაზე. ამ საკითხების გარკვევაში მშენებელს მნიშვნელოვან სამსახურს უწევს საინჟინრო გეოლოგია.

საინჟინრო გეოლოგია გეოლოგიური მეცნიერების შედარებით ახალგაზრდა დარგია. მისი განვითარება დაიწყო ფაქტიურად ოციანი წლებიდან, როდესაც ჩვენს ქვეყანაში გაიშალა დიდი მასშტაბის მშენებლობანი. ბოლო წლებში საინჟინრო გეოლოგია მოგვევლინა უკვე როგორც დამოუკიდებელი საბუნებისმეტყველო მეცნიერება, რომელსაც თვითონ ჩამოუყალიბდა ცალკეული დარგები და მიმართულებანი. საინჟინრო გეოლოგია ამჟამად კომპლექსური ცნებაა, რომელიც აერთიანებს გრუნტმცოდნეობას, საინჟინრო გეოდინამიკას, სპეციალურ საინჟინრო გეოლოგიას და რეგიონულ საინჟინრო გეოლოგიას. გრუნტმცოდნეობა ანუ საინჟინრო პეტროლოგია შეისწავლის ქანების შედგენილობას, აღნაგობას და ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს, აგრეთვე იმ გარემო პირობებს, რომლებმაც განსაზღვრეს ქანების ამ თვისებების ჩამოყალიბება. საინჟინრო გეოდინამიკის შესწავლის ობიექტია როგორც ბუნებრივი, ასევე ნაგებობათა მშენებლობის პროცესში წარმოქმნილი გეოლოგიური პროცესები. სპეციალური საინჟინრო გეოლოგია იკვლევს გეოლოგიურ პირობებს ცალკეული ტიპის მშენებლობისათვის, ხოლო რეგიონული საინჟინრო გეოლოგია — საბჭოთა კავშირის ცალკეული რეგიონების, არეების და რაიონების საინჟინრო-გეოლოგიურ პირობებს.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები გეოლოგიურ მეთოდზეა დაფუძნებული, ამიტომ ამ კვლევების წარმოება შეუძლებელია საფუძვლიანი გეოლოგიური მომზადების გარეშე. გარდა გეოლოგიური მეთოდისა, საინჟინრო გეოლოგია წარმატებით იყენებს ექსპერიმენტულ, ანალოგიის, მოდელირების და საანგარიშო-თეორიულ მეთოდებსაც.

გეოლოგიის საფუძვლები

I ტ ა ვ ი

გეოლოგიის საბანი და კვლევის მეთოდები

გეოლოგია შეისწავლის დედამიწის აგებულებას, შედგენილობას და მასში მიმდინარე პროცესებს. დედამიწის შემსწავლელი სხვა მეცნიერებებისაგან განსხვავებით, გეოლოგიის კვლევის სფერო დედამიწის წიაღია, დედამიწის ქერქის ანუ ლითოსფეროს ფარგლებში. ბოლო წლებში გეოლოგიური კვლევები თანდათანობით დედამიწის სულ უფრო ღრმა ფენებს მოიცავს.

გეოლოგია ერთ-ერთი ძირითადი საბუნებისმეტყველო მეცნიერებაა. მისი ცალკეული დარგებიდან აღსანიშნავია: დინამიკური გეოლოგია, მინერალოგია, პეტროგრაფია, ისტორიული გეოლოგია, პალეონტოლოგია, გეოტექტონიკა, სასარგებლო წიაღისეულის გეოლოგია, გეომორფოლოგია, ჰიდროგეოლოგია, საინჟინრო გეოლოგია და გეოლოგიური მიმართულების ზოგიერთი სხვა დარგი.

დინამიკური გეოლოგია იკვლევს თანამედროვე და წარსულ გეოლოგიურ ეპოქებში მიმდინარე იმ გეოლოგიურ პროცესებს, რომლებმაც ჩამოაყალიბეს დედამიწის ზედაპირის თანამედროვე სახე.

მინერალოგია არის მეცნიერება მინერალების წარმოქმნის პირობების, გავრცელების კანონზომიერებებისა და მათი ფიზიკური-ქიმიური თვისებების შესახებ.

პეტროგრაფია სწავლობს დედამიწის ქერქის ამგები ქანების ნივთიერ შედგენილობას, წარმოშობის პირობებს და გავრცელების კანონზომიერებებს.

ისტორიული გეოლოგია შეისწავლის ქანებისა და მათი ბუნებრივი კომპლექსების წარმოქმნის ისტორიულ თანმიმდევრობას (სტრატოგრაფია) და ამის საფუძველზე აღადგენს დედამიწის ქერქის წარმოშობისა და განვითარების ისტორიას.

პალეონტოლოგია განამარხებული ორგანიზმების და მცენარეების ნაშთების მიხედვით სწავლობს დედამიწაზე ორგანული სამყაროს განვითარებას მისი ჩასახვიდან თანამედროვე ეპოქამდე, რაც დედამიწის გეოლოგიური განვითარების ისტორიის დადგენის მნიშვნელოვანი საშუალებაა.

გეოტექტონიკა იკვლევს დედამიწის ქერქის მოძრაობას, ქანების განლაგების ფორმებს, ე. წ. ტექტონიკურ სტრუქტურებს, რომლებიც ამ მოძრაობისას წარმოიქმნება, და მათი განვითარების ისტორიას.

გეომორფოლოგია შეისწავლის დედამიწის ზედაპირის რელიეფის ფორმებს, მათი წარმოქმნისა და განვითარების კანონზომიერებებს.

სახარკებლო წიაღისეულის საბადოების გეოლოგიის მიზანია ამ საბადოთა გავრცელების და განაწილების კანონზომიერებათა შესწავლა და წიაღისეულის ახალი მარაგების გამოვლინება.

ჰიდროგეოლოგია შეისწავლის მიწისქვეშა წყლების წარმოქმნის, გავრცელების და მოძრაობის კანონზომიერებებს, აგრეთვე მათი ქიმიური შედგენილობის საკითხებს. ამ წყლების გამოვლინებას და სამეურნეო მიზნებისათვის გამოყენებას დიდი მნიშვნელობა აქვს ადამიანის პრაქტიკულ საქმიანობაში.

გეოლოგიის ამ დარგებს კვლევის დამოუკიდებელი მეთოდები გააჩნია, მაგრამ ამავე დროს ისინი ორგანულად არიან ერთმანეთთან დაკავშირებული და ხშირად ერთიანი, გეოლოგიური პრობლემის შემადგენელ ელემენტებს წარმოადგენენ.

გეოლოგიური კვლევა-ძიების უმთავრესი მეთოდია უშუალო საველე დაკვირვება, რომელიც ტარდება გეოლოგიური აგეგმვის დროს. ამ დროს შეისწავლება ქანები, მათი შემადგენელი მინერალები, გეოლოგიური სტრუქტურები და ბუნებაში მიმდინარე გეოლოგიური პროცესები. გეოლოგიური აგეგმვის დეტალურობა სხვადასხვაა და დამოკიდებულია პრაქტიკულ მოთხოვნებსა და ადგილმდებარეობის გეოლოგიური აგებულების სირთულეზე. გეოლოგიურ-აგეგმვითი სამუშაოების საფუძველზე ადგენენ გეოლოგიურ რუკებს, რომლებზეც ასახულია შესწავლილი ტერიტორიის გეოლოგიური აგებულება.

უარესად დიდია გეოლოგიური კვლევების სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა. ისინი წარმოადგენენ სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების გამოვლინების, დაძიებისა და სამრეწველო შეფასების საფუძველს, აგრეთვე მათი დამუშავების ნორმალური პირობების განსაზღვრის აუცილებელ ფაქტორს. არანაკლები სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა ენიჭება გეოლოგიურ კვლევებს აგრეთვე მშენებლობისა და ტერიტორიის სამეურნეო ათვისების საკითხების გადაჭრის დროს.

ზოგადი ცნობები დედამიწის შესახებ

დედამიწის წარმოშობა და აგებულება

დედამიწა ყველაზე დიდია იმ პლანეტათა შორის, რომლებიც მზესთან ახლოს მდებარეობენ. მასზე ახლოა მზესთან ორი პლანეტა — მერკური და ვენერა. მანძილი დედამიწიდან მზემდე დაახლოებით 150 მილიონი კმ-ია.

ცნობილია, რომ დედამიწას სფერული ფორმა აქვს, მაგრამ ამჟამად დადგენილია, რომ პოლუსებთან ეს სფერო ერთგვარად შექცეულია, რასაც დედამიწის ბრუნვით ხსნიან. ზუსტი გაზომვებით დადგენილია დედამიწის მერიდიანის სიგრძე — 40008,548 კმ. ეკვატორის სიგრძე მეტია 67,156 კმ-ით. დედამიწის ფორმის სხეულს გეოიდს უწოდებენ. დედამიწის საშუალო რადიუსი 6371 კმ-ია, ზედაპირის ფართობი — $510,2 \cdot 10^6$ კმ², მოცულობა — $1,083 \cdot 12^{12}$ კმ³, ხოლო მასა — $5976 \cdot 10^{21}$ კგ.

დედამიწის, ისევე როგორც სხვა პლანეტებისა და ციური სხეულების წარმოშობის საკითხი დიდი ხანია იპყრობს ადამიანის ყურადღებას და ბუნებისმეტყველების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს პრობლემას წარმოადგენს.

ერთ-ერთი პირველი მეცნიერული მოსაზრება დედამიწის და სხვა პლანეტების წარმოშობის შესახებ, რომელიც ათქმის 100 წელი იყო აღიარებული, არის კანტ-ლაპლასის ჰიპოთეზა. ამ ჰიპოთეზის მიხედვით მზის სისტემა წარმოიშვა გავარვარებულ აირულ მდგომარეობაში მყოფი უზარმაზარი ნისლოვანებისაგან, რომელიც ბრუნავდა ლერძის გარშემო. ბრუნვის შედეგად მოხდა მოძრავი ნაწილაკების ურთიერთშერწყმა, გამკვრივება და ცალკეული ციური სხეულების წარმოქმნა.

თანამედროვე კოსმოგენური შეხედულებების თანახმად, დედამიწა წარმოიშვა დაახლოებით 5 მილიარდი წლის წინ მზის ახლოს მდებარე სივრცეში გაბნეული აირულ-მტვროვანი ნივთიერების გრავიტაციული კონდენსაციის შედეგად. დედამიწის ფორმირებასთან ერთად ხდებოდა ნივთიერების დიფერენციაცია, რომელსაც ხელს უწყობდა დედამიწის წიაღის თანდათანობითი გახურება რადიოაქტიური ელემენტების დაშლის გამო. ამ დიფერენციაციის შედეგად დედამიწაში წარმოიქმნა კონცენტრულად განლაგებული ფენები — გ ე ო ს ფ ე რ ო ე ბ ი, რომლებიც ერთმანეთისაგან განირჩევა ქიმიური შედგენილობით, აგრეთვე მდგომარეობით და ფიზიკური თვისებებით. ცენტრში წარმოიშვა დ ე დ ა მ ი წ ი ს ბ ი რ თ ე ბ ი, შემოფარგლული დ ე დ ა მ ი წ ი ს მ ა ნ ტ ი ი თ. მანტიიდან მდნარ მდგომარეობაში პერიფერი-

ისაკენ გადაადგილებული მსუბუქი და ადვილლობადი ნივთიერებების ხარჯზე, მათი გაცივების შედეგად წარმოიშვა დედამიწის ქერქი. ამ გეოსფეროების ერთობლიობას ზოგჯერ უწოდებენ „მკვირვ“ დედამიწას. იგი შეიცავს ჩვენი პლანეტის თითქმის მთელ მასას. მის ფარგლებს გარეთ მდებარეობენ ე. წ. გარე გეოსფეროები. წყლის შემცველი — ჰიდროსფერო, ჰაერის — ატმოსფერო. ამ ორივე გეოსფეროს წარმოშობა დაკავშირებულია დედამიწის წიაღიდან გამოყოფილ ორთქლსა და აირთან. ცალკე გამოყოფენ აგრეთვე ბიოსფეროს — ორგანიზმების ცხოველქმედების სფეროს. დედამიწის ყველაზე გარე და დიდი მოცულობის სფეროა მაგნიტოსფერო. მისგან დავიწყებთ გეოსფეროების მოკლე აღწერას.

მაგნიტოსფერო წარმოადგენს დედამიწის გარშემო არსებულ სივრცეს, რომლის ფიზიკური თვისებები განისაზღვრება დედამიწის მაგნიტური ველით და ამ უკანასკნელის დამუხტული ნაწილაკების ნაკადთან ურთიერთქმედებით. მაგნიტოსფეროს არსებობაზე დიდ გავლენას ახდენს მზის რადიაცია, რომლის აქტიურობის ცვალებადობა ასახვას პოულობს მაგნიტოსფეროს ფიზიკურ თვისებებში. მზის გამოსხივების გაზრდის შესაბამისად იზრდება დამუხტული ნაწილაკების აჩქარება, ატმოსფეროს ზედა ფენების იონიზაცია, წარმოიქმნება დედამიწის რადიაციული ველი. მაგნიტოსფეროს სისქე რამდენიმე ათეული ათასი კმ-ის ფარგლებშია.

ატმოსფერო ანუ ჰაერის გარსი არის დედამიწის შემომფარგლავი აირული გარემო, რომელიც დედამიწასთან ერთად ბრუნავს. ატმოსფეროს საშუალო წნევა დედამიწის ზედაპირზე, ზღვის დონეზე უდრის ვერცხლისწყლის სვეტის 760 მმ-ს ანუ 1 ატმოსფეროს. ატმოსფეროს სიმკვრივე და წნევა, სიმაღლის შესაბამისად, სწრაფად კლებულობს. ატმოსფეროს ფენობრივი აგებულება აქვს. ეს ფენები ერთმანეთისაგან განირჩევა ტემპერატურით, აირული შედგენილობით, მოლეკულათა იონიზაციით და სხვა.

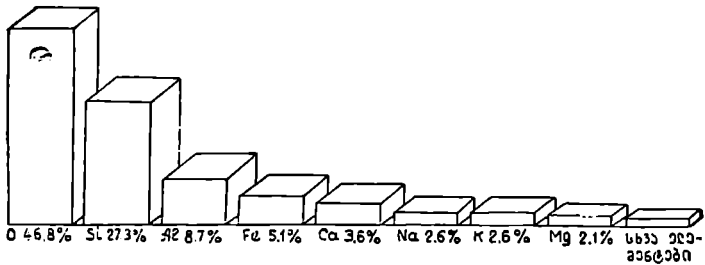
ატმოსფეროს ქვედა, უფრო მკვრივი ნაწილი, რომელიც მთელი მისი მასის 80% შეადგენს, ცნობილია ტროპოსფეროს სახელწოდებით. მის შედგენილობაში შედის: აზოტი — 75,51%, ქანგბადი — 23,10%, არგონი — 1,28%, ნახშირორჟანგი — 0,04%. გარდა ამისა, მასში არის მცირე რაოდენობით სხვა აირები და ატმოსფეროში არსებული წყლის ორთქლის თითქმის მთელი რაოდენობა. მინიმალური ტემპერატურაა მინუს 55°. ტროპოსფერო ეკვატორულ სარტყელში 16—18 კმ სიმაღლემდე ვრცელდება, პოლარულ განედში კი — 8—10 კმ-მდე. ტროპოსფეროს ზევით 55 კმ სიმაღლემდე მდებარეობს

სტრატოსფერო, რომელშიც ატმოსფეროს მთელი მასის 20%-ია შოთავსებული. დაახლოებით 25 კმ სიმაღლემდე სტრატოსფეროს ტემპერატურა კლებულობს, შემდგომ კი ისევ მატულობს. სტრატოსფეროს ზევით განლაგებულია მეზოსფერო (80 კმ-მდე), თერმოსფერო (80-დან 800—1000 კმ-მდე) და ეგზოსფერო—800—1000 კმ-ს ზევით, რომელიც მაგნიტოსფეროში გადადის. ეს გეოსფეროები შეიცავენ ძალზე გაიშვითაებულ და იონიზებულ აირებს და მათთვის დამახასიათებელია მეტად მცირე სიმკვრივე.

ჰიდროსფერო წარმოადგენს წყლის გარსს, რომელსაც დედამიწაზე წყვეტილი გავრცელება აქვს. ჰიდროსფეროს მთელი მოცულობის დაახლოებით 94% ზღვებსა და ოკეანეებშია მოქცეული; 4%-ს შეიცავს მიწისქვეშა წყლები, 1,9%-მდე — ყინულისა და თოვლის საფარი, 0,4% — ხმელეთის ზედაპირული წყლები (მდინარეები, ტბები, ჭაობები). წყლის შედარებით უმნიშვნელო რაოდენობა არის ატმოსფეროში და ცოცხალ ორგანიზმებში. ჰიდროსფერო, რომელსაც ჩვენი პლანეტის ზედაპირის 70,8% უკავია, დიდ როლს ასრულებს დედამიწის ცხოვრებაში და ორგანული სამყაროს ზრდისა და განვითარების ძირითადი წყაროა.

ლითოსფერო ანუ დედამიწის ქერქი „მკვრივი“ დედამიწის სულ ზედა სფეროა. იგი ყველაზე არაერთგვაროვანი და რთული აგებულებისაა. არჩევენ დედამიწის ქერქის მატერიკულ და ოკეანურ ტიპებს. პირველის აგებულებაში მონაწილეობს სამი ფენა: ზედა — დანალექი (0-დან 20 კმ-მდე), შუა — გრანიტული (10-დან 40 კმ-მდე) და ქვედა — ბაზალტური (10-დან 70 კმ-მდე). დადგენილია, რომ ოკეანეების ქვეშ დანალექი ფენის სისქე რამდენიმე ასეულ მეტრს არ აღემატება, გრანიტული ფენა საერთოდ არ არის, ხოლო ბაზალტური ფენის სისქე 5 კმ-ის ფარგლებშია. გრანიტული ფენა კონტინენტებზეა გავრცელებული და მისი სისქე ცვალებადია. ახალგაზრდა მთათა სისტემების (ალპები, კავკასიონი) ფარგლებში იგი 25—35 კმ აღწევს. ლითოსფეროს საშუალო სისქედ მიღებულია 50—70 კმ.

ლითოსფერო ბუნებაში არსებულ ყველა ქიმიურ ელემენტს შეიცავს. აკად. ა. ვინოგრადოვის მიხედვით ქიმიური ელემენტების წონითი პროცენტული რაოდენობა მასში ასეთია: ჟანგბადი — 46,8%, სილიციუმი — 27,3%, ალუმინი, — 8,7%, რკინა — 5,1%, კალციუმი — 3,6%, ნატრიუმი — 2,6%, კალიუმი 2,6%, მაგნიუმი 2,1%, დანარჩენი ელემენტები — 1,2%. ამრიგად, დედამიწის ქერქის შემადგენელ 8 ელემენტზე მოდის 98,8%. აქედან მარტო ჟანგბადი თითქმის ნახევარს შეადგენს, ხოლო ჟანგბადი და სილიციუმი ერთად — სამ მეოთხედს. ალუმინი, რკინა, ტუტე და ტუტემიწა ელემენტები ერთად შეადგენენ 24,7%, ხოლო მენდელეევის პერიოდული სისტემის ყველა დანარ-



ნახ. II.1. ქიმიური ელემენტების განაწილება დედამიწის ქერქში
(ა. ეინოგრალოვის მიხედვით).

ჩენ 95 ქიმიურ ელემენტზე მოდის დედამიწის ქერქის წონის დაახლოებით 0,97% (ნახ. II.1).

მანტია ლითოსფეროს ქვეშ მდებარე სფეროა. მათი გამყოფი ზედაპირი (ე. წ. მოხოროვიჩიჩის ზედაპირი) საკმაოდ ზუსტად არის ფიქსირებული გეოფიზიკური, კერძოდ სეისმური მეთოდით. მანტიის აგებულებაში მონაწილეობს სამი ფენა. ორი ზედა ფენა შეადგენს ზედა მანტიას, რომლის სისქე 850—900 კმ-ია, მესამე კი — ქვედა მანტიას (2000 კმ სისქის). ზედა მანტიის სულ ზედა ნაწილს, რომელიც უშუალოდ ქერქს უდევს ქვეშ, სუბსტრატს უწოდებენ. ზოგჯერ მას ლითოსფეროს მიაკუთვნებენ. ზედა მანტიის ქვედა ნაწილი, ე. წ. გუტენბერგის ფენა, რომელსაც ასტენოსფეროსაც უწოდებენ, სეისმური ტალღების გავრცელების შედარებით დაბალი სიჩქარით ხასიათდება, რასაც ხსნიან ამ ფენის შემადგენელი ნივთიერების დენადი თვისებებით. ქვედა მანტიაში კი სეისმური ტალღების სიჩქარე მკვეთრად იზრდება.

მანტია შედგება უმეტესად მაგნიუმით და რკინით მდიდარი სილიკატური ნაერთებისაგან. ზედა მანტიასთან დაკავშირებულია სეისმური, ვულკანური და მთათწარმოქმნელი პროცესების ჩასახვის კერები.

დედამიწის ბირთვის საშუალო რადიუსი დაახლოებით 3500 კმ-ია. მისი ნივთიერება, რომლის შედგენილობაში ძირითადი ადგილი უნდა ეკავოს სილიციუმს, რკინას და მძიმე ელემენტებს, დიდი სიმკვრივით ხასიათდება (9—11 გ/სმ³), რაც განპირობებულია ძირითადად მაღალი წნევით. ვარაუდობენ, რომ ბირთვის ტემპერატურა 2000-დან 2500°C-მდე მერყეობს, ხოლო წნევა 3,5 მილიონ ატმოსფეროს აღემატება. თვით ბირთვის ცენტრში ნივთიერება განსაკუთრებულ მდგომარეობაში უნდა იმყოფებოდეს, რომელიც სცილდება ჩვენს წარმოდგენებს სხეულთა ფიზიკური მდგომარეობის შესახებ.

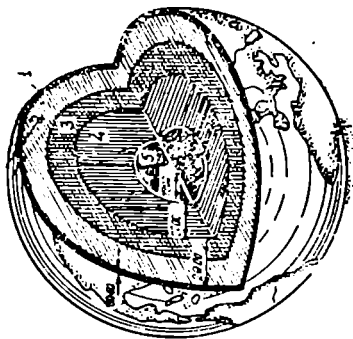
„მკერივი“ დედამიწის სქემატური ჩანახატი მოცემულია II.2 ნახაზზე.

დედამიწის ზედაპირი მუდმივად იძენს სითბოს დიდ რაოდენობას. სითბოს ძირითადი წყარო მზის გამოსხივებაა (99,5%). სითბოს მცირე ნაწილი მიიღება დედამიწის წილში, რადიოაქტიურ ნივთიერებათა დაშლის შედეგად გამოთავისუფლებული ენერგიის ხარჯზე.

უმუალოდ ლითოსფეროს ზედაპირზე ტემპერატურა დიდ ფარგლებში მერყეობს. 12 — 15 მ სიღრმემდე ტემპერატურის სეზონური მერყეობის ზონაა, სადაც ტემპერატურის განმსაზღვრელ ფაქტორს წარმოადგენს კლიმატური პირობები და შემადგენელი ქანების სითბური თვისებები. სიღრმის ზრდის შესაბამისად, ტემპერატურის დღეღამური და სეზონური მერყეობა მცირდება და დაახლოებით 20—40 მ სიღრმეზე არის მუდმივი ტემპერატურული სარტყელი, რომელიც მოცემული ადგილის საშუალო წლიური ტემპერატურის შესატყვისია. ჩრდილო ნახევარსფეროში იგი 15,5°C უდრის, სამხრეთში კი — 13,6°.

უფრო ღრმად მდებარე ზონაში ტემპერატურის მუდმივ მატებას აქვს ადგილი. დადგენილია, რომ დედამიწის ყველა წერტილში ტემპერატურა მატულობს სიღრმის მიხედვით. ტემპერატურის მატების სიდიდე ყოველ 100 მეტრზე გეოთერმული გრადიენტის სახელწოდებით არის ცნობილი, ხოლო სიღრმეს, რომელზედაც ტემპერატურა მატულობს ერთი გრადუსით, ეწოდება გეოთერმული საფეხური ანუ ბიჯი. ამ საფეხურის საშუალო სიდიდე 33 მ შეადგენს, საერთოდ კი იგი ცვალებადია. მაგალითად, ვულკანური აქტივობის რაიონებში გეოთერმული საფეხურის სიდიდე მცირდება 10—7 მ-მდე. თბილისისათვის იგი შეადგენს 30 მ, ბაქოსათვის—26 მ, ხარკოვისათვის — 37,7 მ, მოსკოვისათვის — 38,4 მ. ამერიკის შეერთებულ შტატებში, ალაბამის შტატში იგი 137,8 მ უდრის.

ტემპერატურის კანონზომიერი მატება განსაზღვრული სიღრმის ფარგლებში ხდება. დიდ სიღრმეებში ტემპერატურული ცვლილების საკითხი ჯერჯერობით ნაკლებად არის შესწავლილი.



ნახ. II.2. „მკერივი“ დედამიწის აგებულება:

- 1 — ლითოსფერო, 2 — ზედა მანტია, 3 — ქვედა მანტია, 4,5 — ზირთვი.

დედამიწის სითბური მდგომარეობის შესწავლას მრავალმხრივი პრაქტიკული დანიშნულება აქვს. მაგალითად, ღიდი სიღრმის ჭაურებსა და ღრმა განლაგების გვირაბებში ხშირია მაღალი ტემპერატურები (40°-ზე მეტი), რაც შესაბამისი სიმძლავრის სავენტილაციო სისტემის გაანგარიშებას მოითხოვს. ამისათვის კი აუცილებელია მოცემულ უბანზე დედამიწის სითბური რეჟიმის შესწავლა.

III თავი

ქანმაშენი მინერალები

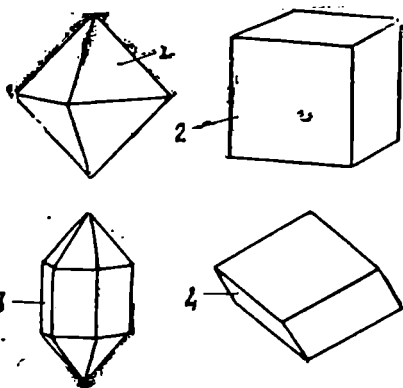
III.1. ზოგადი ცნობები

ლითოსფეროს აგებულებაში მონაწილეობს სხვადასხვა შედგენილობისა და წარმოშობის ქანები და მადნეული სხეულები, რომლებიც, თავის მხრივ, მინერალებისაგან შედგება.

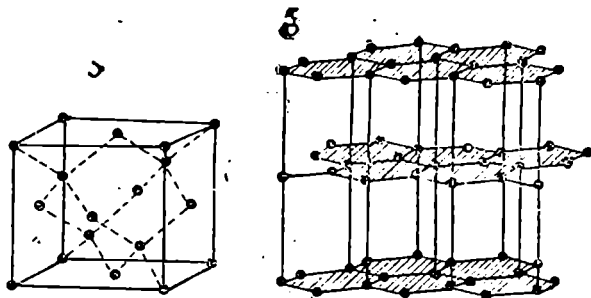
მინერალი ეწოდება ერთი ან რამდენიმე ელემენტის ბუნებრივ ქიმიურ ნაერთს, რომელიც წარმოიქმნება დედამიწის წილში ან ზედაპირზე მიმდინარე ფიზიკური, ქიმიური და ზოგჯერ ბიოლოგიური პროცესების შედეგად. ბუნებაში ამჟამად 2 500-ზე მეტი მინერალია ცნობილი, ხოლო სახესხვაობებით — 4000-ზე მეტი. აქედან შედარებით უფრო გავრცელებულია 400-მდე მინერალი, რომელთა შორის მხოლოდ 30—40 ითვლება ე. წ. ქანმაშენ მინერალებად, რომლებიც, გარდა ხშირი გავრცელებისა, ჩაოდენობრივადაც სჭარბობენ დანარჩენებს. ქანმაშენი მინერალებისაგან არის შემდგარი ქანების ძირითადი მასა.

მინერალებს გააჩნია მეტნაკლებად მუდმივი ქიმიური შედგენილობა, მორფოლოგიური ნიშნების და ფიზიკური თვისებების გარკვეული ერთობლიობა. მინერალები ბუნებაში უმეტესად კრისტალების ანუ კრისტალური აგრეგატების სახით გვხვდება. ცნობილია არაკრისტალური ანუ ამორფული მინერალებიც. კრისტალი არის ბუნებრივ ან ლაბორატორიულ პირობებში წარმოქმნილი მრავალწახნაგა მყარი სხეული, რომლის ზედაპირი შემოფარგლულია ბრტყელი წახნაგებით, წიბოებით და წვეროებით (ნახ. III.1). წახნაგებს შორის კუთხეები ერთი და იგივე ნივთიერების კრისტალებს უმეტეს შემთხვევაში ერთნაირი და მუდმივი აქვთ. კრისტალურ ნივთიერებებში ელემენტების ატომები კანონზომიერად არის განლაგებული და ქმნის სივრცობრივ მესერს ანუ გისოსს (ნახ. III.2). კრისტალთა რეალურ სტრუქტურებში სივრცობრივი მესრის კვანძების ადგილი უჭირავს ატომებს, იონებს ან მათ

ჯგუფებს. ამრიგად, კრისტალში ნაწილაკები (ატომები, იონები, მოლეკულები) კანონზომიერადაა განაწილებული. კრისტალური ნივთიერებისათვის დამახასიათებელია ერთგვაროვნობა, წახნაგების შემოფარგვლის უნარი და ანიზოტროპულობა, რაც კრისტალთა სხვადასხვა მიმართულებით თვისებათა განსხვავებულობას ნიშნავს. ეს თვისებები ამორფულ მინერალებს არ გააჩნია.



ნახ. III.1. სხვადასხვა მინერალის კრისტალების ფორმა: 1—ალმასი, 2—ჰალიტი (ქვამარილი), 3 — კვარცი, 4 — კალციტი.



ნახ. III.2. კრისტალის აღნაგობის სქემა: ა—ალმასი, ბ—გრაფიტი.

III.2. მინერალთა მორფოლოგიური ნიშნავი და ფიზიკური თვისებები

თითოეულ მინერალს აქვს მორფოლოგიური (გარეგანი) ნიშნები და ფიზიკური თვისებები, რომლებიც განისაზღვრება მისი წარმოქმნის პირობებით, ქიმიური შედგენილობით და კრისტალოგრაფიული აღნაგობით. ამ ნიშნებისა და თვისებების ერთობლიობა მინერალის განსაზღვრის საშუალებას იძლევა. მორფოლოგიურ ნიშნებს ეკუთვნის მინერალის გარეგანი იერი და ბუნებაში მისი არსებობის ფორმა. ფიზიკური თვისებებია: მინერალის ფერი, ხაზის ფერი ანუ შტრიხი, გამჭვირვალობა, ელვარება, სიმკვრივე, ტკეჩადობა, მონატეხი, სიმკვრივე.

ზოგიერთ მინერალს დამატებით ახასიათებს მაგნიტურობა, გემო, რეაქცია მჟავით ზემოქმედებისას და სხვა.

მინერალთა ზოგიერთი ნიშანთვისება მუდმივია, ზოგი კი შეიძლება იცვლებოდეს. მაგალითად, სიმაგრე ბევრი მინერალის მუდმივი ნიშანთვისებაა, მაშინ როდესაც შეფერვა, ელვარება და სხვა თვისებები ცვალებადია. ამიტომ არ შეიძლება მინერალის შესახებ მსჯელობა მხოლოდ ერთი რომელიმე თვისებით. მინერალის დახასიათების დროს ჩვეულებრივ იყენებენ მის ნიშანთვისებათა ერთობლიობას.

გარეგნული, მორფოლოგიური ნიშნების მიხედვით გამოყოფენ მინერალების რამდენიმე ტიპს:

მარცვლოვანი მინერალები. მათი მასა შედგება წვრილი (უმეტესად თანაბარი ზომის) კრისტალებისაგან, რომლებიც ყველა მიმართულებით არიან განვითარებული.

ნემსისებრი, პრიზმული ან ბოქკოსმაგვარი მინერალები, რომელთა კრისტალები მკვეთრად არიან წაგრძელებული ერთი მიმართულებით.

ფირფიტოვანი, ფურცლოვანი ან ქერცლოვანი მინერალები, რომლებშიც კრისტალთა ერთი ღერძი ძლიერ მოკლეა და კრისტალები ფურცლოვან დასტებად არიან ერთმანეთზე განლაგებული.

ფარულკრისტალური მინერალები. მათ აგებულიებაში მონაწილეობენ უწვრილესი კრისტალები, რომელთა დანახვა მხოლოდ მიკროსკოპში შეიძლება. გარეგნულად ისინი ერთგვაროვანი მასის შთაბეჭდილებას ტოვებენ.

ოლითური მინერალები წარმოადგენენ ამორფულ, სფეროიდულ წარმონაქმნებს, რომლებსაც ნაჭუჭისმაგვარი, კონცენტრული აგებულება აქვთ.

მინერალთა გარეგნული ნიშანი არ არის მათი ძირითადი მახასიათებელი, რადგან სრულიად სხვადასხვა შედგენილობისა და აღნაგობის მინერალებს შეიძლება ჰქონდეთ ერთნაირი მორფოლოგიური იერი.

ზოგ მინერალს აქვს კარგად განვითარებული კრისტალები. არის შემთხვევები, როდესაც ცალკეული კრისტალების ზომა 10 მეტრს აღწევს. მინერალებში ხშირია ტყუპები ანუ მრჩობლები, როდესაც ერთგვაროვანი კრისტალები კანონზომიერად არის შეზრდილი ერთმანეთთან. მინერალები გვხვდება აგრეთვე ფარულკრისტალური აგრეგატების და კოლოიდური მასების სახით. კრისტალური მარცვლებით არის აგებული სრულკრისტალური მაგმური ქანები და მრავალი მინერალი. მინერალები გვხვდება ე. წ. დრუზების სახითაც. დრუზები კრისტალთა შენაზარდია, რომელთა ერთი ბოლო საერთო ფუძეზეა დამაგრებული. ცნობილია მინერალთა კონკრეციები, შემადგენელ მინე-

რალთა კრისტალების სფერულრადიალური განლაგებით. სხვა ფორმებიდან აღსანიშნავია ამორფული მინერალებისათვის დამახასიათებელი ნაჟონი ფორმები და მინერალთა მარცვლების განლაგება ქანის შასაში ჩანაწინწყლების სახით.

ყველა მინერალს აქვს გარკვეულ ფიზიკურ თვისებათა კომპლექსი, რაც გამოიყენება მინერალების გამოსაცნობად.

ს ი მ ა გ რ ე არის წინააღმდეგობა, რომელსაც მინერალი იჩენს რაიმე მახვილი წვერით გაფხაჭნის ან გაჭრის მიმართ. პრაქტიკული მიზნებისათვის მინერალების სიმაგრეს ფ. მოოსის მიერ შედგენილი სკალით ზომავენ. ამ სკალის რიგითი ნომერი მინერალის სიმაგრეს გამოხატავს. სიმაგრის პირობით ერთეულად მიღებულია ბალი. სიმაგრის ხარისხი ფასდება ათბალიანი სისტემით.

მინერალების სიმაგრის სკალა (მოოსის მიხედვით)

მინერალები	სიმაგრის ერთეულების პირობითი ციფრი
ტალკი	1
თაბაშირი	2
კალციტი	3
ფლუორიტი	4
აპატიტი	5
ორთოქლაზი	6
კვარცი	7
ტოპაზი	8
კორუნდი	9
ალმასი	10

მოოსის სკალის რიგითი ნომერი არ ნიშნავს იმას, თუ რამდენჯერ მეტია ერთი მინერალის სიმაგრე მეორეზე. მაგალითად, ალმასის სიმაგრე არის 10, კვარცის — 7, ტალკის — 1, მაგრამ კვარცი ტალკზე 3 500-ჯერ უფრო მაგარია, ხოლო ალმასი კვარცზე 1 150-ჯერ. მინერალის სიმაგრის გასაგებად მის ზედაპირს კაწრავენ თანმიმდევრობით, ამ სკალის მინერალებით. თუ ზედაპირს ნაკაწრი დაეტყო, ეს იმის მაჩვენებელია, რომ გამოსარკვევი მინერალის სიმაგრე ნაკლებია გამკაწრავი მინერალის სიმაგრეზე. არჩევენ რბილ (სიმაგრე 1—2), საშუალო სიმაგრის (3—4), მაგარ (5—7) და ძალიან მაგარ (სიმაგრე 7-ზე მეტი) მინერალებს. ფრჩხილით ადვილად იფხაჭნება ის მინერალები, რომელთა სიმაგრე ორს არ აღემატება, ნემსით იფხაჭნება 3—5 სიმაგრის მქონე მინერალები, 6-ზე მეტი სიმაგრის მინერალები მინას ჭრის და ა. შ.

მ ი ნ ე რ ა ლ ი ს ფ ე რ ი მინერალებს მრავალნაირი შეფერილობა აქვს. ფერი დამოკიდებულია მინერალის ქიმიურ შედგენილობაზე და კრისტალური სტრუქტურის თვისებებზე, მასში მექანიკური და ქიმიური მინარევების არსებობაზე ამ მინარევების რაოდენობა შეიძ-

ლება ნებისმიერად იცვლებოდეს. ამიტომ ერთსა და იმავე შედგენილობის მინერალს შეიძლება სხვადასხვა შეფერილობა გააჩნდეს. არის სრულიად უფერო მინერალებიც; მაგალითად, ალმასი, კალციტი, შაბაშირი.

ხ ა ზ ი ს ფ ე რ ი (შ ტ რ ი ხ ი). ბევრ მინერალს მონატეხზე ერთი ფერი აქვს, ხოლო ფხვნილში — სხვა. ფხვნილში მისი ფერის, ანუ ხაზის ფერის გასაგებად მინერალით კაწრავენ მოუჭიქურებელ ფაიფურის ფირფიტის ზედაპირს. მაგალითად, პირიტს მონატეხზე მოყვითალო ოქროსფერი აქვს, ხაზის ფერი კი — შავი. ზოგი მინერალის ფერი და ხაზის ფერი ერთმანეთს ემთხვევა. რიგ შემთხვევაში ხაზის ფერი მინერალთა კარგი დიაგნოსტიკური ნიშანია.

ე ლ ვ ა რ ე ბ ა განისაზღვრება მინერალების ზედაპირზე დაცემული სხივების არეკვლით და გარდატეხით. არჩევენ მეტალურ, მეტალისებრ და არამეტალურ ელვარებას. მეტალური ელვარება აქვს ბევრ ხალას ელემენტს და გოგირდოვან ნაერთს. მეტალისებრი — ზოგიერთ ქანგეულს. არამეტალური ელვარება დამახასიათებელია უმეტესად გამჭვირვალე მინერალებისათვის. არამეტალურ ელვარებაში გამოიყოფა ცალკეული სახეები: ალმასისებრი, მინისებრი, ცხიმოვანი, სადაფისებრი, აბრეშუმისებრი და სხვა.

ყველაზე ძლიერია ალმასისებრი ელვარება. იგი მინერალის შინაგანი არეკვლის უნართაა გაპირობებული. მინისებრი ელვარების მქონე მინერალი მინას წააგავს. ცხიმოვანი ელვარება ცხიმწასმული ზედაპირის მსგავსია. სადაფისებრი ელვარება ლოკოკინის ნიჟარის შიგა ზედაპირს ჰგავს. აბრეშუმის ელვარება ბოჭკოვანი აგებულების მინერალებს აქვთ.

გ ა მ ჰ ვ ი რ ვ ა ლ ო ბ ა — მინერალის მიერ სინათლის სხივების გამტარობის უნარია. არჩევენ გამჰვირვალე (მთის ბროლი, ქვამარილი, ალმასი), ნახევრად გამჰვირვალე, შუქგამტარ და გაუმჰვირ მინერალებს.

ტ კ ე ჩ ა დ ო ბ ა და **მ ო ნ ა ტ ე ხ ი**. ზოგი მინერალი დარტყმისას იმსხვრევა სწორი ზედაპირებით შემოფარგლულ ნატეხებად და იშლება თხელ ფირფიტებად, ფურცლებად, ბოჭკოებად. მინერალის ამ თვისებას ტკეჩადობა ჰქვია. ტკეჩადობა დამახასიათებელია მხოლოდ კრისტალური მინერალებისათვის, რადგან იგი კრისტალური მესრის აგებულებას უკავშირდება. ზოგ მინერალს, მაგალითად, ქარსს ახასიათებს იდეალური ტკეჩადობა. იმ მინერალებისათვის, რომელთაც ტკეჩადობა არა აქვთ, დამახასიათებელია მონატეხი. არსებობს მონატეხის რამდენიმე სახე: მარცვლოვანი, ნიჟარისებრი, ხიჭვისებრი, უსწორმასწორო, კაუქისებრი.

ს ი მ კ ვ რ ი ვ ე. მინერალების სიმკვრივე ანუ კუთრი (ხვედრითი)

წონა საკმაოდ დიდ ფარგლებში მერყეობს. ერთზე ნაკლები სიმკვრივე აქვს ყინულს, თხევად ბიტუმს და სხვ. ყველაზე ფართოდ გავრცელებულ ქანმაშენ მინერალებში სიმკვრივე 2,5 — 3,5 გ/სმ³ ფარგლებში იცვლება. მსუბუქ მინერალებს მიეკუთვნება ქვამარილი, თაბაშირი, გოგირდი და სხვა. მძიმე მინერალებს—ტყვიის კრიალა, ხალასი ოქრო, ვერცხლი, სპილენძი და სხვა.

გ ე მ ო დამახასიათებელია ძირითადად წყალში ხსნადი მინერალებისათვის. არჩევენ მლაშე, ტუტე, მწარე, შაბისმაგვარი გემოს მქონე მინერალებს.

სხვა ფიზიკური თვისებებიდან აღსანიშნავია მინერალთა მაგნიტური, ელექტრული, ოპტიკური თვისებები, აგრეთვე დნობის ტემპერატურა და ქედადობის უნარი.

III.3. მინერალთა კლასიფიკაცია და აღწერა

მინერალთა კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს მათი ქიმიური შედგენილობა. გარდა ამისა, მხედველობაში მიიღება მინერალთა სტრუქტურული აღნაგობაც. გამოყოფილია მინერალთა შემდეგი კლასები: I — ხალასი ელემენტები; II — სულფიდები; III — ჰალოიდები; IV — ქანგულელები; V — კარბონატები; VI — სულფატები; VII — ფოსფატები; VIII — ნიტრატები; IX — სილიკატები.

ქვემოთ მოცემულია ძირითად ქანმაშენ მინერალთა მოკლე აღწერა.

I. ხალასი ელემენტები

ბუნებაში ცნობილია 40-ზე მეტი ქიმიური ელემენტი თავისუფალი ანუ ხალასი სახით. მათში გვხვდება როგორც ლითონები, ასევე არალითონები. ზოგ ხალას ელემენტს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, მაგალითად, ნახშირბადს, გოგირდს, პლატინას, ოქროს, ვერცხლს, სპილენძს.

ნახშირბადი მრავალფორმიანობით ანუ პოლიმორფიზმით ხასიათდება. იგი განსხვავებული წარმოშობის პირობებში სხვადასხვა კრისტალური აღნაგობის მინერალებს წარმოქმნის. მაგალითად, ნახშირი ამორფულია, აღმასსა და გრაფიტს კი სხვადასხვანაირი კრისტალური აღნაგობა აქვთ.

ა ლ მ ა ს ი C მეტისმეტად მაგარი (სიმაგრე 10), უფერო, ძლიერ გამჭვირვალე, ან ოდნავ მომწვანო, მოლურჯო, ძლიერი ელვარების მქონე მინერალია. უმთავრესად მაგმური წარმოშობისაა.

გ რ ა ფ ი ტ ი C წარმოიშობა ძირითადად ნახშიროვანი ნივთიერების სახეცვლის შედეგად. იგი კრისტალების სახით იშვიათად

გვხვდება. უფრო მეტად ქმნის მიწისებრ მასებს. ფერი შავი ან მორუხო ფოლადისებრი აქვს. ძალიან რბილი მინერალია (სიმაგრე 1).

გოგირდი S ცხიმოვანი, ყვითელი ფერის, რბილი (სიმაგრე 2) მინერალია. ისევე როგორც ნახშირბადი, ისიც პოლიმორფულია, გვადლევს სხვადასხვა სახის კრისტალებს. შეიძლება იყოს პირველადი ან მეორეული წარმოშობის. პირველადი გოგირდის წარმოშობა დაკავშირებულია ვულკანურ კერებთან, სადაც იგი გამოკრისტალდება ცხელი წყალხსნარებიდან ან ვულკანური აირებიდან. მეორეული გოგირდი კი მიიღება სულფიდების დაშლის შედეგად.

გოგირდი გამოიყენება ქიმიურ მრეწველობაში — გოგირდმჟავას მისაღებად, საფეიქრო მრეწველობაში, სოფლის მეურნეობაში და სხვაგან.

ოქრო Au და სპილენძი Cu მორფოლოგიურად ხშირად მსგავს ფორმებს — დენდრიტებს ანუ მავთულისმაგვარ ან ჩის ტოტის მსგავს აგრეგატებს ქმნიან. ფიზიკური თვისებებით ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან. ოქრო ჰაერზე არ იუანგება, სპილენძს უფრო შოწითალო ფერი აქვს, ადვილად იუანგება. ოქროს სიმკვრივე 16 — 19 უდრის, სიმაგრე — 3,5; სპილენძისა — 8,5 — 8,9; სიმაგრე — 2,5 — 3.

პლატინა Pt და ვერცხლი Ag თეთრი ფერის მეტალებია, მაგრამ ერთმანეთისაგან ადვილად გამოირჩევა სიმკვრივით, სიმაგრით და დნობის ტემპერატურით. პლატინის სიმკვრივეა 18 — 21, სიმაგრე — 4 — 5, დნობის ტემპერატურა — 1774°. ვერცხლი უფრო მსუბუქია, მისი სიმკვრივე 10 — 11-ია, სიმაგრე — 2,5. დნება 960°-ზე.

II. სულფიდები

სულფიდები მინერალების საკმაოდ დიდ ჯგუფს აერთიანებს. ისინი ხშირად სასარგებლო წიაღისეულის მნიშვნელოვან საბადოებს ქმნიან.

პირიტი (გოგირდის ანუ რკინის ალმადანი) FeS_2 სულფიდების კლასიდან ყველაზე უფრო გავრცელებული მინერალია. გვხვდება ცალკეული, კარგად გამოხატული კუბური ფორმის კრისტალების სახით. პირიტის კრისტალები ან კრისტალთა დაჯგუფებები უმეტესად სხვადასხვა ქანშია ჩართული. ხშირად პირიტი მთლიანი კრისტალური მასების სახით გვხვდება. იგი ოქროსფერი მინერალია მეტალური ელვარებით, სიმაგრე — 6 — 6,5, ხაზის ფერი შავია.

ქალკოპირიტი (სპილენძის ალმადანი) $CuFeS_2$ ყვითელი ფერის მეტალური ელვარების მინერალია. ზედაპირზე გადაჰკრავს მოლურჯო იისფერი, სიმაგრე — 3 — 4. წარმოადგენს სპილენძის ყველაზე გავრცელებულ მადანს.

გალენიტი (ტყვიის კრიალა) PbS ხშირად გვხვდება წვრილი

ტყვიისებრ-ნაცრისფერი კუბური ფორმის კრისტალების სახით. აქვს მეტალური ელვარება, სიმკვრივე — 2—3. გამოირჩევა მაღალი სიმკვრივით — 7,5, ტყეჩადობით. ტყვიის მნიშვნელოვანი მადანია.

ს ფ ა ლ ე რ ი ტ ი ZnS გვხვდება წვრილკრისტალური მკვრივი მასების ან კუბური ფორმის კრისტალების სახით. ფერი — ყავისფრიდან-ტყვიისებრ შავამდე. ზაზის ფერი — ყვითლიდან გარდამავალი ყავისფერში, ტყეჩადი, სიმკვრივე — 3—4, სიმკვრივე — 4. წარმოადგენს თუთიის მადანს.

ს ი ნ გ უ რ ი (კ ი ნ ო ვ ა რ ი) HgS გვხვდება მთლიანი, მკვრივი მარცვლოვანი მასების ან წვრილი კრისტალების სახით. ფერი და ზაზის ფერი წითელი აქვს. ელვარება — ალმასისებრი. წარმოიქმნება მაღალტემპერატურული წყალხსნარებიდან გამოკრისტალების შედეგად. არის ვერცხლისწყლის ერთადერთი მადანი.

რ ე ა ლ გ ა რ ი AsS მარცვლოვან-მიწისებრი მინერალია, მკვრივი, წითელი ფერის, ზაზის ფერი — ნარინჯოვან-წითელი, ალმასისებრი ელვარებით. მისი წარმოშობა ვულკანურ კერებთან არის დაკავშირებული. სიმკვრივე — 1,5—2. წარმოადგენს დარიშხანის მადანს.

ა უ რ ი ბ ი გ მ ე ნ ტ ი As_2S_3 ფურცლოვანი ან მიწისებრი აგრეგატების მქონე მინერალია, ოქროსავით ან ლიმონით ყვითელი, სადაფისებრი ელვარებით და სრული ტყეჩადობით. სიმკვრივე — 1,5 — 2, სიმკვრივე — 3,5. გამოიყენება დარიშხანის მისაღებად.

III. ჰალოიდები

ამ ჯგუფის მინერალები უმთავრესად ქლორიანი ან ფტორიანი ნაერთებია. ქლორიანი ნაერთები ანუ ქლორიდები ზღვის ან ტბის მლაშე წყლებიდან არის ქიმიური გზით გამოყოფილი და წყალში ადვილად იხსნება. ფტორიანი ნაერთები კი ჰიდროთერმული პროცესების შედეგად ჩნდება და წყალში პრაქტიკულად უხსნადია.

ჰ ა ლ ი ტ ი (ქ ე ა მ ა რ ი ლ ი) $NaCl$ ჰალოიდებიდან ყველაზე უფრო გავრცელებული მინერალია. მისი დიდი რაოდენობით დანაგროვები წარმოშობს ქვამარილის საბადოს. იძლევა ზოგჯერ საკმაოდ დიდი ზომის კუბურ კრისტალებს. ახასიათებს მინისებრი ელვარება. სიმკვრივე — 2. სიმკვრივე — 2,1 — 2,2.

ს ი ლ ვ ი ნ ი KCl წარმოქმნის პირობების მიხედვით ხშირად გვხვდება ჰალიტთან ერთად. ფიზიკური თვისებებით მისი მსგავსია, აქვს მომწარო მლაშე გემო და ხშირად მოვარდისფრო ან მოყვითალო ელფერი. იყენებენ კალიუმის მისაღებად.

ფ ლ უ ო რ ი ტ ი (მ ლ ლ ო ბ ი შ პ ა ტ ი) CaF_2 მიიღება ცხელი წყალხსნარებიდან კრისტალიზაციის შედეგად. გვხვდება მთლიანი

მკვრივი მასების სახით. ზოგჯერ ახასიათებს კარგად გამოხატული კრისტალებიც. უფერო, წყლისებრ გამჭვირვალე, ზოგჯერ მინარეგების გამო შეფერილია სხვადასხვა ფერად. სიმაგრე — 4. სიმკვრივე — 3,25. გამოიყენება მეტალურგიაში ადვილდნობადი წილების მისაღებად, აგრეთვე ფტორის პრეპარატების დასამზადებლად.

IV. ქანგეულები

მინერალების რაოდენობის მიხედვით ქანგეულები შეადგენენ ერთ-ერთ ყველაზე ვრცელ კლასს. დიდია მათი ზვედრითი წილი ლითონ-ფეროს აგებულებაშიც. წარმოშობის მიხედვით ქანგეულები არიან პირველადი და მეორეული. ქანგეულები წარმოადგენენ მნიშვნელოვან ქანმაშენ მინერალებს. ფართოდაა გავრცელებული ნიადაგებშიც, იყოფიან რამდენიმე ჯგუფად.

ა) ს ი ლ ი ც ი უ მ ი ს ქ ა ნ გ ე უ ლ ე ბ ი

კვარცი SiO_2 მიწის ქერქში ერთ-ერთი ყველაზე უფრო გავრცელებული მინერალია. მისი პირველადი წარმოშობა დაკავშირებულია მაგმასთან. კვარცი შედის უმეტესი მაგმური ქანების შედგენილობაში. მეორეული კვარცი წარმოიქმნება სილიკატების და ალუმოსილიკატების გამოფიტვის დროს, აგრეთვე წყალხსნარებიდან გამოლექვის შედეგად.

კვარცის კრისტალები მრავალფეროვანია. ზოგჯერ კრისტალის ზომა რამდენიმე მეტრსაც აღწევს. კვარცის კრისტალების გამჭვირვალე სახესხვაობა მთის ბროლის სახელწოდებით არის ცნობილი. იისფერი შეფერილობის კრისტალურ კვარცს ამეთვისტო ეწოდება. ცალკეულ კრისტალებს გარდა კვარცი იძლევა დრუზებს, ყეოდებს, მთლიან წვრილკრისტალურ მასებს. გვხვდება ცალკეული წვრილი მარცვლების სახითაც. კვარცს აქვს მაღალი სიმაგრე—7, სიმკვრივე—2,6, მინისებრი ელვარება და უსწორმასწორო ან ნიჟარისებრი მონატეხი. ტყეჩადობა არ გააჩნია. კვარცს სახალხო მეურნეობაში მეტად მრავალმხრივი გამოყენება აქვს.

ქ ა ლ ც ე დ ო ნ ი SiO_2 არის კვარცის ფარულკრისტალური სახესხვაობა. ქალცედონისათვის დამახასიათებელია მკვრივი ნაღენი ფორმები. ქალცედონის სახესხვაობებია აქატი ანუ ზოლიანი ქალცედონი, კრიზოპრაზი — მწვანე ქალცედონი, სარდიონი — წითელი ქალცედონი, კაჟი — ქალცედონი ქვიშის, თიხისა და სხვა ნაწილაკების მინარეგებით. ქალცედონს მინისებრი ელვარება აქვს, სიმაგრე 6,5 — 7, სიმკვრივე — 2,5.

ო კ ა ლ ი $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ წარმოადგენს სილიციუმის მეორეულ

ქანგეულს. შეიცავს წყალს, ბუნებაში ფართოდ არის გავრცელებული, უმეტესად დაკავშირებულია დედამიწის ქერქის ზედაპირულ ნაწილთან. ოპალი წარმოიშობა სილიკატების კლასის მინერალების გამოფიტვის დროს, აგრეთვე ხსნარებიდან გამოლექვის შედეგად. იგი ამორფული მინერალია და ნაღენი ფორმების სახით გვხვდება. სიმაგრე — 5,5, სიმკვრივე — 1,9 — 2,5.

ბ) რკინის ქანგეულები

მაგნეტიტი (მაგნიტური რკინა) $Fe_2O_3 \cdot FeO$ წარმოადგენს რკინის ყველაზე მდიდარ მადანს (შეიცავს 70%-ზე მეტ რკინას). მაგნეტიტი მაგმური და მეტამორფული წარმოშობის მინერალია, ხშირად იძლევა დიდ ბუდობებს. გვხვდება როგორც ცალკეული კრისტალების, ასევე მთლიანი კრისტალური მასების სახით. მაგნეტიტს აქვს რკინისებრი შავი ფერი, მაღალი სიმკვრივე (4,9—5,2), მეტალური ელვარება, გააჩნია მაგნიტური თვისებები. სიმაგრე — 5,5 — 6,5.

ჰემატიტი Fe_2O_3 (რკინის წითელი მადანი) წარმოქმნის მკვრივ, აგრეთვე ფარულკრისტალურ მასებს, ფურცლოვან და ქერცლოვან სახესხვაობებს. არის წითელი, რკინისებრ-შავი, ფოლადისებრ-ნაცრისფერი, ხაზის ფერი — ალუბლისფერ-წითელი, ელვარება — ნახევრად მეტალური. სიმაგრე — 5,5 — 6, სიმკვრივე — 5,0 — 5,3.

ლიმონიტი $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ მაგნეტიტისა და ჰემატიტის გამოფიტვის საბოლოო პროდუქტია. გარდა ამისა, გამოილექება წყლის ხსნარებიდან ტბებისა და ჭაობების ფსკერზე, ბიოლოგიური და ქიმიური პროცესების შედეგად. ფერი — მოყვითალო-ქანგისფერიდან რუხ ფერებამდე. სიმაგრე — 1-დან 5,5-მდე. სიმკვრივე — 2,3—4,3; ამორფული ნივთიერებაა. გვხვდება მიწისებრი და ნაჟონი აგრეგატების სახით.

გ) ალუმინის ქანგეულები

კორუნდი Al_2O_3 . გვხვდება კრისტალური სახით. მოცისფრო, ნაცრისფერი ან მოყვითალო-ნაცრისფერია. ელვარება — მინისებრი. კორუნდის სახეობებია: წითელი — ლალი (ბადახში), ლურჯი — საფირონი. კორუნდის სიმაგრე არის 9, სიმკვრივე — 4,1.

დ) მანგანუმის ქანგეულები

პიროლუზიტი MnO_2 . მთლიანმარცლოვანი, მიწისებრი, ფარულკრისტალური მინერალია. ფერი და ხაზის ფერი — შავი. ელვარება — ნახევრად მეტალური, სიმაგრე — 1-დან 5-მდე. წარმოადგენს მანგანუმის მნიშვნელოვან მადანს.

V. კარბონატები

კარბონატები ანუ ნახშირმჟავას მარილები ბუნებაში ფართოდაა გავრცელებული და მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ დედამიწის ქერქის აგებულებაში.

კალციტი CaCO_3 კარბონატებს შორის ყველაზე ფართოდ გავრცელებული მინერალია. გამოილეკება წყლის ხსნარებიდან. იგი დიდი რაოდენობით ილეკება ზღვებში ქიმიური გზით და ორგანიზმების მოქმედებით. შედის მთელი რიგი დანალექი ქანების — კირქვების, მერგელების, ლიოსების, თიხების შედგენილობაში. იძლევა კრისტალებს, გვხვდება ნადენი ფორმებისა და მიწისებრი აგრეგატების სახით. თეთრი ფერის მინერალია, მაგრამ აქვს სხვადასხვა შეფერილობაც. სიმაგრე — 3, სიმკვრივე — 2,6—2,8. ახასიათებს სრული ტკეჩადობა. მარილმჟავას მოქმედებით შიშინით იხსნება. კალციტის ძლიერ სუფთა, გამჭვირვალე სახესხვაობაა ისლანდიური შპატი, რომელიც ოპტიკაში გამოიყენება.

მაგნეზიტი MgCO_3 მეტწილად გვხვდება მარცვლოვანი, ფირფიტოვანი, მკვრივი აგრეგატების სახით. ფერი — თოვლივით თეთრი, მოყვითალო, მონაცრისფრო, ნახევრად გამჭვირვალე. ელვარება მინისებრი. სიმაგრე — 4 — 4,5. სიმკვრივე — 3. იხსნება მხოლოდ ცხელ მარილმჟავაში. წარმოიქმნება უმთავრესად მაგნიუმის სილიკატებით მდიდარი ქანების გამოფიტვით.

დოლომიტი $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ გვხვდება კრისტალების სახით. ხშირია აგრეთვე მისი მიწისებრი, მარცვლოვანი, მკვრივი მასები. ფოროვანია. ფერი — უმეტესად თეთრი, მონაცრისფრო, მოყვითალო, მოწითალო. ელვარება — მინისებრი, ტკეჩადობა — სრული, სიმაგრე — 3,5—5, სიმკვრივე — 1,8—2,9. კალციტთან შედარებით ძნელად იხსნება მარილმჟავაში. დოლომიტის უმეტესი საბადოები დანალექი წარმოშობისაა.

VI. სულფატები

სულფატები წარმოადგენენ ტუტე და ტუტემიწათა მეტალების გოგირდმჟავა მარილებს. ქიმიური შედგენილობის მიხედვით არჩევენ უწყლო და წყლიან სულფატებს. ბუნებაში ეს მინერალები გვხვდება კრისტალების, მარცვლოვანი მასების, ბოჭკოვანი, მიწისებრი აგრეგატების სახით. ხასიათდება დაბალი სიმაგრით. სულფატების მნიშვნელოვანი ნაწილი წყალში ადვილად იხსნება. მინერალთა ამ კლასის მეტი ნაწილი ჰიპერგენული წარმოშობისაა, ე. ი. მათი წარმოშობა დაკავშირებულია დედამიწის ქერქის ზედაპირულ ნაწილთან. ზღვებსა და ტბებში წყლის ინტენსიური აორთქლებით სხვა მარილებთან ერთად

გამოიყოფა მეტწილად კალციუმისა და ნატრიუმის სულფატები. ცნობილია ჰიდროთერმული წარმოშობის სულფატიც (ბარტი). მრავალი სულფატი დაქანგვის ზონის მინერალია, გვხვდება ვულკანურ პროდუქტებშიც.

თ ა ბ ა შ ი რ ი $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. აგრეგატები — წვრილკრისტალური, მარცვლოვანი, ბოქვოვანი, ფირფიტისებრი ან ფურცლოვანი. ფერი — თეთრი, რუხი, ვარდისფერი, მურა, უფერო, გამჭვირვალე. ელვარება — მინისებრი, ტკეჩადობა — კარგი, სიმაგრე — 2, სიმკვრივე — 2,3. რბილია, ფრჩხილით იხაზება. წარმოიშობა წყლის ჩაკეტილ აუზებში ქიმიური დანალექი გზით და მადნეული ბუდობების გამოფიტვის ზონაში, მიიღება აგრეთვე ანჰიდრიტის ჰიდრატაციით. გამოიყენება ქიმიურ მრეწველობაში, ცემენტის წარმოებაში, სამშენებლო საქმეში. თაბაშირის წვრილმარცვლოვანი სახესხვაობა ცნობილია ა ლ ე ბ ა ს ტ რ ი ს სახელწოდებით.

მ ი რ ა ბ ი ლ ი ტ ი ა ნ უ გ ლ ა უ ბ ე რ ი ს მ ა რ ი ლ ი $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. ილექება ტბებისა და ზღვების ფსკერზე და უბეებში. გვხვდება მარცვლოვანი, მკვრივი მასის, აგრეთვე ცალკეული კრისტალების და დრუზების სახით. მირაბილიტი არის თეთრი ან უფერო, გამჭვირვალე, ნაცრისფერი, მოლურჯო, მოყვითალო, ელვარება — მინისებრი, ტკეჩადობა — სრული, სიმაგრე — 1,5 — 2, სიმკვრივე — 1,48. წყალში ადვილად იხსნება და წყალსაც ადვილად კარგავს. ძლიერ მსხვრევადი მინერალია.

VII. ფოსფატები

ფოსფატები ფოსფორმჟავას მარილებია. მათი ძირითადი წარმომადგენელია აპატიტი და ფოსფორიტი.

ა პ ა ტ ი ტ ი $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{Cl}, \text{F}, \text{OH})$ ხშირად გვხვდება ექვსწახნაგა, პრიზმული და ნემსისებრი კრისტალების სახით. ფართოდ გავრცელებულია მისი მარცვლოვანი, მკვრივი, წვრილკრისტალური და მიწისებრი აგრეგატები. არის გამჭვირვალე მინერალი, თეთრი, მწვანე, ცისფერი, ყვითელი, მურა, იისფერი შეფერილობით. ელვარება — მინისებრი, მონატების ზედაპირზე — ცხიმოვანი, სიმაგრე — 5, სიმკვრივე — 3,2. მსხვრევადია, ტკეჩადობა — არასრული. გვხვდება მგამურ ქანებში. მისი დიდი საბადო არის კოლმის ნახევარკუნძულზე. ფართოდ გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში — სუპერფოსფატების სახით, აგრეთვე ქიმიურ მრეწველობაში.

ფ ო ს ფ ო რ ი ტ ი ქიმიური შედგენილობით აპატიტის მსგავსია, მაგრამ მასში არის კალციუმის კარბონატის, თიხისა და სხვა მინარე-

ვები. გვხვდება რადიალურ-სხივოსნური აგებულების სფეროსმაგვარი კონკრეციებისა და მიწისებრი აგრეგატების სახით. არის სხვადასხვა ფერის. ფოსფორიტები ზღვიურ ნალექებს უკავშირდება და წარმოშობილია ბიოქიმიური გზით.

VIII. ნიტრატები

ნიტრატების ანუ აზოტმქავას მარილების ყველაზე უფრო გავრცელებული წარმომადგენლებია კალიუმის და ნატრიუმის გვარჯილა.

კალიუმის გვარჯილა KNO_3 წარმოიშობა ორგანული ნივთიერების დაშლის ხარჯზე. გვხვდება წვრილმარცვლოვანი ან მიწისებრი აგრეგატების სახით. ელვარება—მინისებრი, აბრეშუმისებრი, სიმაგრე — 2, სიმკვრივე — 2 — 2,1. გემო — მლაშე. წყალში იხსნება.

ნატრიუმის (ჩილის) გვარჯილა $NaNO_3$ წარმოშობის პირობები კალიუმის გვარჯილის ანალოგიურია. გვხვდება ფხვიერი თეთრი ქერქისა და გამონაფიფქის სახით. სიმაგრე — 2, ტექნადობა — სრული, სიმკვრივე — 2,2, ფერი — თეთრი, ნაცრისფერი. ელვარება — მინისებრი. გემო — მლაშე. წყალში ადვილად იხსნება. ნატრიუმის გვარჯილას იყენებენ ნიადაგის სასუქად, ფეთქებადი ნივთიერების მისაღებად და სხვა.

IX. სილიკატები

სილიკატები წარმოდგენენ სილიციუმის მქავათა მარილებს. სილიკატების კლასში გაერთიანებულია 800-მდე მინერალი, რომელიც დედამიწის ქერქის დაახლოებით 75% შეადგენს, ხოლო კვარცთან ერთად — 87%. სილიკატები ყველაზე მნიშვნელოვანი ქანშაშენი მინერალებია და უმთავრეს როლს ასრულებენ თითქმის ყველა ტიპის ქანის აგებულებაში. სილიკატებისაუვის დამახასიათებელია შედარებით დაბალი ხვედრითი წონა, დიდი სიმაგრე და მინისებრი ელვარება. სილიკატების კლასში გამოიყოფა რამდენიმე ჯგუფი: მინდვრის შპატები, ქარსები, პიროქსენები, ამფიბოლები, ოლივინი, თიხოვანი მინერალები და სხვა.

მინდვრის შპატები ანუ ფელდშპატები მინერალთა ყველაზე გავრცელებულ ჯგუფს წარმოდგენს. დედამიწის ქერქის წონითი რაოდენობის თითქმის ნახევარი ამ ჯგუფის მინერალებზე მოდის. ეს არის ნატრიუმის, კალიუმისა და კალციუმის ალუმოსილიკატები. ქიმიური შედგენილობით ისინი იყოფა ნატრიუმ-კალციუმიან მინდვრის შპატებად და კალიუმიან მინდვრის შპატებად. ნატრიუმ-კალციუმიან მინდვრის შპატებს პლაგიოკლაზები ეწოდება. მათ ეკუთვნის მინერალები, რომლებიც ქმნიან უწყვეტ რიგს ალბიტიდან

$\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ ანორთიტამდე $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$. მათ შუალედში აღნიშნული მინერალების პროცენტული რაოდენობის მიხედვით გვაქვს სხვადასხვა სახელწოდების მინერალები (ცხრილი III.1).

ცხრილი III.1

ალბიტის რაოდენობა, %	ანორთიტის რაოდენობა, %	მინერალის სახელწოდება	პლაგიოკლაზების ტიპი
100—90	0—10	ალბიტი	შეკვე
90—70	10—30	ოლიგოკლაზი	შეკვე
70—50	30—50	ანდეზინი	საშუალო
50—30	50—70	ლაბრადორი	ფუფე
30—10	70—90	ბიტოვნიტი	ფუფე
10—0	90—100	ანორთიტი	ფუფე

პლაგიოკლაზები თეთრი, ნაცრისფერი, მონაცრისფრო-თეთრი ან მუქი ნაცრისფერია. ხანდახან აქვთ მომწვანო ან მოლურჯო იერი, მინისებრი ელვარება; სიმკვრე — 6 — 6,5, სრული ტყეჩადობა, სიმკვრივე — 2,6 — 2,7.

კალიუმის მინდვრის შპატებიდან ყველაზე გავრცელებულია ორთოკლაზი და მიკროკლინი $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$. ბერძნულად ორთოკლაზი სწორადობადს ნიშნავს. ორთოკლაზი ღია ფერის ან უფერო, გამჭვირვალე მინერალია. გარდა ამისა, იგი უფრო ხშირად მოვარდისფრო, ხორცისებრ-მოწითალო, მონაცრისფრო ან თეთრი ფერისაა. ელვარება — სადაფისებრი ან მინისებრი.

მიკროკლინი გარეგნულად ორთოკლაზსაგან არ განსხვავდება. განსხვავება მხოლოდ მიკროსკოპის საშუალებით შეიძლება.

კალიუმის მინდვრის შპატებს სიმკვრეა 6—6,5, ახასიათებთ სრული ტყეჩადობა, სიმკვრივე — 2,54—2,57.

მინდვრის შპატები სხვა ქანაშენ მინერალებზე უფრო სწრაფად იფიტება და იშლება. წყალსა და მასში არსებულ მყავებს განსაკუთრებით ნაკლებ წინააღმდეგობას უწევს კალიუმის მინდვრის შპატები. მინდვრის შპატების ფიზიკური გამოფიტვა გამოვლინდება იმაში, რომ მინერალების ზედაპირი იფარება ნაპრალოთა უწვრილესი ბადით. ქიმიური გამოფიტვის დროს კრისტალთა ზედაპირი კარგავს ელვარებას და მიწისებრი ხდება.

მინდვრის შპატები შედის უმთავრესი მაგმური, დანალექი და მეტამორფული ქანების შედგენილობაში. სუფთა მინდვრის შპატების დნობის შედეგად მიიღება თეთრი მინა, რომელსაც ელექტროიზოლაციური თვისებები გააჩნია, ამიტომ მას ელექტროტექნიკაში ფართო გამოყე-

ნება აქვს. კალიუმ-ნატრიუმის მინდვრის შპატები გამოიყენება მინისა და კერამიკულ წარმოებაში, აგრეთვე ქიქურისა და მინანქარისათვის. ფუძე პლაგიოკლაზის — ლ ა ბ რ ა დ ო რ ი ს შემცველი მუქი ქანი, რომელიც ლაბრადორიტის სახელწოდებით არის ცნობილი, წარმოადგენს საუკეთესო მოსაპირკეთებელ მასალას.

ქ ა რ ს ე ბ ი ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული მინერალების რიცხვს ეკუთვნის და მნიშვნელოვან როლს ასრულებს როგორც ქან-მაშენი მინერალები. მათი საერთო რაოდენობა მიწის ქერქში 3,8% უდრის. ქარსებიდან ყველაზე გავრცელებული მინერალებია ბიოტიტი და მუსკოვიტი. ბ ი ო ტ ი ტ ი რკინა-მაგნიუმის ქარსს წარმოადგენს. მისი ქიმიური შედგენილობა ასეთია— $K(Mg, Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH, F)_2$. ბიოტიტი მუქი ფერის მინერალია, უმეტესად შავი ან მუქი მწვანე—მოშავო. ო ლ ი ვ ი ნ ი ალუმინის ქარსია — $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$, აქვს ღია ფერი. მისი თხელი ფურცლები თითქმის უფეროა, ხშირად მოყვითალო, მონაცრისფრო ან მომწვანო ელფერი გადაკრავს. ეს ორი მინერალი ფერით ადვილად განირჩევა ერთმანეთისაგან. ფიზიკური თვისებები მათ ერთნაირი აქვთ. გააჩნიათ სადაფისებრი ელვარება. ქმნიან თხელი ფურცლოვანი ფირფიტებისაგან შემდგარ კრისტალებს. მათთვის დამახასიათებელია სრულყოფილი ტყეჩადობა, რომლის დროსაც მიიღება გამჭვირვალე ღრეკადი ფურცლები. სიმაგრე — 2,5 — 3; სიმკვრივე — 3,2 — 3,6.

მინდვრის შპატებისაგან განსხვავებით, ქარსები მდგრადი მინერალებია. ისინი უმეტესად მაგმურ და მეტამორფულ ქანებში გვხვდება. ქარსი გამოიყენება ელექტრომრეწველობაში, როგორც საინოლაციო მასალა, ცეცხლგამძლე საშენი მასალის, ცეცხლგამძლე საღებავების დასამზადებლად, კერამიკულ წარმოებაში და სხვაგან.

პ ი რ ო ქ ს ე ნ ე ბ ი. სილიკატების ამ ჯგუფიდან ყველაზე უფრო გავრცელებული მინერალია ა ვ გ ი ტ ი — $Ca(Mg, Fe, Al)[(SiAl)_2O_6]$. ავგიტი წარმოადგენს მრავალი მაგმური ქანის მთავარ ქანმაშენ მინერალს. ავგიტი მწვანე, რუხი ან შავი ფერისაა. აქვს მინისებრი ელვარება და უსწორმასწორო მონატეხი. ქანში იგი წვრილი მარცვლების სახით გვხვდება. აქვს სრული ტყეჩადობა, სიმაგრე — 5—6, სიმკვრივე — 3,2—3,6. ავგიტი საკმაოდ გამძლე მინერალია და ის ქანები, რომლებიც მას შეიცავენ, ძნელად მუშავდება.

ა მ ფ ი ბ ო ლ ე ბ ი. ამ ჯგუფის ყველაზე გავრცელებული მინერალია რ ქ ა ტ ყ უ ა რ ა, რომელსაც რთული და არამდგრადი ქიმიური შედგენილობა აქვს. ქიმიურად იგი Ca, Mg, Fe, Al-ის შედგენილობის რთული სილიკატი. რქატყუარა მუქი მინერალია, აქვს მუქი მწვანე ან შავი ფერი, მინისებრი ელვარება და ზიკვისებრი მონატეხი.

რქატყუარას კრისტალები წაგრძელებული მოყვანილობის პრიზმებს წარმოადგენს. ახასიათებს სრული ტყეჩადობა. სიმაგრე — 5,5—6. სიმკვრივე—3,1—3,3. საერთო იერთ რქატყუარა ავგიტის მსგავსია. გამოფიტვის მიმართ ისეთივე მდგრადია, როგორც ავგიტი. ავგიტისაგან განსხვავებით, რქატყუარასათვის ზოგჯერ დამახასიათებელია ბოჭკოვანი აგებულება.

ამფიბოლების ჯგუფის მინერალია აგრეთვე აქტიონოლითი, რომელიც ფიზიკური თვისებებით და ქიმიური შედგენილობით რქატყუარას მსგავსია, მაგრამ გააჩნია უფრო აშკარად გამოხატული ნემსისებრ-სხივოსნური აგებულება. მისი სახელწოდებაც ბერძნულად სხივოსნურ ქვას ნიშნავს.

ოლივინი მუქი მინერალია, მწვანე, ზოგჯერ მოყვითალო-მწვანე ფერის. მისი ქიმიური შედგენილობა ასეთია $(Mg Fe)_2[SiO_4]$. ოლივინის ცხიმოვანი ელვარება აქვს, კრისტალების ფორმა — პრიზმული და სქელფირფიტოვანი, მაგრამ კრისტალები იშვიათია. უფრო ხშირია მკიდრომარცვლოვანი, მასიური აგრეგატები. ტყეჩადობა — არასრული. ოლივინი ჩვეულებრივად მარცვლოვან დახაგროვებს წარმოშობს. სიმაგრე — 6,5 — 7,0; შიანატეხი — ნიჟარისებრი, სიმკვრივე 3,5; ოლივინი უმთავრესად მაგმური წარმოშობისაა.

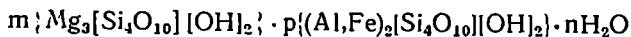


გარდა ზემოაღნიშნული პირველადი მინერალებისა, რომლებიც უმთავრესად მაგმის გაცივების შედეგად წარმოიქმნება, სილიკატების რიცხვს ეკუთვნის ზოგიერთი მეორეული მინერალი, რომლებიც პირველადი მინერალების შეცვლის პროდუქტს წარმოადგენს. მათი წარმოშობა დედამიწის ზედაპირის ახლოს ხდება, პირველადი მინერალების გამოფიტვის პროცესში. ამ მინერალებიდან, პირველ რიგში, აღსანიშნავია თიხური მინერალები. თიხურ მინერალებს უწვრილესი ფირფიტების ფორმა აქვს. წყალთან ურთიერთქმედებისას ისინი კოლოიდურ სისტემებს წარმოქმნიან. ყველაზე უფრო გავრცელებულ თიხურ მინერალებს წარმოადგენს კაოლინიტი და მონტმორილონიტი. ამ მინერალებისათვის დამახასიათებელია ფენობრივობა. ეს ფენები სილიციუმ-ჟანგბადოვანი და ალუმინ-ჟანგბადოვანი აგებულებისაა. მათი ზედაპირის გასწვრივ თიხურ მინერალებს ყველაზე ნაკლები სიმტკიცე ახასიათებს.

კაოლინიტი $Al_2[Si_2O_5](OH)_4$ მიიღება მინდვრის შპატების გამოფიტვის შედეგად. შედის თიხების შედგენილობაში. მას აქვს თეთრი ან ოდნავ მოყვითალო ფერი. ცალკეული ქერცლები და ფირფიტები უფეროა, ელვარება — სადაფისებრი, მთლიანი მასებისა კი — მკრთალი, სიმაგრე. დაახლოებით 1, ტყეჩადობა — სრული, სიმკვრივე — 2,58—2,60. კაოლინიტის შემცველ თიხას კაოლინი ეწო-

დება. კაოლინი გამოიყენებას პოულობს მრეწველობის მთელ რიგ დარგებში. მისი ძირითადი მომხმარებელია კერამიკული მრეწველობა. რკინის ქანგეულებისაგან თავისუფალი კაოლინი გამოიყენება ფაიფურისა და ქაშანურის დამზადების დროს. იხმარება აგრეთვე მშენებლობაში, ქალაქის წარმოებაში, ქიმიურ მრეწველობაში და სხვა.

მონტმორილონიტი ფართოდ გავრცელებული თიხური მინერალია, თეთრი, მონაცრისფრო ან მოლურჯო ელფერი. გვხვდება აგრეთვე მოვარდისფრო-წითელი, ზოგჯერ მწვანე ფერის. მისი ქიმიური შედგენილობა ასეთი ფორმულით გამოისახება:



მონტმორილონიტი რბილი მინერალია, აქვს ცხიმოვანი ელვარება და სრული ტყეჩადობა. იგი წარმოიქმნება ფუძე მაგმური ქანების გამოფიტვის შედეგად. მონტმორილონიტს შეიცავს ე. წ. ბენტონიტური თიხები, რომელთა წარმოშობა უმთავრესად დაკავშირებულია ზღვის აუზებში ვულკანური ფერფლის დაშლის პროდუქტთა დალექვასთან. მონტმორილონიტის დამახასიათებელი თავისებურება ის არის, რომ მისი კრისტალური მესრის ცალკეული ფენები ერთნაირი მუხტის მქონე იონებით არიან ერთმანეთზე განლაგებული, რომლებიც ერთმანეთს განიზიდავენ და შრეთა შორის სივრცეში ადვილად აღწევს წყალი, რაც განაპირობებს ამ მინერალის შემცველი თიხების გაჯირჭებას წყლის გავლენით. მონტმორილონიტს, შთანთქმის დიდი უნარის გამო, ფართოდ იყენებენ ნავთობგადამამუშავებელ მრეწველობაში, როგორც სორბენტს.

სილიკატების ჯგუფში შემავალი მეორეული მინერალებიდან აღსანიშნავია აგრეთვე სერპენტინი, ქლორიტი და ტალკი.

სერპენტინი $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$ წარმოიშობა პიროქსენების, ამფიბოლებისა და ოლივინის სახეცვლის შედეგად. ზოგჯერ ის გვხვდება პირველადი მინერალის სახითაც. წარმოადგენს მუქ-მწვანე, ზოგჯერ მურა-მწვანე მინერალს. სიმაგრე — 2,5—3, სიმკვრივე — 2,5—2,7. გააჩნია სრული ტყეჩადობა და ცხიმოვანი ელვარება. კრისტალებს ბოქკოსმაგვარი აღნაგობა აქვთ. სერპენტინი გამოიყენება შავ მეტალურგიაში როგორც მაღალხარისხოვანი ცეცხლგამძლე აგურის დასამზადებელი ნედლეული; მას იყენებენ აგრეთვე ქიმიურ მრეწველობაში.

ქლორიტი $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot 3\text{Mg}(\text{OH})_2$ მეორეული მინერალია, რომელიც წარმოიქმნება პიროქსენების, ამფიბოლების, ოლივინისა და ბიოტიტის სახეცვლის შედეგად. არის მწვანე ფერის, მინისებრი ელვარებით, უსწორმასწორო მონატეხით. კრისტალები ფირფიტოვანი

ან ქერცლოვანია. აქვს სრული ტკეჩადობა, სიმაგრე — 2, სიმკვრივე — 2,6 — 3,0.

ტალკი $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$ წარმოადგენს ოლივინის სახეცვლის შედეგად წარმოშობილ მეორეულ მინერალს. არის თეთრი, მოყვითალო ან მომწვანო ფერის. მისთვის დამახასიათებელია ცხიმოვანი ელვარება, ქერცლისმაგვარი კრისტალები, სიმაგრე — 1. გააჩნია დნობის მაღალი ტემპერატურა, ამიტომ გამოიყენება ცეცხლგამძლე აგურის დასამზადებლად, აგრეთვე რეზინის, ქალაღის მრეწველობაში და ა. შ.

IV თ ა ვ ი

მაგმური ქანები

IV.1. ზოგადი ცნობები ქანების შესახებ

ქანი ეწოდება ერთი ან რამდენიმე მინერალისაგან ან სხვა ქანის ნამსხვრევებისაგან შედგენილ მკვრივ ან ფხვიერ აგრეგატს, რომელიც მონაწილეობს დედამიწის ქერქის აგებულებაში. ქანები წარმოიშობა მიწის სიღრმეში ან ზედაპირზე მიმდინარე გეოლოგიური პროცესების შედეგად. ქანებს, რომლებიც ერთი მინერალისაგან შედგება, მონომინერალური ქანები ეწოდება, განსხვავებით პოლიმინერალურისაგან, რომელთა შედგენილობაშია რამდენიმე მინერალი. ქანების, ისევე როგორც მათი შემადგენელი მინერალების, თვისებები, უშუალო კავშირშია მათი წარმოქმნის პირობებთან. ამიტომ ქანების შესწავლის დროს საჭიროა მათი წარმოშობის პირობების ცოდნა.

წარმოშობის პირობების ანუ გენეზისის მიხედვით ქანები იყოფა სამ კჯუფად:

1. მაგმური ქანები, წარმოშობილი მიწის წიაღიდან მომდინარე ბუნებრივი სილიკატური მდნარის — მაგმის გაცივებისას მიწის ქერქში ან ზედაპირზე.

2. დანალექი ქანები, წარმოშობილი დედამიწის ზედაპირზე, ადრე არსებული ქანების ან მინერალების დაშლისა და მათი შემდგომი მექანიკური ან ქიმიური დალექვის შედეგად. დანალექი ქანები მიიღება ორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგადაც.

3. მეტამორფული ქანები, რომელთა წარმოქმნა დაკავშირებულია უკვე არსებული ქანების შემდგომ სახეცვლასთან (უმთავრესად გადაკრისტალებასთან) დიდ სიღრმეებში მაღალი ტემპერატურისა და წნევის პირობებში.

მაგმური ქანების წარმოქმნისათვის საწყის პროდუქტს მაგმა წარმოადგენს. მაგმა მიწის ღრმა ზონებში არსებული გავარვარებული, ბლანტი მასაა, რომელსაც რთული აგებულება აქვს. მის შედგენილობაში ძირითად როლს სილიკატები ასრულებს. ბევრია მასში აქროლადი ნივთიერებანი და წყალი ორთქლის სახით. მაგმის ტემპერატურა 1 000—1 300°-ს აღწევს. მაგმური ქანების წარმოქმნა მაგმის სხვადასხვა პირობებში გაცივების შედეგად ხდება. ზედაპირზე ის სწრაფად ცივდება, კარგავს რა ამასთან ერთად მასში არსებულ აირებს და ორთქლს. სრულიად განსხვავებულია მაგმის გაცივების პირობები ლითოსფეროს ღრმა ფენებში მისი შეჭრისას. ამ დროს გაცივება გაცილებით უფრო ნელა მიმდინარეობს.

ქანებს, რომლებიც წარმოიქმნება დედამიწის ზედაპირზე ამოსული მაგმის (ამ შემთხვევაში მაგმა ლავის სახელწოდებით არის ცნობილი) სწრაფი გაცივების შედეგად, ამოწმებული ანუ ეფუზიური ქანები ეწოდება. სიღრმეში, ლითოსფეროს სხვადასხვა უბნებში, მაგმის ნელი გაცივების შედეგად სიღრმის ანუ ინტრუზიული ქანები წარმოიქმნება.

წარმოშობის პირობები, ეერძოდ, მაგმის გაცივების სიჩქარე, მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მაგმური ქანების იერს. ერთნაირი შედგენილობის მაგმის სხვადასხვა პირობებში გაცივებისას გარეგნულად სრულიად სხვადასხვა ტიპის ქანი მიიღება. სიღრმეში ნელი გაცივებისას მაგმაში მდნარ მდგომარეობაში მყოფი მინერალები ასწრებენ გამოკრისტალებას. რაც უფრო სწრაფია გაცივება, მით უფრო ნაკლებია მინერალთა გამოკრისტალების უნარი. ამის მიზეზი ის არის, რომ კრისტალების წარმოქმნისა და მათი ზრდისათვის საჭიროა დრო. დედამიწის ზედაპირზე მაგმა ისე სწრაფად ცივდება, რომ კრისტალები ან სრულიად არ წარმოიქმნება, ან ისეთი მცირე განზომილებანი აქვთ, რომ მათი დანახვა შეუიარაღებელი თვალით შეუძლებელია.

მაგმური ქანებისათვის, ისევე როგორც საერთოდ ყველა ქანისათვის, დამახასიათებელია სტრუქტურა და ტექსტურა.

სტრუქტურა ეწოდება ქანის აგებულების თავისებურებათა ერთობლიობას, განპირობებულს მისი შემადგენელი ნაწილების (მინერალების ან ცემენტის) ზომებით, ფორმითა და ურთიერთკავშირის ხასიათით. სტრუქტურის დადგენა ძირითადად მხოლოდ მიკროსკოპის საშუალებით არის შესაძლებელი.

მაგმური ქანებისათვის დამახასიათებელია შემდეგი სახის სტრუქტურები:

სრულკრისტალური ანუ კრისტალურ-მარცვლოვანი სტრუქტურები:

ტურა. არჩევენ მსხვილკრისტალურ (კრისტალთა ზომები 5 მმ-ზე მეტი), საშუალოკრისტალურ (2—5 მმ), წვრილკრისტალურ (2 მმ-ზე ნაკლები) და მასიურ სტრუქტურას. ეს უკანასკნელი მხოლოდ მიკროსკოპში ჩანს. სრულკრისტალური სტრუქტურა სიღრმეში გაცივებული ქანებისათვის არის დამახასიათებელი. რაც უფრო ღრმად და ტემპერატურის თანდათანობითი კლების პირობებში ხდება მაგმის გამოკრისტალება, მით უფრო მსხვილკრისტალური სტრუქტურის ქანი წარმოიქმნება.

პო რ ფ ი რ უ ლ ი სტრუქტურა დამახასიათებელია ამონთხეული და ძარღვული ქანებისათვის. ამ შემთხვევაში ქანის შემადგენელ ძირითად მასაში, რომელიც არ არის კრისტალური ან მეტად წვრილკრისტალურია, გაბნეულია ცალკეული მოზრდილი კრისტალები, ანუ პორფირული გამონაყოფები.

ფ ა რ უ ლ კ რ ი ს ტ ა ლ უ რ ი სტრუქტურა ამონთხეული ქანებისათვის არის დამახასიათებელი. შეუიარაღებელი თვალთ ქანი ერთგვაროვან მასას წარმოადგენს. კრისტალების შემჩნევა მხოლოდ მიკროსკოპში შეიძლება.

მ ი ნ ი ს ე ბ რ ი სტრუქტურა ასევე მხოლოდ ამონთხეულ ქანებს აქვს. ასეთი სტრუქტურის ქანს კრისტალები საერთოდ არ გააჩნია, მისი შემადგენელი მასა ამორფულია. მინისებრ სტრუქტურას ქანი იძენს ზედაპირზე, ლავის ძლიერ სწრაფი გაცივებისას, როდესაც ვერც ერთი მინერალი ვერ ასწრებს გამოკრისტალებას.

ტ ე ქ ს ტ უ რ ა შ ი იგულისხმება ქანის გარეგნული იერი, განპირობებული შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთგანლაგების, წყობის ხასიათით.

მაგმური ქანების ტექსტურებიდან აღსანიშნავია:

მ ა ს ი უ რ ი, როდესაც ქანის შემადგენელი მინერალები განლაგებაში არავეითარ ორიენტაციას და კანონზომიერებებს არ ავლენენ.

ზ ო ლ ე ბ რ ი ვ ი, წარმოიქმნება მაშინ, როდესაც ერთი ტიპის მინერალთა განლაგება გარკვეულ სიბრტყეში ხდება, რაც ქანის მონატეხში მინერალების ზოლებრივი დაჯგუფების იერს ქმნის.

ფ ლ უ ი ღ უ რ ი ტექსტურა ეფუზიური ქანებისათვის არის დამახასიათებელი; მინერალების ორიენტაცია, ამ შემთხვევაში, ქანის წარმომშობი დენადი მაგმის მოძრაობის გამოშხატველია.

მაგმური ქანების გარეგნულ იერს მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მათი სიმკვრივის ხარისხი. არჩევენ კომპაქტურ და ფორიან ქანებს. კომპაქტურია ძირითადად სიღრმის ქანები, ფორიანობა კი უმეტესად ზედაპირულ ქანებს ახასიათებს.

მაგმის გაცივებას თან ახლავს მოცულობის შემცირება და ქანებში უწვრილესი ნაპრალების წარმოქმნა. ეს ნაპრალები ურთიერთგადაკვე-

თისას წარმოშობს სხვადასხვა გეომეტრიული ფორმის ბლოკებს, რომლებიც ახასიათებენ ამა თუ იმ ქანის განწვევების უნარს. ზოგიერთი ნაპრალი თვალთა ადვილად შეიმჩნევა, ეს ე. წ. აშკარა ნაპრალებია. განწვევების ნაპრალობა უმეტესობა კი იმდენად წვრილია, რომ მათი შემჩნევა შეუიარაღებელი თვალთა შეუძლებელია. მაგმურ ქანებში გვხვდება მათი სხვადასხვა სახე: პრიზმული, სვეტისებრი, ფენობრივი, სფერული. განწვევების ნაპრალებს არსებითი მნიშვნელობა აქვთ ქანების საინჟინრო მიზნებისათვის გამოყენების საქმეში. ისინი ადვილებენ ქანების როგორც სამშენებლო მასალის მოპოვებას, განსაკუთრებით, როდესაც ქანი თანაბარი ზომის ბლოკებს წარმოქმნის. ამავე დროს უნდა აღინიშნოს, რომ თუ განწვევების ნაპრალები ხშირია, მაშინ, პირიქით, ისინი არასასურველ პირობებს ქმნიან, რადგან ქანის სიმტკიცე მცირდება. ასევე არახელსაყრელია სამშენებლო მიზნებისათვის განწვევების ზოგიერთი სახე, მაგალითად, სფერული განწვევება.

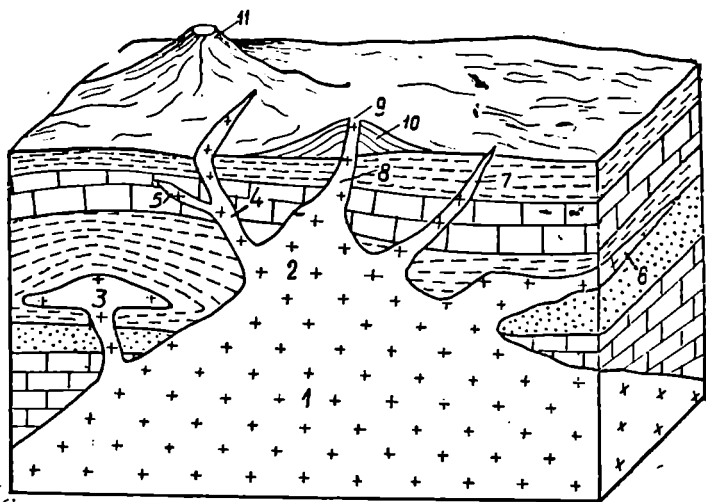
IV.3. მამური ქანების წოლის ფორმები

ქანებისაგან აგებული გეოლოგიური სხეულების სივრცობრივ მდებარეობას ლითოსფეროში წოლას ფორმა ეწოდება. წოლის ფორმა უშუალოდ არის დაკავშირებული ქანების წარმოქმნის პირობებთან. მაგმური ქანები წოლის ფორმების მრავალფეროვნებით ხასიათდება.

მაგმა ლითოსფეროს ქვედა ფენებში შემოჭრისას არღვევს ქანების მთლიანობას, ნაწილობრივ ალღობს მათ, იკავებს გარკვეულ სივრცეს და წარმოშობს უსწორმასწორო მოყვანილობის სხეულს, რომელსაც ფესვები დედამიწის ქერქისქვეშა, მაგმურ კერაში აქვს. ამ მასივს ბათოლითი ეწოდება.

ზედაპირზე მიმდინარე ეგზოგენური პროცესების გავლენით თანდათანობით შეიძლება მოხდეს ბათოლითის გამომზეურება. ასეთი მაგმური მასივი ჩვეულებრივად იკავებს უზარმაზარ სივრცეებს, რომლებიც ათეული და ზოგჯერ ასეული კვადრატული კილომეტრებით განიზომება.

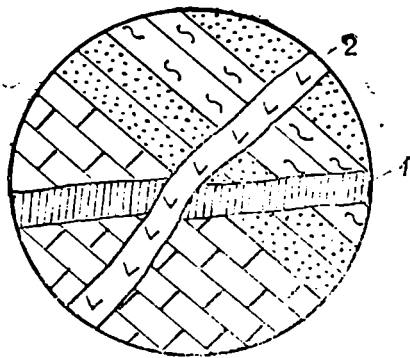
სიღრმითი ქანების წოლის ფორმას წარმოადგენს აგრეთვე ლაკოლითი. იგი წარმოიქმნება მაშინ, როდესაც მაგმა შეიჭრება ლითოსფეროს შრეებს შორის, ასწევს მათ და გუმბათისებრ ამალღებას წარმოქმნის. ლაკოლითს სოკოსმაგვარი ფორმა აქვს და მისი ქვედა და ზედა ნაწილები ქანების შრეებრიობის თანხვედნილია. შტოკები წარმოადგენენ მცირე განზომილების ბათოლითებს. უმეტეს შემთხვევაში შტოკს უწოდებენ ბათოლითების ზედა შევიწროებულ ნაწილს, რომლის დაკვირვება და შესწავლა შეიძლება დედამიწის ზედაპირზე.



ნახ. IV.1. მაგმური ქანების წოლის ფორმები:

1—ბათოლიტი, 2—შტოკი, 3—ლაკოლიტი, 4—ძარღვი, 5—აპოფიზა, 6—შრეძარღვი, 7—დაიკა, 8—ნეკი—ამოყვანი არხი, 9—კრატერი, 10—ლავა, 11—ეულკანის გემბათი.

წოლის ერთ-ერთი გავრცელებული ფორმაა ძარღვი. იგი წარმოიქმნება სიღრმის ქანებში არსებულ ნაპრალებში მაგმის შეჭრისა და მათი ამოვსებისას. ძარღვები უსწორმასწორო ფორმიტა და მდებარეობის ცვალებადობით გამოირჩევიან. ქანების ფენები, რომლებსაც ძარღვი კვეთს, ადვილად იფიტება და იშლება, მაშინ დედამიწის ზედაპირზე წარმოიქმნება ძარღვის შვერილები, ვერტიკალური ან დახრილი კედლების სახით, რომლებსაც დაიკები ეწოდება. ძარღვებს და სხვა მაგმურ სხეულებს ხშირად უფრო მცირე ზომის განტოტებანი, ე. წ. აპოფიზები გააჩნია. სხვადასხვა დროს წარმოქმნილი ძარღვები ზოგჯერ ერთმანეთს



ნახ. IV.2. 1—ადრე წარმოქმნილი ძარღვი, 2—შედარებით ახალი ძარღვი.

კვეთს, ასეთ შემთხვევაში ძარღვების შეფარდებითი ასაკის დადგენა ძნელი არ არის.

შედარებით უფრო მარტივი წოლის ფორმებით ხასიათდება ზედაპირული ქანები. როგორც ცნობილია, ლავის ამონთხევა ზედაპირზე შეიძლება მოხდეს ნაპრალოთა სისტემის, ან ცალკეული ვულკანური ყელის საშუალებით. ზედაპირული ქანების წოლის ფორმა დამოკიდებულია როგორც ამონთხევის ხასიათზე, ასევე თვით ლავის სიბლანტეზე. თუ ლავა თანაბრად ამონთხევა ნაპრალებიდან, ის ჩვეულებრივად დიდ ფართობებს ფარავს მცირე სისქის შრის სახით, რომელსაც *გ ა ნ ფ ე ნ ი* ეწოდება. თუ ლავა ფერდობის გასწვრივ მოძრაობს, მაშინ ის საბოლოოდ გაცივებისას ინარჩუნებს მოძრაობის გარეგნულ იერს და მას *ნ ა კ ა დ ს* უწოდებენ. ვულკანური პროცესების დროს ლავასთან ერთად ზედაპირზე ამოიფრქვევა დიდი რაოდენობის ორთქლი, გაზები, უწყრილესი ფხვიერი მასალა, რომელსაც *ვ უ ლ კ ა ნ უ რ ფ ე რ ფ ლ ს* უწოდებენ. თუ ლავა საკმაოდ ბლანტია, იგი ვერ ასწრებს გაშლას, ცივდება ამომყვანი ყელის ბოლოს—*კ რ ა ტ ე რ ი ს* სიახლოვეში და წარმოქმნის *ვ უ ლ კ ა ნ უ რ კ ო ნ უ ს ს*. მრავალი მთა და მთათა სისტემების ან ქედების მწვერვალები ვულკანურ კონუსებს წარმოადგენს.

ჩვეულებრივად, ლავის ამონთხევა ზედაპირზე რამდენიმე ციკლად მიმდინარეობს, ამიტომ ზედაპირული მაგმური ქანების საერთო სისქემ შეიძლება რამდენიმე კილომეტრსაც მიაღწიოს.

IV.4. მაგმური ქანების ძირითადი წარმოშობის დახასიათება

მაგმური ქანების წარმოქმნის პროცესი დედამიწის არსებობის განმავლობაში მიმდინარეობს. დადგენილია, რომ დროთა განმავლობაში მაგმური, განსაკუთრებით ეფუზიური ქანი, ცვალებადობას განიცდის; სახელდობრ, მისი ამორფული ნაწილი ნაწილობრივ გამოკრისტალდება. ერთდროულად ჩნდება ზოგიერთი ახალი მინერალიც, რომელიც ახლად წარმოქმნილი ქანისათვის არ არის დამახასიათებელი. ამასთან დაკავშირებით, მიღებულია ეფუზიური ქანების დანაწილება ძველ, სახემეცვლილ (პალეოტიპურ) და ახალგაზრდა ახლად წარმოქმნილ (ნეოტიპურ) ქანებად.

მაგმური ქანების ქიმიური კლასიფიკაციის საფუძველს წარმოადგენს მათში კაჟმიწის SiO_2 (სილიციუმჟეაჟის რადიკალის) პროცენტული რაოდენობა. ამის მიხედვით არჩევენ მყავე ქანებს ($\text{SiO}_2 > 65\%$), საშუალო მყავე (65—58%), ფუქე (52—45%) და ულტრაყუქე ქანებს, რომლებშიც SiO_2 -ის შემცველობა 45%-ზე ნაკლებია.

IV.1 ცხრილში მოცემულია მაგმური ქანების კლასიფიკაცია დ. ბელიანკინის და ვ. პეტროვის მიხედვით.

მაგმური ქანების კლასიფიკაცია

ქანის შედგენილობა		სიღრმის ქანები	ამონთხეული ქანები	
ქიმიური	მინერალური		ძველი, სახეშეცვლილი (პალეოტიპური)	ახალი, ახლად წარმოქმნილი (ნეოტიპური)
მჟავე	კვარცი, კალიუმის მინდვრის შპატი, მჟავე პლაგიოკლაზი, ქარსი (უფრო იშვიათად სხვა მუქი მინერალები)	გრანიტი	კვარციანი პორფირი	ლიპარიტი
საშუალო მჟავე	ტუტე მინდვრის შპატი, მჟავე პლაგიოკლაზი, მცირე რაოდენობით მუქი მინერალები	სიენიტი	ორთოკლაზიანი პორფირი	ტრაქატი
	საშუალო პლაგიოკლაზი და მუქი მინერალები.	დიორიტი	პორფირიტი	ანდეზიტი
ფუძე	ფუძე პლაგიოკლაზი და მუქი მინერალები (ზოგჯერ ოლივინი)	გაბრო	დიამაზი, აგეტიანი პორფირიტი	ბაზალტი
ულტრა-ფუძე	აგეტი, ოლივინი, მადნეული მინერალები	პერიდოტიტი	—	—
	ოლივინი და მადნეული მინერალები	დუნიტი	—	—

სიღრმის ანუ ინტრუზიული ქანებიდან დავახასიათებთ გრანიტს, სიენიტს, დიორიტს, გაბროსა და პერიდოტიტს.

გრანიტი ბუნებაში ძლიერ გავრცელებული, სრულკრისტალური სტრუქტურის მქონე მჟავე ქანია. მის შედგენილობაში ძირითად როლს ასრულებს კალიუმის მინდვრის შპატი (მიკროკლინი ან ორთოკლაზი), მჟავე პლაგიოკლაზი (ალბიტი, ოლიგოკლაზი) და კვარცი. მინდვრის შპატების შეფერილობა განსაზღვრავს გრანიტის ფერსაც. საერთოდ, გრანიტისთვის დამახასიათებელია ღია შეფერილობა, კერძოდ, ღია ნაცრისფერი, ვარდისფერი, ხორცისფერი და ა. შ. გრანიტის შედგენილობაში შედის ქარსებიც, მუსკოვიტი ან ბიოტიტი.

გრანიტს მაღალი ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები აქვს და მას ფართოდ იყენებენ როგორც სამშენებლო ქვას. გრანიტის წვრილკრის-

ტალურ სახესხვაობებს გააჩნია უფრო მაღალი სიმტკიცე და გამოფიტვისადმი წინააღმდეგობის უნარი. რაც უფრო მეტია გრანიტებში კვარცის შემცველობა, მით უფრო მეტია მათი სიმტკიცე. ქარსის ჭარბი რაოდენობა კი, პირიქით, აუარესებს გრანიტის მექანიკურ თვისებებს. გრანიტებში შემავალი მინერალებიდან ქიმიურ გამოფიტვას ყველაზე კარგად უძლებს მინდვრის შპატი. მისი გამოფიტვის ხარისხი განსაზღვრავს ძირითადად გრანიტის, როგორც სამშენებლო ქვის გამოყენების შესაძლებლობას. არც ერთი სხვა ქანი არ გამოიყენება სამშენებლო საქმეში ისე ფართოდ, როგორც გრანიტი. გრანიტის ერთ-ერთი სახესხვაობაა გრანოდიორიტი, რომელიც მინდვრის შპატებიდან პლაგიოკლასს უფრო მეტი რაოდენობით შეიცავს, ვიდრე კალიუმის მინდვრის შპატს. აპლიტი — წვრილმარცვლოვანი გრანიტია, ალიასკიტი — გრანიტი, რომელიც არ შეიცავს მუქ მინერალებს.

სიენიტი საშუალო მკაფიანობის ქანია, რომელიც გარეგნულად, კერძოდ სტრუქტურით, წოლის ფორმით, ძლიერ წააგავს გრანიტს, თუმცა მისგან არსებითად განსხვავდება იმით, რომ მასში კვარცი არ არის. გარდა ამისა, მინდვრის შპატები შედარებით მცირეა, სამაგეროდ მუქი მინერალები სჭარბობს. კვარცის აბრუნებობა სიენიტის მექანიკურ სიმტკიცეს გრანიტთან შედარებით ამცირებს. სიენიტი უფრო ადვილად დასამუშავებელი ქანია, ვიდრე გრანიტი. ამავე დროს იგი საკმაოდ კარგად უძლებს გამოფიტვას. ბუნებაში სიენიტი ისე გავრცელებული არ არის, როგორც გრანიტი, მაგრამ ტექნოლოგიური თვისებებით არ ჩამოუვარდება მას და იმავე მიზნებისათვის გამოიყენება.

დიორიტი საშუალო პლაგიოკლასს და რომელიმე მუქ მინერალს (ამფიბოლს, პიროქსენს, ან ბიოტიტს) შეიცავს და მასიური მარცვლოვანი სტრუქტურით ხასიათდება. მისი მთავარი შემადგენელი ნაწილია პლაგიოკლასი, რომელიც ზოგჯერ მთელი ქანის 75% შეადგენს. დიორიტები უმეტესად ნაცრისფერია, ზოგჯერ მომწვანო ნაცრისფერი, მუქი ნაცრისფერი ან მოშავო. იგი, გრანიტებისა და სიენიტებისაგან განსხვავებით, გვხვდება ძირითადად მცირე ზომის შტოკების, დაიკებისა და ძარღვების სახით.

რქატყუარიანი შედგენილობის დიორიტების წვრილმარცვლოვანი სახესხვაობანი წარმოადგენენ მეტად მტკიცე ქანებს. ისევე, როგორც გრანიტებში, ქარსების რაოდენობის გაზრდა დიორიტების მექანიკურ თვისებებს საგრძნობლად ცვლის. დიორიტები კარგი სამშენებლო თვისებებით ხასიათდებიან.

გაბრო ფუძე ქანია, რომლის მთავარ შემადგენელ ნაწილს პლაგიოკლასი და ზოგჯერ ოლივინი წარმოადგენს. იგი მუქი ფერის ქანია, მუქი წწვანე, მორუხო-მომწვანო ან შავი ფერი აქვს, სტრუქტურა

მსხვილი და თანაბარმარცვლოვანია, იშვიათად პორფირული. გაბრო უფრო ნაკლებად არის გავრცელებული, ვიდრე გრანიტი და დიორიტი. იგი გვხვდება შტოკებისა და დაიკების სახით. განხილული ქანებიდან გაბრო ყველაზე უკეთესად უძლებს გამოფიტვას და მას მაღალი სიმტკიცე გააჩნია. მართალია, მისი დამუშავება საკმაოდ ძნელია, მაგრამ იგი გამოიყენება მრეწველობაში, განსაკუთრებით ჰიდროტექნიკურ მშენებლობაში. მას იყენებენ აგრეთვე მშენებლობაში, როგორც კარგ სამშენებლო მასალას და დეკორატიულ ქვას სხვადასხვა არქიტექტურულ ნაგებობათა და ძეგლების მოსაპირკეთებლად.

როგორც აღნიშნული იყო, ინტრუზიული და ეფუზიური ქანები ერთმანეთისაგან განსხვავდება მხოლოდ წარმოქმნის პირობებით; რაც შეეხება ქიმიურ შედგენილობას, ის შეიძლება სრულიად მსგავსი იყოს ორი, გარეგნულად სხვადასხვა ტიპის ქანისათვის. აქედან გამომდინარე, ცხადია, რომ ყველა ზემოთ აღწერილ ინტრუზიულ ქანს გააჩნია თავისი ეფუზიური ანალოგი, რომელიც იმავე საწყისი მაგმიდან არის წარმოქმნილი.

გრანიტების ეფუზიური ანალოგებია კვარციანი პორფირები და ლიპარიტები. მათ ახასიათებთ პორფირული სტრუქტურა. ძირითადი მასა წერილმარცვლოვანი ან მინისებრია. ქანები გარეგნულად ღია ფერისაა. კვარციანი პორფირები და ლიპარიტები ერთმანეთისაგან განსხვავდება მხოლოდ ასაკით. პირველები უძველესი გეოლოგიური დროის წარმონაქმნებია, მეორენი კი — შედარებით ახალგაზრდა ქანები. ამიტომ კვარციან პორფირებს ძველ, ანუ პალეოვულკანურ, ხოლო ლიპარიტებს — ახალ, ანუ ნეოვულკანურ ქანებს უწოდებენ. საღ მდგომარეობაში ეს ქანები საუკეთესო სამშენებლო მასალაა.

უკვარცო პორფირები და ტრაქიტები იმავე ქიმიური შედგენილობით ხასიათდებიან, როგორც სიენიტები. უკვარცო პორფირები ანუ ორთოფირები პალეოვულკანური ქანებია, ხოლო ტრაქიტები — ნეოვულკანური. აქეთ პორფირული სტრუქტურა. უკვარცო პორფირები, ტრაქიტებისაგან განსხვავებით, ძირითადი მასის დაშლისა და გადაკრისტალების ინტენსივობით გამოირჩევა. ძირითადი მასა მოლურჯო-მწვანე ან წითელი-თეთრია. ტრაქიტები ღია ფერის (თეთრი, ნაცრისფერი), მოყვითალო, მოწითალო ქანებია, რომელთა ძირითად მასაში გაბნეულია საშუალო, ზოგჯერ კი ფუძე პლაგიოკლასის კრისტალები. მუქი მინერალების შემცველობა იშვიათია. ეს ქანები სიმტკიცით ჩამორჩება ზემოგანხილულ ქანებს, რადგან ფორიანობით ხასიათდებიან, განსაკუთრებით ტრაქიტები.

პორფირიტი და ანდეზიტები დიორიტების ეფუზიური ანალოგებია. პორფირიტები ანდეზიტებთან შედარებით უფრო

ძლიერადაა სახეშეცვლილი, რადგან რიგ შემთხვევებში უფრო ახალგაზრდა ნაღებებით იყვნენ დაფარული და მიწის ქერქის ღრმა პორიზონტებში გადაადგილებისას მეტნაკლებად ძლიერი გარდაქმნები განიცადეს. ანდეზიტებს კი სახეცვლილება თითქმის არ განუცდიათ. პორფირიტებისა და ანდეზიტების ძირითადი მასა მკვრივი ან ფოროვანია, წვრილკრისტალური ან მინისმაგვარი. მის შედგენილობაში მთავარ როლს ასრულებს საშუალო პლაგიოკლაზი. გვხვდება აგრეთვე ერთი ან რამდენიმე მუქი მინერალი. გრანოდორიტების ეფუზიური ანალოგებია დაციტები, რომლებშიც, ანდეზიტებისაგან განსხვავებით, არის მყავე პლაგიოკლაზი და კვარცი.

ზოგჯერ ამონთხევის ღროს ანდეზიტური ლავები გაზების მნიშვნელოვან რაოდენობას გამოჰყოფენ, რაც მათში ფორებს და სიცარიელებებს წარმოშობს. ამის შედეგად მიიღება ე. წ. ტუფური ლავები. ეს ლავები სიმსუბუქით გამოირჩევა და ადვილად მუშავდება, რაც მათ საუკეთესო სამშენებლო თვისებებს ანიჭებს. ისინი ფართოდაა გავრცელებული სომხეთის სს რესპუბლიკაში.

როგორც ანდეზიტები, აგრეთვე დაციტები თავისი შედგენილობით მრავალნაირია და ზოგიერთ სხვა ქანთან გარდამავალი ტიპებით არის დაკავშირებული. მაგალითად, ცნობილია ანდეზიტ-ბაზალტები. ანდეზიტები, რომლებიც უფრო ტუტეებით მდიდარ ქანებთან — ტრაქიტებთან არიან დაკავშირებული, ანდეზიტ-ტრაქიტების სახელწოდებას ატარებენ.

პორფირიტებისა და ანდეზიტების წოლის ფორმები მეტად მრავალფეროვანია. ისინი წარმოქმნიან ნაკადებს, განფენებს, ძარღვებს, ზოგჯერ კი — ლაკოლითებს და შტოკებს. ეს ქანები არ ხასიათდება მაღალი სიმტკიცით და ამიტომ ისინი სამშენებლო მასალად მნიშვნელოვანი ნაგებობებისათვის არ გამოიყენება.

დიბაზები და ბაზალტები გაბროს ეფუზიური ანალოგებია. მათთვის დამახასიათებელია თანაბარმარცვლოვანი და ზოგჯერ პორფირული სტრუქტურა. დიბაზი ღია ნაცრისფერი, პალეოტიპური იერის ქანია, ზოგჯერ გადაკრავს მომწვანო ელფერი. ბაზალტში დიდი რაოდენობითაა მუქი მინერალები, აგრეთვე ვულკანური მინა, რის გამოც მას მუქი ნაცრისფერი ან მოშავო ელფერი აქვს. ბაზალტი ნეოტიპური ქანია და შერჩენილი აქვს თავდაპირველი სისალე. მის შედგენილობაში მთავარ როლს ფუძე პლაგიოკლაზი და მუქი მინერალები ასრულებენ. სტრუქტურის მიხედვით ბაზალტები შეიძლება იყოს მინისებრი, წვრილმარცვლოვანი და პორფირული.

ბაზალტების მსხვილკრისტალურ, მუქი ფერის სახესხვაობას დო-
ლერიტს უწოდებენ. საკუთრივ ბაზალტად კი ითვლე-
ბა მკვრივი, წმინდამარცვლოვანი ქანი, რომლის შედგენილობა მხოლოდ
მიკროსკოპში განისაზღვრება. დიაბაზები და ბაზალტები საკმაოდ მტეი-
ცე ქანებია. ისინი, განსაკუთრებით კი მათი წმინდამარცვლოვანი სახე-
სხვაობები, კარგად უძლებენ გამოფიტვის პროცესებს.

სამშენებლო საქმეში ბაზალტს ფართოდ იყენებენ. იგი სვეტური
განწევრებით ხასიათდება, რაც აადვილებს კარიერებიდან მის მოპო-
ვებას. დიაბაზები შედარებით ნაკლებადაა გავრცელებული და მშენებ-
ლობაში მათი გამოყენება გაცილებით შეზღუდულია, რადგან გააჩნიათ
განწევრების ხშირი ნაპრალები, რაც მნიშვნელოვნად აქვეითებს მათ
მონოლითურობას.

ბაზალტების წოლის ფორმებიდან აღსანიშნავია ნაკადები, განფე-
ნები, გუმბათები, აგრეთვე ძარღვები. დიაბაზები კი უმეტესად ნაკა-
დებისა და ძარღვების სახით გვხვდება. ხშირია დიაბაზის დიდი სიმ-
ძლავრის შრეებრივი ძარღვები.

მაგმური ქანების ჯგუფს მიეკუთვნება აგრეთვე: ობსიდიანი
ანუ ვულკანური მინა—კომპაქტური ტექსტურის ქანი, რომელიც ქიმი-
ური შედგენილობით კვარცხანის პორფირებისა და ლიპარიტების მსგავ-
სია, პემზა—წვრილფორიანი ვულკანური მინა, ვულკანური
ტუფი—ვულკანური ფერფლის და საერთოდ წვრილი მყარი მასა-
ლის შემდგომი გამკვრივების და ცემენტაციის პროდუქტი, ტუფუ-
რი ლავა—ზედაპირზე ამოსულ თხევად მავმაში ფხვიერი მასალის
შერევის შედეგად წარმოქმნილი ქანი.

მაგმური ქანები მაღალი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გამო
წარმოადგენენ ყველაზე უფრო ხელსაყრელ და საიმედო საფუძველს
ნაგებობისათვის. ამასთანავე, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, მაგმური ქა-
ნები მნიშვნელოვნად განიცდიან გამოფიტვის პროცესების ზეგავლე-
ნას, იშლებიან, ნაპრალებიან. ამიტომ ამა თუ იმ სამშენებლო უბანზე
მაგმური ქანების შეფასებისათვის საჭიროა გამოყენებულ იქნეს მათ
შესახებ არსებული ყველა კონკრეტული მონაცემი.

მშენებლობაში მაგმური ქანების გამოყენების დროს სარგებლობენ
მონაცემებით მათი სიმტკიცის შესახებ, კერძოდ კუმშვაზე სიმტკიცის
ზღვრით, რომლის განსაზღვრა ხდება ლაბორატორიაში ცალკეულ ნი-
მუშზე. აუცილებელია ყურადღება მიექცეს იმ გარემოებას, რომ ლა-
ბორატორიაში მიღებული ციფრობრივი მაჩვენებელი ყოველთვის არ
უპასუხებს მაგმური ქანის სიმტკიცის მაჩვენებელს ბუნებრივი გან-
ლაგების პირობებში და ხშირად სჭარბობს მას, რადგან ბუნებაში
მხედველობაში მისაღებია მაგმური ქანების დანაპრალიანება, რომე-

ლიც ხშირად მნიშვნელოვნად აქვეითებს მათ სამშენებლო თვისებებს, ხოლო ზოგჯერ სრულიად უვარგის-ხდის გამოყენების თვალსაზრისით. აქედან გამომდინარე, მაგმური ქანის ნიმუშების სიმპტიკეზე გამოცდის შედეგები, მშენებლობის პირობების შესაფასებლად არ არის საკმარისი ისევე, როგორც არ არის საკმარისი მარტო ქანის შედგენილობის, სტრუქტურისა და წოლის პირობების ცოდნა. აუცილებელია მათი ბუნებრივი მდგომარეობის ყოველმხრივი დახასიათება.

V თავი

დანალექი ქანები

V.1. დანალექი ქანების წარმოშობის პირობები და ნიშანთვისებანი

დანალექი ქანები წარმოიქმნება მიწის ქერქის ზედაპირულ ზონაში, როგორც წყლის აუზებში, ასევე ხმელეთზე, უკვე არსებული ქანების დაშლისა და ნაშალი მასალის დალექვის შედეგად. დანალექი ქანების მასალას იძლევა მაგმური, მეტამორფული ან თვით დანალექი ქანები. მაგმური ქანებისაგან განსხვავებით, დანალექ ქანებს მეორეული წარმოშობის ქანებად თვლიან.

ქანების დაშლა დედამიწის ზედაპირზე ხდება გამოფიტვის პროცესის შედეგად, რაც ფიზიკური და ქიმიური ბუნებისაა. გამოფიტვის პროცესში მიღებული ფხვიერი, ნაშალი მასალა გადაადგილებას განიცდის. მოსი ძირითადი მასა ზღვებსა და ოკეანეებში ხვდება, ნაწილი კი ხმელეთზე რჩება. დანალექი ქანების წარმოქმნაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს წყალში გახსნილი ქიმიური ნივთიერებების გამოლექვა ფსკერზე, აგრეთვე ზღვიურ აუზებში მობინადრე ცოცხალი ორგანიზმების ნაშთების დალექვა. დანალექი ქანების თავისებურება ის არის, რომ მათი წარმოქმნა ხდება დედამიწის ზედაპირული ზონისათვის დამახასიათებელ თერმოდინამიკურ გარემოში, სახელდობრ, დაბალი ტემპერატურისა და წნევის პირობებში. წარმოშობის პირობების მიხედვით დანალექი ქანები იყოფა სამ ჯგუფად:

1. მექანიკურად დანალექი ქანები. მათ ხშირად ნამტვრევ ანუ კლასტურ ქანებს უწოდებენ. ისინი წარმოიქმნება დაშლილი მასალის ან ადგილზევე დალექვის, ანდა სხვა ადგილებში გადატანის და შემდგომი დალექვის შედეგად. გადატანა ხდება წყლის, ქარის, მყინვარისა და სხვა აგენტების მიერ.

2. ქიმიურად დანალექი ქანები წარმოიქმნება გამოფი-

ტული ქანების შედგენილობაში მყოფი მინერალების განხისასა და წყლის აუზებში მათი ქიმიური გზით დაღეჟვის შედეგად.

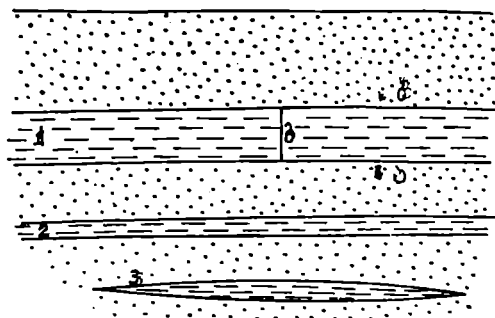
3. ო რ გ ა ნ ო გ ე ნ უ ლ ი ქ ა ნ ე ბ ი ი ლ ე ქ ე ბ ა მ ც ე ნ ა რ ე უ ლ ი ან ცხოველური ორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგად, აგრეთვე ამ ორგანიზმების კვდომისა და ფსკერზე დაგროვების გზით.

დანალექი ქანების შედგენილობაში შედის იგივე ქიმიური ელემენტები, რომლებსაც მაგმურ ქანებში ვხვდებით, თუმცა დანალექი ქანების წარმოქმნისას ეს ელემენტები, უმთავრესად, მეორეულ მინერალებშია გაერთიანებული.

ინჟინერ-მშენებლისათვის დანალექი ქანები განსაკუთრებით საინტერესოა, რადგან უმთავრესად ისინი წარმოადგენენ სხვადასხვა ტიპის საინჟინრო ნაგებობათა საფუძველს და ძალიან ხშირად გამოიყენება როგორც სამშენებლო მასალა.

დანალექი ქანებისათვის დამახასიათებელია სხვა ქანებისაგან არსებითად განსხვავებული ზოგიერთი თავისებურება, რომელიც ასახავს ამ ქანების წარმოქმნის პირობებს. მათ მიეკუთვნება: შრეებრიობა, ფორიანობა, შედგენილობისა და თვისებების დამოკიდებულება კლიმატურ პირობებზე, წარმოქმნის ადგილზე და დროზე, აგრეთვე ქანებში ცოცხალი ორგანიზმების ნაშთების შემცველობა.

დანალექი ქანების წოლის ფორმები სავსაშუალოდ ეროვნულია. წოლის ძირითად ფორმას წარმოადგენს ფ ე ნ ა ა ნ უ შ რ ე. შრისათვის დამახასიათებელია საგები და სახურავი. ეს არის დაშრეების სიბრტყეები, რომლთაც შრე გამოიყოფა ქვევით და ზევით განლაგებული ნალექებისაგან. უმოკლესი მანძილი ამ ორ სიბრტყეს შორის შეესაბამება შრის ს ი ს ქ ე ს ანუ ს ი მ ძ ლ ა ვ რ ე ს. თუ შრე მცირე სისქისაა, მას შუაშრეს უწოდებენ. ხშირია შემთხვევა, როდესაც შრე მოკლე



ნახ. V.1. დანალექი ქანების წოლის ფორმები: 1—ფენა ანუ შრე. ა—საგები, ბ—სახურავი, გ—ფენის სისქე. 2—შუაშრე, 3—ლანჯა.

მანძილზე გამოისოლება, ე. ი. მისი გავრცელება მალე წყდება. წოლის ასეთ ფორმას ლინზა ეწოდება. რამდენიმე შრიქს ერთობლიობა, რომელსაც მცირე სისქე აქვს, წარმოქმნის დასტას, ხოლო სხვადასხვა სიმაღლის შრეების კომპლექსს, ასაკობრივად და შემადგენლობით მზგაქსს, წყებას უწოდებენ.

ისევე როგორც მაგმურ ქანებს, დანალექ ქანებსაც გააჩნია დამახასიათებელი სტრუქტურები. სტრუქტურებს განსაზღვრავს დანალექი ქანების შემადგენელი ნაწილაკების ზომები და ფორმები. ზომების მიხედვით არჩევენ შემდეგ სტრუქტურებს: უხეშნატეხოვანს — როდესაც ნაწილაკების დიამეტრი 2 მმ-ს აღემატება, ქვიშიანს — 2-დან 0,05 მმ-მდე, მტვრისებრ ანუ პელიტურს — 0,5-დან 0,005 მმ-მდე, და თიხოვანს — როცა ნაწილაკების დიამეტრი 0,005 მმ-ზე ნაკლებია. შემადგენელი ნაწილაკების ფორმების მიხედვით არჩევენ: დამრგვალებულ, დაკუთხულ, ოლითურ, ნემსისებრ, ბოჭკოვან, ფურცლოვანი სტრუქტურის მქონე ქანებს.

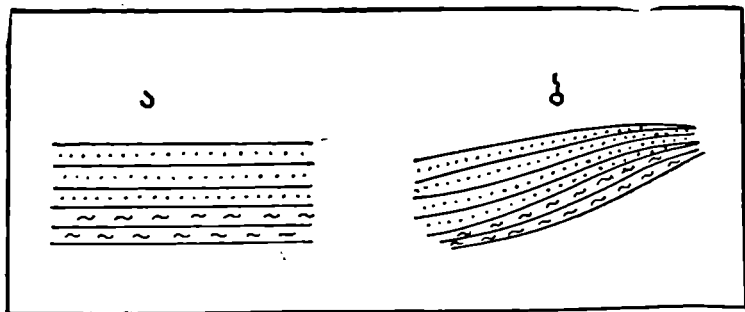
დანალექი ქანების ტექსტურას განაპირობებს ნაწილაკების ურთიერთგანლაგება. ეს დანალექი ქანების მეტად მნიშვნელოვანი მახასიათებელია, რომელიც განსაზღვრავს ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს და საშუალებას იძლევა შეფასდეს დანალექი ქანი სამშენებლო თვალსაზრისით. საინჟინრო-გეოლოგიური თვალსაზრისით დანალექი ქანების განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი სტრუქტურული ნიშანთვისება არის ფორიანობა, რომელიც წარმოადგენს იძლევა ქანში არსებული სიციარიელების ზომებსა და რაოდენობაზე.

ქანებში ფორების არსებობა განპირობებულია შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთშეხების ხასიათით. მაგალითად, მრგვალი ფორმის ქვიშის მარცვლების იდეალური წყობის შემთხვევაში, ნაწილაკების შეხების ადგილები წერტილებით განისაზღვრება. რაც უფრო ფხვიერია ქანი, მით მეტია ფორიანობა. ფორიანობა დამოკიდებულია ქანის სიმტკიცის ხარისხზე. რაც უფრო მკვირვია ქანი, მით უფრო ნაკლებია ფორიანობა. თუ ფხვიერი ქანი სხვადასხვა ზომის ნაწილაკებისაგან შედგება, ასეთ შემთხვევაში ქანის ფორიანობა ნაკლები იქნება, ვიდრე დიდი ზომის ერთგვაროვანი ნაწილაკების მქონე ქანის შემთხვევაში, რადგან წერილი ნაწილაკები შეავსებს დიდ მარცვლებს შორის დარჩენილ ფორებს. საინჟინრო გეოლოგიაში ფორიანობა წარმოადგენს ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მნიშვნელოვან მაჩვენებელს, რომელიც შედის ქანების სიმტკიცის საანგარიშო მთელ რიგ ფორმულებში.

თუ დანალექი ქანები წარმოადგენენ ცალკეულ, ერთმანეთთან შეუკავშირებელ ნაწილაკთა დაგროვებას, მათ ფხვიერი ქანები ეწოდება. ხშირ შემთხვევაში ფხვიერ ქანებში არსებული სიციარიელები და ფო-

რები შეესებულება სხვადასხვა შედგენილობის დულაბით ანუ ცემენტით. ასეთ ქანებს შეცემენტებულ ქანებს უწოდებენ და მათ მკვრივი აგებულება აქვთ. ცემენტაცია შესაძლებელია უშუალოდ ქანის წარმოქმნის პროცესში ან შემდეგ, ქანებში მოძრავი ხსნარებიდან სხვადასხვა მარილების გამოლექვით. მაგალითად, არჩევენ თიხიან, კარკვიან, რკინიან, კაჟიან და სხვა ცემენტებს. ცემენტის არსებობა მკვეთრად ამაღლებს დანალექი ქანის სიმტკიცეს. ყველაზე მაღალი სიმტკიცით ხასიათდება კაჟიანი ცემენტის მქონე ქანები.

შრეებრიობა დანალექი ქანების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ტექსტურული ნიშანთვისებაა. შრეებრიობის მიზეზი არის ნალექების წარმოქმნის პირობების პერიოდული ცვლებადობა, დალექილი მასალის სხვადასხვაგვარობა. სხვადასხვა მიზეზის გამო წყლის აუზში შემოსული ფხვიერი მასალა მნიშვნელოვან ცვლებადობას განიცდის როგორც მასალის ზომის, ასევე მინერალური შედგენილობის თვალსაზრისით. შრეებრიობას ქმნის ერთნაირი ზომების, აგრეთვე ერთნაირი მინერალური შედგენილობის მქონე ნაწილაკების რითმული დალექვა. შრეებრიობით შეიძლება ხასიათდებოდეს სრულიად ერთგვაროვანი შედგენილობის და თანაბარი ზომის მარცვლების მქონე ქანი. ამ შემთხვევაში შრეებრიობის მიზეზი არის ხარვეზები ნალექდაგროვებაში. თუ დალექვა წყდება, ნალექი ცვლებადობას განიცდის, მკვრივდება, დალექვის განახლებისას ახლადწარმოქმნილი ნალექი ველარ ერწყმის ძველს და მათ შორის გამყოფი ზოლი რჩება. არჩევენ უხეშშრეებრივი, სქელშრეებრივი, თხელშრეებრივი ტექსტურის მქონე დანალექ ქანებს. შრეებრიობა უმეტეს შემთხვევაში პორიზონტალურია, როდესაც ნალექწარმოქმნა ხდება წყლის აუზის ცენტრულ, გაშლილ ნაწილში. სანაპირო ზოლებში, მდინარის შესართავებში, დელტებში და სხვაგან, სადაც ადგილი აქვს წყლის დინებას, ხშირად წარმოიქმნება



ნახ. V.2. ა—პორიზონტალური შრეებრიობა, ბ—ირიბი შრეებრიობა.

ირიბი ან ხლართული შრეებრიობა, რომელიც თარაზული სიბრტყის მიმართ გარკვეული კუთხით არის განლაგებული და ასახავს წყლის ნაკადის ძალის კვალს ნალექდაგროვების დროს (ნახ. V.2).

რადგან დანალექი ქანები დედამიწის ზედაპირისათვის დამახასიათებელ თერმოდინამიკურ გარემოში წარმოიქმნება, მათ საერთო იერზე არსებით გავლენას ახდენს კლიმატური ფაქტორი. მაგალითად, ორგანოგენული კირქვების დალექვა მხოლოდ თბილი ჰაერის პირობებში ხდება.

დანალექი ქანების ერთ-ერთ ძირითად ნიშანთვისებას წარმოადგენს იმ მცენარეული და ცხოველური ნაშთების შემცველობა, რომლებიც ცხოვრობდნენ ქანების წარმოქმნის პერიოდში. განამარხებული მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმები წარმოადგენენ მნიშვნელოვან დასაყრდენს ქანების შეფარდებითი ასაკის განსაზღვრისათვის, რასაც არსებითი მნიშვნელობა აქვს გეოლოგიაში.

V.2. მემანიკური ანუ ნაშვარევი ქანები

ნამტვრევი ქანებისათვის არსებობს ნატეხის ზომა, მისი ხარისხი და ცემენტის ხასიათი. ეს ნიშანთვისებები განსაზღვრავს ნამტვრევი ქანების ისეთ მნიშვნელოვან საინჟინრო-გეოლოგიურ მაჩვენებლებს, როგორცაა ფორიანობა, სიმტკიცე, წყალგამტარობა და სხვა.

ნამტვრევ ქანებს შემადგენელი ნატეხების ზომების მიხედვით ჰყოფენ ოთხ ჯგუფად: 1. მსხვილნამტვრევი, ანუ ფსეფიტური ქანები (კონგლომერატი, ბრეჩია და სხვა), 2. საშუალონამტვრევი, ანუ ფსამიტური (ქვიშაქვები), 3. წვრილნამტვრევი ანუ ალევრიტული (ალევროლითი, ლიოსი და სხვა), 4. წმინდანამტვრევი ქანები (თიხები). აღსანიშნავია, რომ თიხები და საერთოდ თიხოვანი ქანები საშუალო ადგალს იკავებს ტიპურ ნამტვრევ და ქიმიური გზით წარმოშობილ ქანებს შორის.

ნამტვრევი ქანებიდან ფართოდაა გავრცელებული ქვიშაქვები. ცემენტის რავარობის მიხედვით არჩევენ კაჟიან, რკინიან, კირქვიან, თიხიან და სხვა ქვიშაქვებს. ქვიშაქვის ფერი დამოკიდებულია ძირითადად შემადგენლებელი ნივთიერების ფერზე. მაგალითად, რკინიან ქვიშაქვებს მოყვითალო-ყანგისფერი გადაკრავს, კაჟიანი ქვიშაქვები ხშირად მოვარდისფრო ან ზორცისფერია, კირქვიანი ქვიშაქვები — თეთრი და ა. შ. შემადგენლებელი ნივთიერების რავარობის მიხედვით ქვიშაქვების მექანიკური სიმტკიცე ფართო ინტერვალებში ცვალებადობს. სიმტკიცეზე გავლენას ახდენს აგრეთვე მარცვლების სიდიდე, ფორმა და დამრგვალების ხარისხი. ყველაზე მაღალი სიმტკიცე გააჩნია კვარციან და კაჟის ცემენტის მქონე ქვიშაქვებს. ყველაზე რბი-

ლია თიხიანი და თაბაშირიანი ქვიშაქვები. მაღალი სიმტკიცის ქვიშაქვებს ფართოდ იყენებენ მშენებლობაში, როგორც სამშენებლო მასალას.

წმინდანამტვრევი ქანების აგებულებაში მონაწილეობს მტვრისებრი ანუ პელიტური (0,05—0,005 მმ) და თიხური მასალა (0,005 მმ-ზე ნაკლები).

მტვრისებრი ნაწილაკებისაგან შედგენილი ქანების ყველაზე ტიპური და გავრცელებული წარმომადგენელია ლიოზი. იგი სუსტად შეცემენტებული ქანია, მოყვითალო-მონაცრისფრო, შრეებრიობა არ ახასიათებს. მის შედგენილობაში უმთავრეს როლს ასრულებს თიხოვანი მინერალი კაოლინტი, კვარცის დაკუთხული მარცვლები და კალციუმის კარბონატი, რომლის შემცველობა რიგ შემთხვევაში საერთო მასის 30% შეადგენს. ლიოსისათვის დამახასიათებელია მაღალი ფორიანობა; ამასთან, ფორების ზომები დიდი. იგი თუმცა რბილი ქანია და ადვილად მუშავდება, მაგრამ მშრალ მდგომარეობაში საკმაოდ მდგრადია, გაშიშვლებებში ვერტიკალურ კედლებს წარმოშობს. ლიოსზე მკვეთრ გავლენას ახდენს წყალი. გაწყლიანებისას მისი აღნაგობა ირღვევა და ლიოსი სწრაფ დეფორმაციას განიცდის — ჯდება, მასში ჩნდება ნაპრალები და ხშირია შემთხვევა, როდესაც ლიოსებზე აგებული ნაგებობა მწყობრიდან გამოდის. ლიოსი დედამიწის ზედაპირზე ფართოდ გავრცელებული ქანია. არსებობს ლიოსისმავგარი ქანებიც, რომლებიც გარეგნული იერით ლიოსებს ჰგვანან, თუმცა ლიოსისთვის დამახასიათებელი ყველა ნიშანთვისება არ გააჩნიათ. უფრო დეტალურად ლიოსური ქანები XXXIV თავშია აღწერილი.

თიხები დანალექ ქანებში ყველაზე გავრცელებული წვრილმარცვლოვანი ქანებია. მათ შედგენილობაში შედიან ქანების დაშლის უწყრილესი პროდუქტები, რომელთა შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს ძირითადად კაოლინტისა და მონტმორილონიტის ჯგუფის თიხოვან მინერალებს. თიხები და თიხოვანი ქანები თვისებებით მკვეთრად განსხვავდება სხვა ტიპის ქანებისაგან. მშრალ მდგომარეობაში თიხა მკვრივი, ფხვნილში ადვილად გარდამავალი ქანია, სველ მდგომარეობაში კი მისთვის დამახასიათებელია პლასტიკურობა, რომელიც გამოიხატება გარე ძალის ზემოქმედებით ფორმის შეცვლისა და ძალის მოხსნის შემდეგ — ამ ფორმის შენარჩუნების უნარში. თიხის პლასტიკურობა ვლინდება ტენიანობის გარკვეულ ინტერვალებში. რაც უფრო მეტი რაოდენობით არის თიხოვანი წვრილდისპერსიული მასალა ქანში, მით უფრო მეტია მისი პლასტიკურობის უნარი.

თიხა, ნაწილაკების დიდი ჯამური ხვედრითი ზედაპირის გამო, მაღალი ფორიანობით ხასიათდება. თუმცა ფორების ზომები იმდენად მცირეა, რომ მათში წყალი თითქმის ვერ აღწევს, ამიტომ თიხა პრაქტიკულად

წყალგაუმტარ ქანად ითვლება. თიხების ზოგიერთ სახესხვაობას აქვს წყლის შთანთქმის უნარი, რის გამოც ისინი მოცულობაში მატულობენ — იჯირჯევიან. მალალი ტემპერატურის ზემოქმედებით პლასტიკური თიხები მკვრივდება და მათი სიმტკიცე მკვეთრად მატულობს; ეს თვისება მათ უმნიშვნელოვანეს სამშენებლო ნედლეულად აქცევს.

მინერალური შედგენილობის მიხედვით არჩევენ თიხების რამდენიმე სახესხვაობას. ყველაზე უფრო გავრცელებული და პრაქტიკული მიზნებისათვის გამოსადეგია კაოლინიტური და მონტმორილონიტური თიხები.

კაოლინიტური თიხების შედგენილობაში მთავარ როლს ასრულებს მეორეული თიხოვანი მინერალი კაოლინიტი. ასეთი თიხები უმეტესად თეთრი ან მოყვითალო-მოთეთროა. ისინი გამოირჩევა მცირე სიბლანტითა და პლასტიკურობით, აქვთ ცეცხლგამძლეობის მაღალი უნარი. მათ დიდი განოყენება აქვთ კერამიკულ წარმოებაში, სუფთა კაოლინიტური თიხები ფაიფურის წარმოების ძირითადი ნედლეულია.

მონტმორილონიტური თიხები თვალსაჩინოდ განსხვავდება კაოლინიტური თიხებისაგან როგორც ქიმიური, ასევე მინერალური შედგენილობითა და ფიზიკური თვისებებით. მათი ძირითადი შემადგენელი ნაწილია თიხოვანი მინერალი მონტმორილონიტი. ეს თიხები მაგნიუმისა და კალციუმის შედარებით დიდ რაოდენობას შეიცავს. აქვს სხვადასხვა ზეთების, ცხიმების, ნავთობის მინარევების შთანთქმის უნარი. ამ ტიპის თიხების სახესხვაობებია ე. წ. მათეთრებელი თიხები. კაოლინიტური თიხებისაგან განსხვავებით, მონტმორილონიტური თიხები ხასიათდება წყალშთანთქმისა და გაჯირჯევის დიდი უნარით და მაღალი პლასტიკურობით. ამ თიხებს იყენებენ მრეწველობის მთელ რიგ დარგებში.

თიხები წვრილმარცვლოვან ქვიშებთან მთელი რიგი გარდამავალი ტიპის ქანებით არიან დაკავშირებული. ასეთებია: თიხიანი ქვიშა, ქვიშნარი, თიხნარი, ქვიშიანი თიხა. ქანის ზემოაღნიშნული ესა თუ ის ტიპი განისაზღვრება მათში შემავალი თიხის ან ქვიშის პროცენტული რაოდენობით. მაგალითად, ქვიშნარი ისეთი ქანია, რომელშიც თიხის ნაწილაკების რაოდენობა 12%-მდე აღწევს, დანარჩენს კი ქვიშისა და მტვრისებრი ფრაქცია შეადგენს, ამასთან, სჭარბობს ქვიშის ფრაქცია. თიხნარში კი თიხოვანი მასალის შემცველობა 30%-მდე აღწევს, რის გამოც იგი თვისებებით თიხას უახლოვდება, თუმცა წმინდა თიხის თვისებები მასში შედარებით სუსტად არის გამოხატული.

თიხები, თიხოვანი ქანები და მათი სახესხვაობანი დედამიწის ზედაპირზე ფართოდაა გავრცელებული და მთლიანად აღებული დანალექი ქანების 60%-ზე მეტია.

ქიმიური ნალექების წარმოქმნა დაკავშირებულია თანამედროვე ან ძველ დახშულ ზღვიურ აუზებთან. ზღვის წყლის მაღალი კონცენტრაციის პირობებში მასში გახსნილი ნივთიერებები გამოილექება. ამ გამოლექვის თანამიმდევრობა დამოკიდებულია გახსნილი ნივთიერების შეფარდებით რაოდენობაზე, ამ ნივთიერებათა ურთიერთგავლენაზე და მათი ხსნადობის სიდიდეზე.

ქიმიური წარმოშობის დანალექი ქანების ყველაზე უფრო გავრცელებული სახესხვაობანი შეიძლება გავაერთიანოთ სამ ჯგუფში: კარბონატული, სულფატური და ქლორიდული ქანები.

ქიმიური წარმოშობის კარბონატული ქანის მაგალითად შეიძლება დავასახელოთ კირქვების ერთ-ერთი სახესხვაობა — ოლითური კირქვა, რომელიც ნახშირმჟავა კალციუმის წვრილი ბურთულეებისაგან (ოლითებისაგან) შედგება. რაც შეეხება საკუთრივ კირქვას, იგი ორგანოგენული წარმოშობის ქანია და მას შემდეგ შევხებით.

დოლომიტი მონომინერალური კარბონატული ქანია, რომელიც მინერალ დოლომიტის $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ შემცველობა 90% აღემატება. დანარჩენს შეადგენს კალციტი. თუ დოლომიტის შემცველობა ქანში 50—90%-ია, მაშინ ქანს კირქვიან დოლომიტს უწოდებენ, ხოლო თუ 50%-ზე ნაკლებია — დოლომიტურ კირქვას. დოლომიტი ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული ქანია და უმეტესად კირქვასთან ერთად გვხვდება. ჩვეულებრივი კირქვა ზოგჯერ დოლომიტისა ციას განიცდის, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ ქანში არსებული CaCO_3 -ის ნაწილი ჩანაცვლებულია MgCO_3 -ით. დოლომიტი თეთრი-მოყვითალო ან მონაცრისფრო ქანია, მრავალგვარი სტრუქტურით და ტექსტურით. ხშირია დოლომიტის კრისტალურმარცვლოვანი სახესხვაობა, რომელიც გარეგნულად შექარს წააგავს. გვხვდება ქვიშაქვისმავგარი, ფხვიერი, ფქვილისებრი და სხვა სტრუქტურის დოლომიტი. გარეგნულად დოლომიტი კირქვისაგან ძნელი გასარჩევია, თუმცა განმასხვავებელი ნიშანთვისება ის არის, რომ კირქვა მარილმჟავას დასხმისას აშუშუნდება, დოლომიტზე კი მოქმედებს მხოლოდ გაცხელებული მარილმჟავა. გამოფიტვისას დოლომიტი გადადის დამახასიათებელ ფხვიერ სახესხვაობაში, ე. წ. დოლომიტის ფქვილში. დოლომიტს ფართო პრაქტიკული გამოყენება აქვს ცეცხლგამძლე ნაკეთობათა დასამზადებლად, მეტალური მაგნიუმის მისაღებად, შავ მეტალურგიაში, მშენებლობაში — მაგნიზიური ცემენტის მისაღებად, მინისა და კერამიკულ წარმოებაში და სხვა.

სულფატური ქანებიდან აღსანიშნავია ანჰიდრიტი და თაბაშირი, რომლებიც ამავე სახელწოდების მინერალებისაგან შედგება. ანჰიდრიტი უმეტეს შემთხვევაში საკმაოდ მკვრივი, თეთრი, ზოგჯერ მორუხო, მოწითალო ან მოლურჯო ფერის ქანია, მიწის ზედაპირზე იშვიათად გვხვდება, რადგან ზედაპირული ან მიწისქვეშა წყლების ზემოქმედებით ადვილად გადადის თაბაშირში. თაბაშირი მარცვლოვან-კრისტალური აგებულების ქანია, იშვიათად ბოჭკოვანი, უმეტესად თეთრი ფერის, რომელიც მინარეგების გამო ზოგჯერ სხვადასხვა ფერს ღებულობს, წარმოქმნის ბუდობებს, ლინზებს, შუაშრეებს, ხშირად გვხვდება თიხასთან, ქვიშაქვასთან, ანჰიდრიტთან ერთად. იგი მშენებლობაში საკმაოდ ფართოდ გამოიყენება.

ქლორიდული ქანების წარმომადგენელია ჰალიტი ანუ ქვამარილი. იგი მონომინერალური ქანია, შედგება ამავე სახელწოდების მინერალისაგან. წარმოქმნის მარცვლოვანი ან კრისტალური აგებულების შრეებრივ ბუდობებს. ხშირად მასთან ერთად გვხვდება ანჰიდრიტი, აგრეთვე სილვიანი ანუ ქლორიანი კალიუმი.

ქიმიურად დანალექი ქანების ჯგუფში აერთიანებენ აგრეთვე ბოქსიტებს. ისინი სხვადასხვა ელფერის მქონე უმეტესად მოწითალო ფერის ოოლითური ქანებია, რომელშიაც Al_2O_3 -ს შემცველობა 66% აღწევს. ბოქსიტები ალუმინის ძირითადი მადანია.

სუბტროპიკული და განსაკუთრებით ტროპიკული ჰავის პირობებში თიხამიწის შემცველი მაგმური და სხვა ქანების გარდაქმნის პროდუქტია ლატერიტები, ანუ წითელი მიწები. ლატერიტებში გამორეცხილია ტუტე, ტუტემიწა ლითონები და აგრეთვე კაჟმიწა. ისინი მდიდარია რკინისა და ალუმინის ქანგებით. ზოგჯერ ლატერიტებს იყენებენ ალუმინის მისაღებად.

7.4. ორგანოგენული დანალექი ქანები

ორგანოგენული ქანების წარმოქმნაში მონაწილეობენ ცხოველური ან მცენარეული ორგანიზმები. ზღვაში მცხოვრები ორგანიზმების უმეტესობას, როგორც დიდს, აგრეთვე მიკროსკოპულს, აქვს ჩონჩხი, რომლის ამგებ მასალას წარმოადგენს ზღვის წყალში გახსნილი ნახშირმეჟა კალციუმი და კაჟმიწა. ორგანიზმთა სიკვდილის შემდეგ ჩონჩხი და ნიჟარები ფსკერზე ილექება. ეს მასალა დალექვის შემდეგ რთულ გარდაქმნებს განიცდის: გადაკრისტალებას, გამკვრივებას, ქიმიურ ურთიერთქმედებას და ა. შ. და საბოლოოდ ღებულობს ქანის იერს.

ორგანოგენული ქანები წარმოშობის მიხედვით შეიძლება გაერთიანდეს ორ ჯგუფში—ზოოგენური, როდესაც ქანების წარმოქმნაში ცხოველური ორგანიზმების ნაშთები მონაწილეობს, და ფიტოგენური—ქანები, წარმოქმნილი მცენარეული ორგანიზმების ხარჯზე. პირველი ჯგუფის ქანებიდან შეიძლება დავასახელოთ: კირქვა, დოლომიტი, ცარცი და სხვა. ფიტოგენურ ქანებს ეკუთვნის: დიატომიტი, ქვანახშირი, ტორფი.

კირქვა წარმოადგენს მკვრივ, მონომინერალურ ქანს, რომელიც კალციტისაგან არის შემდგარი. სხვა მინერალი მხოლოდ შემთხვევითი ჩანარების სახით გვხვდება. სუფთა კირქვები თეთრი ფერისაა, თუმცა ხშირად მოყვითალო ან მონაცრისფროა. კირქვებს სხვა ნებისმიერი ფერიც შეიძლება ჰქონდეს იმის მიხედვით, თუ რა მინარევებია მათში. მაგალითად, ორგანული ნივთიერებების ჭარბი შემცველობისას ისინი მუქი ნაცრისფერი, ზოგჯერ კი მოშავო ფერისაა. ორგანული კირქვები უმეტესად მასიურია და არ გააჩნია ზრეებრიობის ნიშნები, ზოგიერთი კირქვა ძლიერ წმინდა მასალისაგან შედგება და თანაბარმარცვლოვანი სტრუქტურით ხასიათდება (ლითოგრაფიული ქვა). სტრუქტურის მიხედვით კირქვა მრავალფეროვანია: მსხვილმარცვლოვანი, საშუალომარცვლოვანი, წვრილმარცვლოვანი, არათანაბარმარცვლოვანი, მიწისებრი, ოლითური. ტექსტურული ნიშანთვისებების მიხედვით კი აღსანიშნავია მკვრივი, წვრილფოროვანი, მსხვილფოროვანი, კავერნული კირქვები. კირქვებში არჩევენ ფხვიერ და შეცემენტებულ სახესხვაობებსაც. ხშირად ცემენტის როლს თამაშობს კაჟმიწა, რკინის შენაერთები და სხვადასხვა ბიტუმები. კირქვაში მინარევების სახით ყველაზე ხშირად არის თიხა და ქვიშა. თიხის შემცველობა კირქვის მექანიკურ თვისებებს აქვეითებს. ნახშირმყავა მაგნიუმის და კაჟმიწის შემცველობა კი, პირიქით, დადებით გავლენას ახდენს კირქვების სამშენებლო თვისებებზე, რადგან ამ შემთხვევაში კირქვების გამოფიტვის ფაქტორებისადმი წინააღმდეგობის უნარი და სიმტკიცე მატულობს. კირქვების სხვადასხვა სტრუქტურულ-ტექსტურული სახე და ნაირგვარი შენაერთების არსებობა განაპირობებს მათ მრავალფეროვნებას როგორც გარეგნული იერით, ასევე ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მხრივ. ზოგჯერ კირქვაში ამა თუ იმ სახით შემონახულია ორგანიზმების ნაშთები. მაგალითად, ცნობილია ნიჟარებიანი, მარჯნიანი, ღრუბლებიანი, ნუმულიტიანი და სხვა კირქვები. უმეტეს შემთხვევაში, ქანის ჩამოყალიბების პროცესში მომხდარი გადაკრისტალების გამო, კირქვების პირველადი წარმოშობის კვალი მეტნაკლებად იკარგება.

კირქვები წყლის მოქმედების ზეგავლენით, განსაკუთრებით თუ წყალში გახსნილია ნახშირორჟანგი, ქიმიურად იხსნება, წყლის მოძრა-

ობის გზები თანდათანობით ფართოვდება და ხშირად კირქვიან მასივში წარმოიქმნება დიდი ზომის სიცარიელებები.

კირქვის სახესხვაობას წარმოადგენს კირქვის ტუფი, რომელიც წარმოიქმნება ნახშირორჟანგით მდიდარი წყლიდან კალციტის გამოლექვის შედეგად. იგი ხასიათდება მაღალი ფორისნობით, სიმსუბუქით, მაგრამ ამასთანავე კარგი მექანიკური თვისებები აქვს. ამიტომ ხშირად გამოიყენება როგორც სამშენებლო, დეკორატიული ქვა.

კირქვები ბუნებაში ფართოდაა გავრცელებული. მაგალითად, სსრკავშირის ევროპულ ნაწილში კირქვები გვხვდება თითქმის ყველა გეოლოგიური ასაკის წარმონაქმნებში. ისინი მძლავრი შრეების სახითაა გავრცელებული დიდ ფართობზე. კირქვა წარმოადგენს ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს სასარგებლო წიაღისეულს. ის გამოიყენება მშენებლობაში, სოფლის მეურნეობაში, მეტალურგიაში და სხვაგან. მიუხედავად ფართო გავრცელებისა, ხარისხობრივად კარგი სახესხვაობების შერჩევა საკმაოდ ძნელია, რადგან მრეწველობის სხვადასხვა დარგი მას სრულიად სხვადასხვა მოთხოვნას უყენებს. კირქვების ნაგებობათა საფუძვლად გამოყენების დროს საჭიროა ყურადღება მიექცეს მიწისქვეშა წყლების მიერ მათი გამოტუტვის უნარს. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ამ მომენტის გათვალისწინება ჰიდროტექნიკური მშენებლობის დროს.

ცარცი იმავე შედგენილობისაა, როგორისაც კირქვა, განსხვავდება მისგან მხოლოდ ნაკლები სიმტკიცით. მისი წარმოშობა დაკავშირებულია მიკროსკოპული ზომის ცოცხალი ორგანიზმების — ფორამინიფერების ნიჟარების დალექვასთან. წყლის გავლენით იგი რბილდება. ხშირად წარმოქმნის მძლავრ წყებებს, რომლებიც მნიშვნელოვან სივრცეებს იკავებენ. ცარცი გამოიყენება კირის მისაღებად, ქიმიურ მრეწველობაში, საღებავების წარმოებაში და სხვაგან.

დიატომიტი ფიტოგენურ, ორგანოგენულ ქანს წარმოადგენს. მის შემადგენლობაში 80—95% შეადგენს კაჟმიწა, რომელიც მიკროსკოპული ზომის წყალმცენარეების ლეროების მინერალური ნაწილია. დიატომიტი გვხვდება ფხვიერი ან სუსტად შეცემენტებული სახით. რბილი ქანია, ფორიანი, თეთრი ან მოყვითალო ფერის, გარეგნულად ცარცს წააგავს, შეიცავს მცირე რაოდენობით თიხოვან მასალას, აგრეთვე ნამტკრევეებს. დიატომიტი გამოიყენება როგორც სამშენებლო მასალა, ცეცხლგამძლე აგურის წარმოებაში. გააჩნია კარგი საიზოლაციო თვისებები.

კაუსტობიოლითები ორგანოგენული ქანების გავრცელებული ჯგუფია, რომელშიც გაერთიანებულია სახალხო-სამეურნეო თვალსაზრისით ისეთი მნიშვნელოვანი საწვავი სასარგებლო ნამარხები, როგორიცაა ნავთობი, ქვანახშირი, საწვავი ფიქლები და ტორფი.

ამასთან, საინჟინრო ნაგებობასთან ურთიერთობის თვალსაზრისით შეიძლება საყურადღებო იყოს მხოლოდ ტორფი, რომელიც მაღალფორიანი და ტენიანი ქანია. ხასიათდება სუსტი მექანიკური თვისებებით და, როგორც ნაგებობის საფუძველი ან სამშენებლო მასალა, ძალიან არაახელსაყრელია. ამის მიუხედავად, ჩვენს ქვეყანაში ტორფიანი ფართობების დიდი გავრცელების გამო, ასეთ ტერიტორიებზე ტარდება დიდი მასშტაბის სამშენებლო სამუშაოები ახალი, პროგრესული მეთოდების გამოყენებით. ფართოდ გამოიყენება, მაგალითად, ხიმინჯებიანი საძირკველი.

ქიმიური და ორგანოგენული ქანები წარმოშობის პირობების თვალსაზრისით ძლიერ ახლოს დგას ერთმანეთთან და ხშირად მათ შორის მკვეთრი საზღვრის გატარება შეუძლებელია. ამ მხრივ განსაკუთრებით საყურადღებოა კირქვები, რომელნიც წარმოშობის მიხედვით შეიძლება იყოს როგორც ქიმიური, ასევე ორგანოგენული.

არსებობს ისეთი შერეული წარმოშობის ქანებიც, რომელთა შედგენილობაში მასალის ნაწილი მექანიკური, ხოლო ნაწილი — ორგანული, ან ქიმიური წარმოშობისაა. აქეთი ქანების ტიპური წარმომადგენელია მერგელი, რომელსაც შუალედი ადგილი უკავია კირქვასა და თიხას შორის. როცა კირქვაში თიხოვანი ნაწილაკების რაოდენობა 5—15%-ია, მას უწოდებენ მერგელოვან კირქვას. თიხის რაოდენობის შემდგომი გაზრდისას, დაახლოებით 70—80%-მდე, ქანი მერგელის სახელწოდებას ატარებს. უფრო მეტა რაოდენობის თიხის შემცველობისას კი ქანი კირქვიანი ან ნერგელოვანი თიხაა. მერგელი სხვადასხვა შეფერილობით ხასიათდება. მისი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები მჭიდრო კავშირშია თიხოვანი მინარევის რაოდენობასთან. მერგელი პერიოდული დასველებით და გამრობით ნაპრალიანდება, იშლება და ზოგჯერ მიწისებრ მასად იქცევა. როგორც სამშენებლო ქვა. მერგელი ნაკლებად იხმარება. მას იყენებენ პორტლანდცემენტის დამზადებლად.

VI თავი

მეტამორფული ქანები

VI.1. მეტამორფული ქანების წარმოქმნის პირობები

მეტამორფიზმი არის მაგმური ან დანალექი ქანების გარდაქმნა მიწის ქერქის სიღრმეში მიმდინარე პროცესების ზეგავლენით. მეტამორფიზმი გულისხმობს მყარ მდგომარეობაში ქანების გარდაქმნას მალა-

ლი ტემპერატურის და წნევის პირობებში. ამ დროს ადგილი აქვს ქანის პირველადი აღნაგობის, მისი ქიმიური და მინერალური შედგენილობის შეცვლას. შეცვლის ხასიათი შეიძლება იყოს სხვადასხვანაირი, დაწყებული ქანის უბრალო გამკვრივებით და დამთავრებული ნის შედგენილობაში მყოფი მინერალების სრული გადაკრისტალებით.

ნათელია, რომ მეტამორფული ქანები მეორეული ქანებია. მათი პირველადი-მაგმური ან დანალექი წარმოშობისათვის დამახასიათებელი ნიშანთვისებანი შენიღბული ან სავსებით გამჭრალაია. მეტამორფიზმის მკვეთრი გავლენა უფრო მეტად დანალექ ქანებში შეიმჩნევა, რადგან მაგმური ქანები სიღრმეში მიმდინარე პროცესებს უფრო ადვილად ეგუებიან წარმოშობის პირობების სიღრმული ბუნების გამო.

მეტამორფიზმის პროცესი სხვადასხვა სახისაა: კონტაქტური მეტამორფიზმი ეწოდება ქანების (უმთავრესად დანალექი ქანების) შეცვლას შეხების ზოლის გასწვრივ მაღალტემპერატურული მაგმის შექრისას. დიდ სიღრმეზე ქანების ჩაძირვისას მეტამორფიზმს გავლენას განიცდიან ფართო გავრცელების მქონე ქანების მძლავრი წყებები. ასეთი მეტამორფიზმი რეგიონალური მეტამორფიზმის სახელითაა ცნობილი. სიღრმეში წნევის მნიშვნელოვანი გაზრდით გამოწვეული ქანების სახეცვლის პროცესი ცნობილია დინამომეტამორფიზმის სახელწოდებით.

მეტამორფულ ქანებს წოლის რაიმე განსაკუთრებული ფორმები არ ახასიათებთ, რადგან ამ დროს ყველა სახეცვლილი ქანი ძირითადად ინარჩუნებს თავის საწყის სივრცობრივ მდებარეობას.

სტრუქტურული ნიშანთვისებით მეტამორფული ქანები განსხვავდებიან სხვა ქანებისაგან. ყველაზე გავრცელებულ სტრუქტურულ ტიპს წარმოადგენს კრისტალურ-მარცვლოვანი სტრუქტურა. ამ შემთხვევაში მისი წარმოქმნა დაკავშირებულია არა მაგმის გაცივებასთან, არამედ ქანების მყარ მდგომარეობაში გადაკრისტალებასთან.

ტექსტურით მეტამორფული ქანები თვალსაჩინოდ განსხვავდებიან სხვა ქანებისაგან. ტექსტურა საკმაოდ საიმედო მაკროსკოპული ნიშანთვისებაა მეტამორფული ქანების გამოსაცნობად. ყველაზე გავრცელებულია ფიქლებრივი ტექსტურა, რომელიც გამოხატულებას პოულობს ქანების ცალკეულ თხელ შრეებად, ფურცლებად დაშლის უნარში. მეტამორფულ ქანებში ფიქლებრიობის წარმოშობა დაკავშირებულია კრისტალების ორიენტაციასთან მაღალი წნევის გავლენით. გარდა აღნიშნულისა, მეტამორფული ქანებისათვის დამახასიათებელია ზოლებრივი, გნეისური, წვრილნაოქა, ბოჭკოსმაგვარი და მასიური ტექსტურები.

ტემპერატურისა და წნევის გავლენა სიღრმის გაზრდასთან ერთად მატულობს, ამის შესაბამისად მატულობს ქანების მეტამორფიზმის ხარისხიც. ამრიგად, ერთი და იგივე შედგენილობის საწყისი ქანებიდან შეიძლება მივიღოთ მეტამორფიზმის სხვადასხვა ხარისხის მქონე მეორეული ქანები. მაგალითისათვის შეიძლება მოვიყვანოთ ჩვეულებრივი თიხოვანი ქანის მეტამორფიზმის სხვადასხვა სტადია. წნევის გავლენით თიხა გადაიქცევა თიხა-ფიქლადა. ეს გადასვლა გულისხმობს თიხოვანი ქანის გამკვრივებას ფორიანობის შემცირების ხარჯზე მინერალური შედგენილობის შეუცვლელად. თიხა-ფიქლები თიხოვანი ქანების მეტამორფიზმის პირველი და ყველაზე მარტივი ეტაპია. წნევისა და ტემპერატურის შემდგომი გაზრდა იწვევს თიხა-ფიქლების აღნაგობისა და შედგენილობის არსებით ცვლილებას. წარმოიშობა ფიქლები ანუ თიხიან-ქარსიანი ფიქლები — თხელ-ფიქლებრივი ქანები, რომელთაც აქვთ შავი, მუქი ნაცრისფერი ან მწვანე ფერი. ზოგჯერ ამ ქანებს იდეალური ფიქლებრიობა ახასიათებს და მათ სახურავ ფიქლებს უწოდებენ. თიხების მეტამორფიზმის შემდეგ სტადიად შეიძლება ჩაითვალოს კრისტალური ფიქლების წარმოქმნა. მათ სრულკრისტალური აგებულება აქვთ. კრისტალური ფიქლები მიიღება როგორც დანალექი, ასევე მაგმური ქანების მეტამორფიზმის შედეგად. საკმაოდ გავრცელებულ მეტამორფულ ქანს წარმოადგენს ქარსიანი ფიქალი, რომელშიც უმთავრესად შედის ქარსი და კვარცი, აგრეთვე ქლორიტი. კვარცი თვალთქონილად შესამჩნევია. ქარსის ქერცლების ურთიერთპარალელური განლაგების გამო ამ ქანებში ფიქლებრიობა მკაფიოდ არის გამოხატული და ის ცალკეულ თხელ ფირფიტებად ადვილად იშლება. არჩევენ აგრეთვე ქლორიტულ, ტალკიან და სხვა ფიქალს.

როგორც დანალექი, ასევე მაგმური ქანების მეტამორფიზმის საბოლოო სტადიად გნეისი ითვლება. დანალექი ქანების, კერძოდ თიხა-ფიქლების მეტამორფიზმის შედეგად პარაგნეისი წარმოიშობა, ხოლო მაგმური ქანის, უმთავრესად გრანიტის, მეტამორფიზმის საბოლოო პროდუქტია ორთოგნეისი.

გნეისი მეტად გავრცელებული მეტამორფული ქანია. იგი მკვრივი, კრისტალური, მოთეთრო-ნაცრისფერი ან მოწითალო ქანია. გრანიტის მსგავსად, გნეისი შედგება მინდვრის შპატის, კვარცისა და მუქი მინერალებისაგან. გნეისისათვის დამახასიათებელია ფიქლებრივი ან ზოლებრივი ტექსტურა. ფიქლებრიობა მის სამშენებლო თვისებებს აქვეითებს. თხელი ფიქლებრივი გნეისები ადვილად იფიტებიან. კვარცის სიჭარბე გნეისის მექანიკურ თვისებებს ზრდის.

მარმარილო ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული ქანია, რომელსაც სამშენებლო საქმეში დიდი და მრავალმხრივი გამოყენება აქვს. იგი წარმოადგენს კირქვებისა და დოლომიტების მეტამორფიზმის პროდუქტს. მარმარილო კრისტალურ-მარცვლოვანი, მასიური ტექსტურის მქონე ქანია, რომელიც კალციტის ან დოლომიტისაგან არის შემდგარი. იგი ადვილად მუშავდება, იშლიფება და ფერების სიჭრელე მას საუკეთესო დეკორატიულ ქვად ხდის.

კვარციტი შედგება კვარცის მარცვლებისაგან, რომლებიც კვარცისავე ცემენტით არის შეკავშირებული. იგი ძალიან მკვრივი, მარცვლოვანი ან მონოლითური აგებულების ქანია. უმეტესად ღია ფერისაა. კვარციტი ეწოდება აგრეთვე კაჟის ცემენტის მქონე წვრილ-მარცვლოვან კვარციან ქვიშაქვებს.

VII თავი

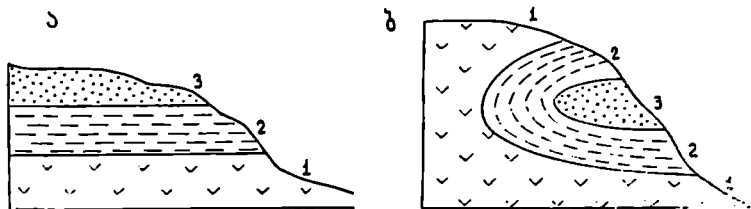
გეოლოგიური ქრონოლოგია

VII.1. ქანების აბსოლუტური და შეფარდავითი ასაკი

ქანების ასაკის განსაზღვრას დიდი მნიშვნელობა აქვს გეოლოგიურ კვლევებში. სხვადასხვა დროს წარმოშობილ ქანებს განსხვავებული მდებარეობა, შედგენილობა და თვისებები აქვთ. არჩევენ ქანების აბსოლუტურ და შეფარდებით ასაკს. აბსოლუტური ასაკი გვიჩვენებს, თუ დაახლოებით რამდენი წელი გავიდა ქანის წარმოქმნის დროიდან. აბსოლუტური ასაკის დადგენა ხდება რადიოაქტიური მეთოდებით. ეს მეთოდები დაფუძნებულია ქანებში შემავალ ზოგიერთ ქიმიურ ელემენტში მიმდინარე რადიოაქტიური გარდაქმნის პროცესების გამოყენებაზე. ასეთი ელემენტებია კალიუმი, რუბიდიუმი, არგონი და სხვა. ბოლო ხანებში აბსოლუტური ასაკის დადგენის საქმეში დიდი გამოყენება პოვა ნახშირბადის იზოტოპებმა. რა თქმა უნდა, ასაკის ზუსტად განსაზღვრა პრაქტიკულად შეუძლებელია, მაგრამ ამ მეთოდების გამოყენებამ მნიშვნელოვნად შეუწყო ხელი გეოლოგიის ბევრი საკვანძო საკითხის გადაწყვეტას. ქანების აბსოლუტური ასაკის მაჩვენებლები შეტანილია გეოქრონოლოგიურ ცხრილში (ცხრილი VII.1).

შეფარდებითი ასაკი მიუთითებს იმაზე, თუ რომელი ქანია წარმოქმნილი უფრო ადრე და რომელი გვიან. შეფარდებითი ასაკის დასადგენად იყენებენ სტრატოგრაფიულ და პალეონტოლოგიურ მეთოდებს.

სტრატოგრაფიული მეთოდი იმაზეა დამყარებული, რომ ჰორიზონ-



ნახ. VII.1. შრეების განლაგება:

ა — პორიზონტალურად განლაგების დროს ქვედა შრეები ზემოთ მდებარე შრეებზე ძველია, ბ — შრეების სივრცული მდებარეობის შეცვლისას ეს სურათი იცვლება.

ტალურად განლაგებულ შრეებში ქვედა შრე უფრო ძველია, ვიდრე ზედა (ნახ. VII. 1 ა). მაგრამ სტრატოგრაფიული მეთოდი ყოველთვის არ გამოდგება, რადგან ბუნებაში შრეები ხშირად არ არიან პირველადი განლაგების მდგომარეობაში. მათი სივრცული მდებარეობა ზოგჯერ მკვეთრად არის შეცვლილი (ნახ. VII. 1. ბ). როგორც ნახაზიდან ჩანს, ასეთ შემთხვევაში შრეების ქვევით ან ზევით განლაგება არ ნიშნავს მათ სიძველესა და სიახლეს.

პალეონტოლოგიური მეთოდით ასაკის დადგენა კი შესაძლებელია შრეების სივრცობრივი მდებარეობისაგან დამოუკიდებლად, ნამარხი ფაუნის შესწავლით. ცოცხალი ორგანიზმების განამარხება იმ შრეებში ხდება, რომლებიც ამ ორგანიზმების ცხოვრების პერიოდში ილექებოდნენ. დედამიწაზე ორგანული სამყაროს განვითარების თანმიმდევრობის ცოდნა ხელს გვიწყობს დანალექი ქანების შეფარდებითი ასაკის განსაზღვრაში. ქანების შეფარდებითი დათარიღების დროს იყენებენ კომბინირებულ პალეონტოლოგიურ-სტრატოგრაფიულ ანუ ბიოსტრატოგრაფიულ მეთოდს, როდესაც ნამარხი ფაუნის გარდა მხედველობაში მიიღება აგრეთვე შრეების განლაგებაც.

VII.2. გეოლოგიური დროის სკალა

დედამიწის არსებობის მთელ მანძილზე მეტნაკლები სისრულით არის შენარჩუნებული ლითოსფეროს განვითარების კვალი. დედამიწის აგებულებაზე ცოდნის სრულყოფამ შესაძლებელი გახადა შედგენილიყო მიწის ქერქის გეოლოგიური განვითარების ისტორიის ამსახველი სკალა, ანუ გეოქრონოლოგიური სკალა, რომელიც დაფუძნებულია დედამიწაზე არსებული გეოლოგიური წარმონაქმნების აბსოლუტურ და შეფარდებით ასაკზე (ცხრილი VII.1). გეოლოგიური ისტორიის დროის თითოეულ მონაკვეთს შეესაბამება ქანების გარ-

ერა (ჯგუფი)	პერიოდი (სისტემა)	დრო მილიონ წლებში ერის ან პერიოდის დაწყებიდან	
კანოზოური (ნეოზოური) KZ	მეოთხეული Q	1—2	
	მესამეული Tr	ნეოგენი N	26
		პალეოგენი P	67
მეზოზოური MZ	ცარცული K	137	
	იურული I	195	
	ტრიასული T	240	
	პერმული P	285	
პალეოზოური PZ	კარბონული C	340	
	დევონური D	410	
	სილურული S	440	
	ორდოვიციული O	500	
	კამბრიული E	570	
პროტეოზოური PR	—	2500	
არქეული AR	—	4000	

ორგანული სამყაროს განვითარების ძირითადი ეტაპები

ძუძუმწოვრების, ფრინველების, თევზების, მწერების გაფურჩქვნის ხანა, ადამიანის წარმოშობა

ფაუნა და ფლორა ახლოს დგას თანამედროვესთან, ჩნდება ადამიანის მსგავსი მიომუნები, პყვიანი ერთუჯრედიანები, ორსაგდულიანი და მუცელფეხიანი მოლუსკები, ფარულთესლიანი მცენარეები, წარმოიშობა ძუძუმწოვართა ახალი ჯგუფები, რომლებიც ჩლიქიანებს, ხორთუმიანებს და მტაცებლებს მიეკუთვნებიან

ვითარდებიან ერთუჯრედიანი ცხოველები — ნუშულიტები, ჩნდება ხორთუმიანები, ცხენის წინაპრები, მარტორქები, ვეშაპები, მიომუნები, ფაოთოდაა გავრცელებული ფარულთესლიანი მცენარეები

ამოწყდება ბელემნიტები, ამონიტები. რუდისტები, გიგანტური ქვეწარმავლები, კბილებიანი ფრინველები, ჩნდება ფარულთესლიანი პიენარეები

ბატონობენ ამონიტები, ბელემნიტები, ორსაგდულიანი მოლუსკები, გიგანტური ქვეწარმავლები და შიშველთესლიანი მცენარეები. ჩნდება რუდისტები, ზღვის ზღარბები, მფრინავი ხელიკები. წარმოიშობა ფრინველები

ჩნდება ექსკიმიანი მარცნები, პირველი ძვლიანი თევზები, უძველესი ძუძუმწოვრები, ნიანგები, კუები, დინოზაურები და სხვა ქვეწარმავლები

ვითარდებიან შიშველთესლიანები, წარმოიშობა ქვეწარმავლები, ამოწყდება ოთხქიმიანი მარცნები, ერთუჯრედიანი ორგანიზმები — ფუზულინიდები, ტრილობიტები

სპოროვანი მცენარეების გაფურჩქვნა, ვითარდება გვიმრანაირები, წარმოიშობა მწერები

ბატონობენ ოთხქიმიანი მარცნები, მხარფეხიანები, ზღვის შროშნები, ჯაფშინანი თევზები, ჩნდება ორგვარადმსუნთქავი თევზები, ხმელეთის პირველი ხერხემლიანები — სტეგოცეფალები, შიშველთესლიანი მცენარეები, გადაშენდება გრაპტოლიტები

ვითარდებიან ტრილობიტები, გრაპტოლიტები, თავფეხიანი მოლუსკები, მხარფეხიანები, ჩნდება ზვიგინისმაგვარი ხრტილიანი და ნამღვილი ჯაფშინანი თევზები, გიგანტური კიბოები

ბატონობენ ტრილობიტები, გრაპტოლიტები, ეკალკანიანები, წყალმცენარეები და ოსილოფიტები. ჩნდება ოთხქიმიანი მარცნები, ზღვის შროშნები, პირველი თევზისმაგვარი ხერხემლიანები

ვითარდებიან ტრილობიტები, არქეოციტები. ჩნდება პრიმიტიული ორსაგდულიანები, თავფეხიანი მოლუსკები, გრაპტოლიტები, მიმაგრებული ეკალკანიანები

ჩნდება უხერხემლო ცხოველთა მრავალი ჯგუფი — ღრუბლები, ნაწლავდრეიანები, კიბები, ეკალკანიანები, ფეხსახსრიანები, მოლუსკები, აგრეთვე წყალმცენარეები

სიკოცხლის ჩასახვა დედამიწაზე, ბაქტერიების, ერთუჯრედიანი ორგანიზმების წარმოშობა

კვეული წყება, რომლის წარმოშობა ამ მონაკვეთში მოხდა. აბსო-
ლუტური დათარიღების მეთოდის გამოყენებით დაზუსტდა დედამიწის
ასაკი. აქამდე მიღებულია, რომ დედამიწის წარმოშობის მომენტიდან
გავიდა 5 მილიარდი წელი.

მიწის ქერქის გეოლოგიური ისტორია ხუთ ერად იყოფა. თითოე-
ული ერის განმავლობაში წარმოშობილ ნალექთა კომპლექსს ჭგუფი
ეწოდება. ერა შეიცავს პერიოდებს, რომელთაც შეესაბამება ნალექე-
ზის გარკვეული შუალედური სისტემა. მაგალითად, ცარცული პერი-
ოდი (ცარცული სისტემა). პერიოდები იყოფა ეპოქებად, ხოლო ეპო-
ქები — საუკუნეებად.

გეოლოგიური დროის ყოველ შუალედს და მის შესაბამის ნალე-
ქებს გააჩნია თავისი სახელწოდება და ინდექსი. მაგალითად, პალე-
ოზოური ერა აღინიშნება — PZ, ნეოგენური პერიოდი — N და ა. შ. ეს
აღნიშვნები და ინდექსები ფართოდ გამოიყენება გეოლოგიური რუ-
კების შედგენის დროს.

VIII თავი

ტექტონიკური მოვლენები

VIII.1. ტექტონიკური მოვლენების ზოგადი დახასიათება

დედამიწის ქერქი განიცდის მუდმივ ცვალებადობას. მასზე ზემოქ-
მედებენ ძალები, რომლებიც იწვევენ მთებისა და ოკეანური ღრმე-
ლების წარმოქმნას, დედამიწის ქერქის ცალკეული უბნების ვერტი-
კალურ და ჰორიზონტალურ გადაადგილებას, ქანების შრეების დანა-
ოჭება-დაწყვეტას. ასე გამოვლინდება დედამიწის შიგა დინამიკური
ანუ ენდოგენური პროცესები.

დედამიწის ზედაპირზე წარმოშობილი უსწორმასწორობანი შემ-
დგომ განიცდის სხვა პროცესების გავლენას: მზის, წყლისა და ქარის
ზემოქმედებით მაღალი მთები თანდათანობით იშლება, ნაშალი მასა-
ლა ჩაიტანება ზღვებსა და ოკეანეებში, რელიეფის დადაბლებულ
ადგილებში და დროთა განმავლობაში ავსებს მათ. პროცესებს, რომ-
ლებიც ზემოქმედებენ დედამიწის ზედაპირზე და მის მოშანდაკება-
მოსწორებას იწვევენ, ეწოდება დედამიწის გარე დინამიკური ანუ
ეგზოგენური პროცესები.

ენდოგენური და ეგზოგენური პროცესები ერთდროულად და მუდ-
მივად მოქმედებენ, თუმცა დედამიწის ზედაპირის ცალკეულ უბნებში
მათი ინტენსიურობა სხვადასხვაა. იქ, სადაც სჭარბობს ენდოგენური

პროცესები, გვაქვს მაღალი მათა სისტემები, ხოლო იქ, სადაც ეგზოგენური პროცესების გამოვლინება უფრო აქტიურია, გაშლილ, ვაკე ადგილებს ვხვდებით.

ენდოგენური ძალების გავლენით დედამიწის ქერქის ან მისი ცალკეული უბნების გადაადგილებას ტექტონიკურ მოვლენას უწოდებენ.

ტექტონიკური მოვლენები, როგორც სხვა გეოლოგიურ პროცესთა უმეტესობა, დიდი ხანგრძლივობისა და მოძრაობის მეტად ნელი სიჩქარის გამო უშუალო დაკვირვებისათვის ხელმიუწვდომელია და მათზე მსჯელობა მხოლოდ იმ მოვლენის შედეგით არის შესაძლებელი, რომელიც მიწის ქერქის ამგებ შრეებში აღიბეჭდება. ასე, მაგალითად, იმ უბნებში, რომლებიც ხანგრძლივ დაძირვას განიცდიდა, დაგროვდა დიდი სისქის ნალექები. იქ კი, სადაც ქანები პერიოდულად ამომზეურდებოდა და დაიძირებოდა, საერთო კრილში გამოტოვებულია ცალკეული შრეები. ტექტონიკური მოძრაობა ვლინდება ქანების განლაგების შეცვლაში, გადალუნვა — დანაოქებაში, წყვეტასა და გადაადგილებაში.

არჩევენ უძველეს, თანამედროვე და უახლეს ტექტონიკურ მოძრაობებს. უახლესი ტექტონიკური მოძრაობანი უშუალო გავლენას ახდენს ამჟამად არსებული რელიეფის ჩამოყალიბებაზე და მის იერზე: ამასთან, განსაზღვრავს ეგზოგენური პროცესების მიმართულებას და ინტენსიურობას. უძველესი მოძრაობანი კი ადრეულ გეოლოგიურ ეპოქებში ხდებოდა და მათი კვალი მეტნაკლებად ატყვია დედამიწის ქერქს.

არჩევენ დედამიწის ქერქის ტექტონიკური მოძრაობის რხევითსა და დისლოკაციურ ჩგუფებს.

VIII.2. დედამიწის კარკის რხევითი მოძრაობა

დედამიწის ქერქი განიცდის ნელ, საუკუნებრივ აზვევებას და დაძირვას ანუ რხევით მოძრაობას, რომელსაც ეპეიროგენული მოძრაობა ეწოდება, ხოლო თვით პროცესს—ეპეიროგენეზი (ბერძნულ ენაზე ეს ტერმინი ნიშნავს „ხმელეთის წარმოშობას“). ამასთანავე, ერთსა და იმავე ადგილას აზვევება შეიძლება დროთა განმავლობაში შეიცვალოს დაძირვით და, პირიქით. ამჟამად ასეთი მოძრაობების კვალი შეიმჩნევა ყველა კონტინენტსა და ოკეანეების ფსკერზე. გეოლოგიურ ეპოქებში მომხდარი რხევითი მოძრაობების შედეგია წყვეტილობა ნალექების დაგროვებაში, დანალექი მასალის სხვადასხვაობა, ზღვის და ხმელეთის უბნების თანაფარდობის ცვალებადობა. აზვევების რაიონებში ზღვა უკან იხევს, ადგილი აქვს ზღვის რეგრესიას. დაძირვისას კი

ზღვა შემოიჭრება და იკავებს ხმელეთის ახალ უბნებს, ხდება ტ რ ა ნ ს-
გ რ ე ს ი ა.

უახლეს და თანამედროვე რხევით მოძრაობებზე მსჯელობა შეიძ-
ლება ზღვის ძველი სანაპიროების მდებარეობის, მდინარეების შესარ-
თავეების ზღვაში დაძირვის სიღრმის მიხედვით და სხვა ნიშნებით.
ასე, მაგალითად, გეოლოგიურ წარსულში ინგლისი და ირლანდია
ევროპასთან ერთად ერთ მთლიან კონტინენტს წარმოადგენდა, შემ-
დგომში კი მათ შორის მდებარე უბნები დაიძირა და წარმოიშვა სრუ-
ტეები.

ისტორიულ დაკვირვებებით დადგენილია, რომ სკანდინავიის
ნახევარკუნძული ზევით იწევს, რასაც გუმბათისებრი ხასიათი აქვს.
მაქსიმალური აზევების ზოლი მდებარეობს ბოტნიის ყურის დასავ-
ლეთ სანაპიროს გასწვრივ, სადაც არსებობს ზღვის დონიდან 270
მეტრზე აზიდული ადგილები. შვეციის დედაქალაქი სტოკჰოლმი ზევით
იწევს საუკუნეში საშუალოდ 24 სმ-ით. ლენინგრადი დღეს ნახევარი
მეტრით მაღლა იმ დონესთან შედარებით, რომელიც მას ეკავა პეტ-
რე პირველის ეპოქაში. ახლა კი ისევ იძირება წელიწადში 3,6 სმ-ით.

თანამედროვე მოძრაობის შესწავლით დადგენილია, რომ ევროპაში
ყველაზე მაქსიმალურ აზევებას ჩრდილო განედებში აქვს ადგილი.
სკანდინავიის ნახევარკუნძულის გარდა აზევებას განიცდის ისლანდია,
გრენლანდია, შოტლანდია, შპიცბერგენი, ახალი მიწა. ჩრდილოეთ ამე-
რიკის ფარგლებში კი—სამხრეთი ალიასკა, დიდი ტბების ჩრდილო სა-
ნაპიროები, მექსიკის ყურე, ანტილის კუნძულები.

დედამიწის ქერქის ზოგი უბანი, პირიქით, იძირება. ამის დამადას-
ტურებელია ზღვაში ჩაძირული ქალაქები და მდინარეთა ხეობები.
სამხრეთ საფრანგეთის ქალაქები სარბონა და ეგიუმორტი რამდენი-
მე საუკუნის წინ დაიფარა ზღვით. წყალქვეშა ხეობები ცნობილია
წყნარ ოკეანეში აზიისა და ამერიკის სანაპიროების გასწვრივ, აგრეთვე
ატლანტიკის და ინდოეთის ოკეანის სანაპიროებზე. უზარმაზარი
წყალქვეშა ხეობა არსებობს მდინარე კონგოს შესართავის ზოლში.
იგი შესწავლილია 2 000 მ სიღრმეზე და 130 კმ-ზე თანამედროვე შე-
სართავიდან.

ინტენსიურად იძირება პოლანდიის ტერიტორია, განსაკუთრებით
ზღვის სანაპირო ზოლში. წელიწადში აქ ხმელეთის დაძირვის სიჩქარე
2,5 სმ-ია. გამოანგარიშებულია, რომ ამჟამად მისი ტერიტორიის 2/5-ზე
მეტე მდებარეობს ჩრდილოეთის ზღვის მოქცევის მაქსიმალურ დო-
ნეზე დაბლა და მხოლოდ მაღალი ჯებირები, რომელთა საერთო სიგ-
რძე 1 600 კმ აღემატება და მძლავრი სატუმბო სადგურების ინტენსი-
ური მუშაობა იცავს ტერიტორიას ოკეანის წყლით დაფარვისაგან.
დაძირვას განიცდის ინგლისის სამხრეთი სანაპირო, ჩრდილო ამერიკის

აღმოსავლეთი სანაპირო, სამხრეთ ჩინეთისა და ავსტრალიის ვრცელი ტერიტორიები. კალიფორნიის ნახევარკუნძულის ზღვისპირა ზოლი იძირება წელიწადში რამდენიმე სანტიმეტრის სიჩქარით.

დედამიწის ქერქის რხევითი მოძრაობის ერთ-ერთი ძირითადი თავისებურებაა სივრცესა და დროში მისი გამოვლინების უნივერსალური ხასიათი. ვინაიდან რხევითი მოძრაობები მეტად დიდ ფართობს მოიცავს და ძლიერ ნელა მიმდინარეობს, ისინი არსებით გავლენას არ ახდენენ საინჟინრო ნაგებობათა მდგრადობაზე და ექსპლუატაციის ხანგრძლივობაზე. ამასთან ერთად, უნდა აღინიშნოს, რომ საინჟინრო გეოლოგიური თვალსაზრისით მეტად მნიშვნელოვანია თანამედროვე და უახლესი რხევითი მოძრაობანი, რომელთა გათვალისწინება აუცილებელია, განსაკუთრებით ჰიდროტექნიკური მშენებლობის დროს, აგრეთვე საინჟინრო სამუშაოთა წარმოებისას ზღვის სანაპირო ზოლებში. ასე, მაგალითად, შავი ზღვის სანაპიროს თანდათანობითი დაძირვა იწვევს სანაპიროს ინტენსიურად გარეცხვას, რაც ხელს უწყობს მეწყრების წარმოქმნას. ჩრდილოეთ კასპიისპირეთის აზევება კი იწვევს ზღვისპირა დასახლებული პუნქტების ზღვიდან თანდათანობით დაშორებას.

რხევითი მოძრაობების მიმართულებების ცოდნა ბევრი, პრაქტიკულად საინტერესო, საკითხის გადაჭრის საშუალებას იძლევა. ამჟამად მუშავდება თანამედროვე რხევითი ტექტონიკური მოძრაობების რუკა მთელი საბჭოთა კავშირის ტერიტორიისათვის.

VIII.3. დისლოკაციები დედამიწის კერპში

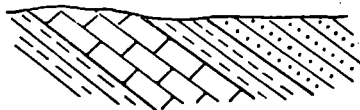
დედამიწის ქერქის რხევითი მოძრაობის დროს ქანების პირველადი განლაგება თითქმის უცვლელია, დისლოკაციური მოძრაობა კი ქანების წოლის პირობების დარღვევას იწვევს, რაც გამოიხატება მათ დანაოჭებასა და წყვეტაში. ეს მოძრაობები განსაკუთრებით აქტიურია ე. წ. გეოსინკლინურ ოლქებში, სადაც მათაა სისტემების წარმოშობის კერებია, განსხვავებით ბაქნური ოლქებისაგან, სადაც დედამიწის ქერქი იმდენად მტკიცე და უღრეკია, რომ წიაღში არსებული ძალების გამოვლინება მათზე რაიმე მნიშვნელოვან გავლენას არ ახდენს.

დისლოკაციურ მოძრაობებს ხშირად ოროგენეტიკულს ანუ მათაა წარმომშობ მოძრაობებს უწოდებენ. თუმცა მხოლოდ დისლოკაციები არ განსაზღვრავს მათაა წარმოშობის პროცესს, მასში არა ნაკლები მნიშვნელობა ენიჭება რხევით მოძრაობებს, მაგმატიზმს, ნალექების დაგროვებას, სეისმურ მოვლენებს და ა. შ.

მიწის ქერქის დისლოკაციური მოძრაობების დროს წარმოიქმნება ქანების განლაგების ახალი, ტექტონიკური ფორმები, რომლებიც იყო-

ფა ნაოჭა ანუ პლიკატურ და წყვეტილ ანუ დიზუნქტიურ დისლოკაციებად. პირველ შემთხვევაში ქანების მთლიანობა არ ირღვევა, მეორე შემთხვევაში კი ადგილი აქვს მათი მთლიანობის დარღვევას.

ნაოჭა დისლოკაციებს ეკუთვნის: მონოკლინი, ნაოჭი და ფლექსურა. მონოკლინი არის ნაოჭა დისლოკაციის ყველაზე მარტივი ფორმა და გულისხმობს შრეების საერთო დახრას ჰორიზონტის მიმართ (ნახ. VIII.1). არჩევენ მონოკლინის სხვადასხვა დახრილობას: დამრეციდან. როდესაც შრეები 30°-მდე კუთხით არიან დახრილი, ძლიერ ციცაბო დახრამდე ან ვერტიკალურად დაყენებულ შრეებს.



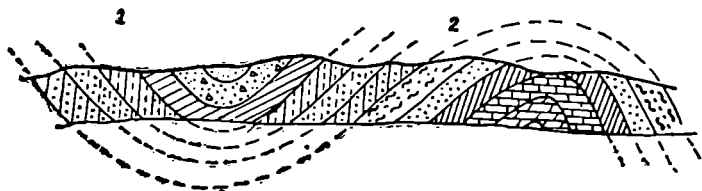
ნახ. VIII.1. მონოკლინი.

ნაოჭი არის შრეების ერთი მთლიანი გადაღუნვა, რომელიც წარმოიქმნება ქანებზე ტანგენციური ტექტონიკური ძალების ზემოქმედების შედეგად. მთლიანი ნაოჭი (ნახ. VIII.2) შედგება ანტიკლინისა და სინკლინისაგან. ანტიკლინი არის ისეთი ნაოჭი,

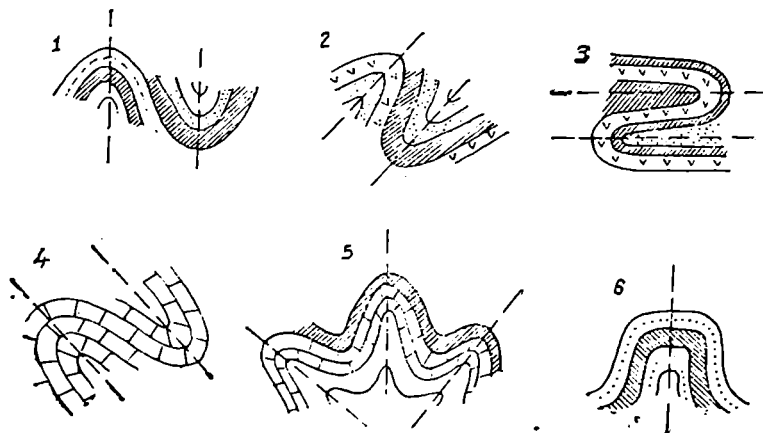
რომლის გადაღუნვის ადგილი ან კლიტე მიმართულია ზევით. სინკლინიში კი ნაოჭის კლიტე ქვევით არის მიმართული. ნაოჭის გვერდებს უწოდებენ ფრთებს, ხოლო კლიტეს — თაღს. თაღზე ჯამაველ სიბრტყეს, რომელიც ნაოჭს ორ ნაწილად ყოფს, ღერძული სიბრტყე ეწოდება.

ფრთების ფორმის, დახრის კუთხისა და ღერძული სიბრტყის მდებარეობის მიხედვით არჩევენ: სწორ, ირიბ, დაწოლილ, გადმოყირაგებულ, მარაოსებრ და კოლოფურ ნაოჭებს (ნახ. VIII.3).

ფლექსურა ეწოდება მუხლისმაგვარ ნაოჭს, რომელიც წარმოიშობა შრეების საფეხურისებრი გაღუნვისას მათი მთლიანობის დაუზღვევლად (ნახ. VIII.4).



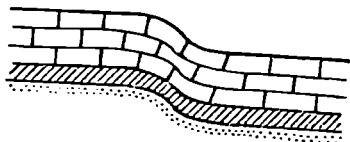
ნახ. VIII.2. მთლიანი ნაოჭი: 1—სინკლინი, 2 — ანტიკლინი.



ნახ. VIII.3. სხვადასხვა სახის ნაკვები:

1—სწორი, 2—ირიბი, 3—დაწოლილი, 4—გადმოყირავებული, 5—მარაოსებრი, 6 — კოლოფური.

წყვეტით დისლოკაციებს მიეკუთვნება: ნასხლეთი, შესხლეთა, ნაწვევი, შეცოცება და სხვა. ისინი წარმოიქმნება ინტენსიური ტექტონიკური მოძრაობის დროს, როდესაც ირღვევა ქანების მთლიანობა და მათი ცალკეული ნაწილები გადაადგილდება ერთმანეთის მიმართ; გადაადგილება ხდება რღვევის სიბრტყის გასწვრივ, რომელიც ნაპრალის სახით არის გამოვლინებული. გადაადგილების სიდიდე ანუ ამპლიტუდა დიდ ფარგლებში ცვალებადობს რამდენიმე სანტიმეტრიდან რამდენიმე კილომეტრამდე.

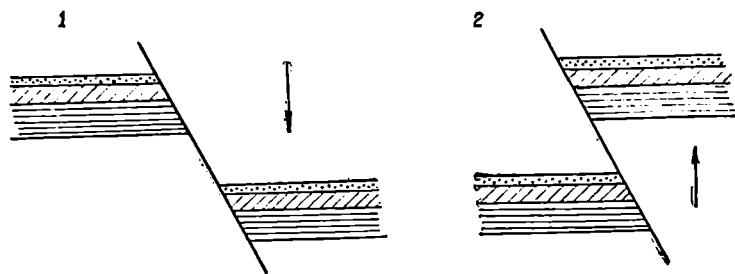


ნახ. VIII.4. ფლექსურა.

ნასხლეთი წარმოიშობა გაწყვეტილი შრეების ერთი ნაწილის დაწვევით მეორის მიმართ, დახრილი სიბრტყის გასწვრივ. შრეების გაწყვეტილ და ურთიერთგადაადგილებულ ნაწილებს ნასხლეთის ფრთები ეწოდება.

შესხლეთა წარმოადგენს დახრილი ნასხლეთების კერძო შემთხვევას, როდესაც სხლეთის სიბრტყის ზევით მდებარე ფრთა (ა) აწეულია მეორე ფრთის (ბ) მიმართ.

არის შემთხვევები, როდესაც ერთ უბანზე რამდენიმე, ერთმანეთს მიყოლებული ნასხლეთია. ასეთ შემთხვევაში საქმე გვაქვს საფეხური-



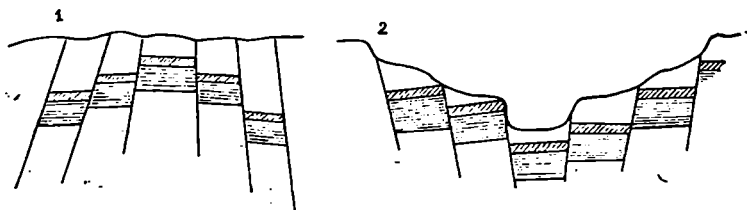
ნახ. VIII.5. წყვეტილი დისლოკაციის ფორმები:
1 — ნასხლეტი, 2 — შესხლეტა.

სებრ ნასხლეტთან ან შესხლეტასთან. მათი კერძო შემთხვევებია ჰორსტი და გრაბენი.

ჰორსტი არის ნასხლეტების ჯგუფი, რომელშიც ცენტრული ნაწილი ამოწეულია, ხოლო პერიფერიული — დაწეული. გრაბენში კი გვაქვს შებრუნებული სურათი (ნახ. VIII.6). მისი წარმოშობა ხშირად დაკავშირებულია ორ დიდ ტექტონიკურ რღვევას შორის მიწის ქერქის დაწევასთან. როგორც მეცნიერები თვლიან, ასეთ პირობებში წარმოშობილი წითელი ზღვა და ბაიკალის ტბა.

ნაწევი წყვეტილი დისლოკაციის ისეთი სახეა, როდესაც რღვევის სიბრტყის გასწვრივ ქანების ბლოკების გადაადგილება ხდება არა ვერტიკალური, არამედ ჰორიზონტალური ან მასთან ახლო მიმართულებით (ნახ. VIII.7). ზოგჯერ ნაწევი და ნასხლეტი შეიძლება ერთდროულად წარმოიშვას.

შეცოცება ისეთი წყვეტილი დისლოკაციაა, როდესაც ქანების წყება დამრეცად დახრილი სიბრტყის გასწვრივ გადაადგილდება

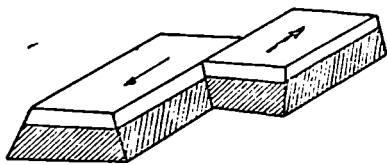


ნახ. VIII.6. 1—ჰორსტი, 2—გრამბენი.

და გადაფარავს წყებებს. შე-
ცოცების შედეგად ახალგაზრ-
და ნალექები შეიძლება გადა-
იფაროს უფრო ძველი ნალე-
ქებით.

ძველ გეოლოგიურ ეპოქებ-
ში მომხდარი დისლოკაციები
რთული დასადგენია, რადგან
მათი მოქმედების კვალი ზში-
რად წაშლილია. თანამედრო-

ვე და უახლესი რღვევები და დეფორმაციები კი შეიძლება რე-
ლიეფში თვალსაჩინოდ იყოს გამოკვეთილი საფეხურებისა და ღია
ნაპრალების სახით. რღვევის სიბრტყეებს ეტყობა შრეების განუწყვე-
ტელი მოძრაობის კვალი ღარების, ნაკაწრების, გაპრიალებული ზედა-
პირების სახით. გარდა ამისა, მოძრაობის სიბრტყის სიახლოვეს ქანი
ძლიერ დანაპრალიანებული, დამსხვრეული და სახეშეცვლილია.



ნახ. VIII.7. ნაწევი. ბლოკ-დიარამა.

VIII.4. შრეების სივრცობრივი მდებარეობის განსაზღვრა

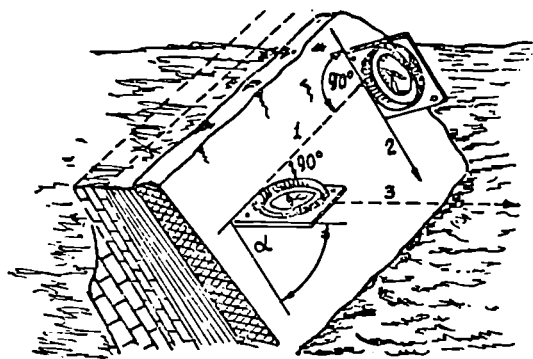
დანალექი შრეების საწყისი ჰორიზონტალური მდებარეობა უმე-
ტეს შემთხვევაში დარღვეულია ტექტონიკური მოვლენების შედეგად.
მათი სივრცობრივი მდებარეობის განსაზღვრა კი აუცილებელია გე-
ოლოგიური კვლევების დროს. იგი საჭიროა აგრეთვე საინჟინრო-გე-
ოლოგიური სამუშაოების წარმოების დროს სამშენებლო მოედნებზე.

შრის სივრცობრივი მდებარეობა განისაზღვრება წოლის ელემენ-
ტებით — შრის მიმართებისა და დაქანების აზიმუტით და დახრის კუ-
თხით.

მიმართება არის შრის ზედაპირის და ჰორიზონტალური სიბრტყის
გადაკვეთის ხაზის მიმართულება. კუთხეს ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე
ადგილმდებარეობის მერდიანსა და ამ ხაზს შორის ეწოდება მიმარ-
თების აზიმუტი. მიმართების აზიმუტს აქვს ორი მნიშვნელობა, რომელ-
თა შორის სხვაობა 180° შეადგენს. დაქანების აზიმუტი მიმართების
აზიმუტის მართობულია. მას აქვს მხოლოდ ერთი მნიშვნელობა,
რომელიც შრის დაქანების მიმართულებას გამოხატავს.

დაქანების კუთხე გვიჩვენებს შრის დახრილობას ჰორიზონტალურ
ზედაპირთან შედარებით. მისი სიდიდე 0°-დან 90°-მდე ევალუბადობს.
დახრის კუთხის განსაზღვრისათვის იყენებენ დაქანების აზიმუტის
ხაზს (ნახ. VIII.8).

შრეების წოლის ელემენტებს ზომავენ სპეციალური ხელსაწყოთი,



ნახ. VIII.8. შრეების წოლის ელემენტების განსაზღვრა სამთო კომპასით:

1—მიმართების ხაზი, 2—დაქანების ხაზი, 3—დაქანების აზიმუტი, α — შრის დახრის კუთხე.

საზღვრის მნიშვნელობები, მაგალითად, ასე ჩაიწერება: ჩდ $290 < 40$. ეს იმას ნიშნავს, რომ შრე დახრილია ჩრდილო დასავლეთისაკენ 30 რიზონტთან 40° კუთხით. მიმართების აზიმუტის გასაგებად საკმარისია დაქანების აზიმუტის გამომხატველ რიცხვს მივუმატოთ ან გამოვაკლოთ 90° .

შრის წოლის ელემენტები გეგმაზე ან გეოლოგიურ რუკაზე დააქვთ ისრით, რომლის მიმართულება შეესაბამება შრის დაქანების აზიმუტს. ისრის ბოლოს აღნიშნულია დაქანების კუთხის სიდიდე, ისრის წვერის მოპირდაპირე მხარეს გატარებული მისი მართობული ხაზი კი მიმართების აზიმუტს გამოხატავს.

რომელსაც სამთო კომპასი ეწოდება. იგი შედგება ორი ძირითადი ნაწილისაგან: მაგნიტური ისრისა, რომელიც 360 დანაყოფიან ლიმბზე განსაზღვრავს აზიმუტს, და კლინომეტრისაგან, რომელიც ნახევარ ლიმბზე აითვლის შრის დაქანების კუთხეს.

შრის წოლის ელემენტების გან-

IX თავი

ვულკანოზმი

ვულკანური პროცესი ეწოდება დედამიწის წიაღიდან გავარდარებული მდნარი მასის — მაგმის და გაზების ამოტყორცნას ზედაპირზე. მაგმის წარმოქმნისა და მისი გადაადგილების პროცესი, რომელიც მაგმატიზმის სახელწოდებით არის ცნობილი, დიდ როლს ასრულებს დედამიწის ქერქის განვითარებაში. განასხვავებენ სიღრმულ ანუ ინტრუზიულ მაგმატიზმს, როდესაც შემოჭრილი მაგმა ცივდება დედამიწის ქერქის სიღრმეში, და ეფუზიურ მაგმატიზმს, როდესაც მაგმა გაკვეთს მთელ დედამიწის ქერქს, ამოიჭრება ზედაპირზე და წარმოქ-

მნის ვულკანებს. აქედან არის წარმომდგარი თვით პროცესის სახელწოდებაც.

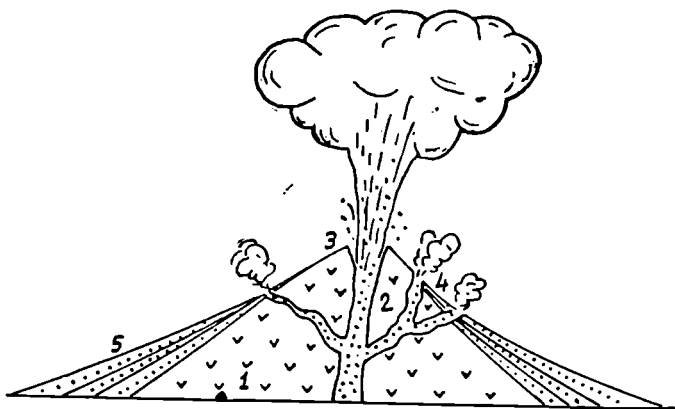
ვულკანები წარმოადგენენ კონუსური ამალების ფორმის გეოლოგიურ სხეულებს, რომლებიც წარმოიქმნებიან იმ ადგილებში, სადაც ხდება მიწის წიაღიდან ზედაპირზე მაგმის ამოფრქვევა.

ლავასთან ერთად, რომლის ტემპერატურა 900—1200° ფარგლებში მერყეობს, დედამიწის ზედაპირზე ამოისროლება აირები, წყლის ორთქლი, ფერფლი და სხვა მყარი პროდუქტები. ვულკანების ამოფრქვევა ხან მშვიდად მიმდინარეობს, როდესაც ლავა თანდათანობით გადმოიღვრება ამომყვანი ყელიდან და მოეფინება ზედაპირს, ხან კი — მძლავრი მიწისქვეშა აფეთქებებით, რომელთა შედეგად საშინელი ძალით ამოინთხევა ლავა, ამოისროლება გავარვარებული ლოდები, აირები, ფერფლი და სხვა ვულკანური პროდუქტები. არჩევნ მოქმედ და ჩამქრალ ვულკანებს. ამჟამად აღწერილია 730-ზე მეტი მოქმედი ვულკანი. ჩამქრალი ვულკანების რიცხვი კი დაახლოებით 10-ჯერ მეტია. ვულკანების ასეთი გაყოფა პირობითია, რადგან არის ჩამქრალი ვულკანის გამოცოცხლებისა და გააქტიურების ბევრი შემთხვევა. ასე, მაგალითად, იტალიის ცნობილი ვულკანი ვეზუვი მრავალი საუკუნის განმავლობაში ჩამქრალად ითვლებოდა, მისი ფერდობები ტყით იყო დაფარული, მაგრამ ჩვენი წელთაღრიცხვის 79 წელს მოხდა მისი ძლიერი ამოფრქვევა, რასაც მოჰყვა რომის იმპერიის ქალაქების — პომპეის, ჰერკულანუმისა და სტაბიის განადგურება. უკანასკნელად ვეზუვის ძლიერი ამოფრქვევა მოხდა 1944 წელს.

ვულკანიზმის წარმოქმნის კერები მიწის წიაღთან არის დაკავშირებული. მაგმური გავარვარებული მდნარები მიწის ქერქის ქვეშ გარკვეულ სიღრმეზე მდებარეობენ. ტემპერატურული რეჟიმის ცვალებადობის გამო ამ კერების მოცულობა იცვლება. გარკვეული ტემპერატურის მიღწევისას მაგმური მასები გადახურებულ მდგომარეობაში გადადის, მათი სიბლანტე მცირდება და წნევის ცვალებადობისას ისინი გადაადგილდება და მოცულობაშიც იმატებს. ცნობილია, მაგალითად, რომ ბაზალტი გამდნარ მდგომარეობაში მოცულობაში მატულობს 10%-ით.

ტექტონიკური მოვლენების დროს წარმოქმნილი რღვევები და ნაპრალები ხელსაყრელ გზებს წარმოადგენენ ლავის ამოსვლისათვის. გარდა ამისა, თვით ტექტონიკურ მოვლენებს თან სდევს მაგმატიზმის გააქტიურებაც.

ვულკანური პროდუქტების ზედაპირზე ამოსვლის ხასიათის მიხედვით არჩევენ ცენტრალურ და ნაპრალურ ვულკანებს. პირველ შემთხვევაში ამოფრქვევა ხდება ცენტრალური ამომყვანი არხიდან და კრატერიდან, მეორე შემთხვევაში კი — დედამიწის ქერქში არსებული ნაპრალებიდან. ცენტრალური ვულკანი კონუსისმაგვარი მთაა, რომლის



ნახ. IX.1. ვულკანის სქემატური კრილი:

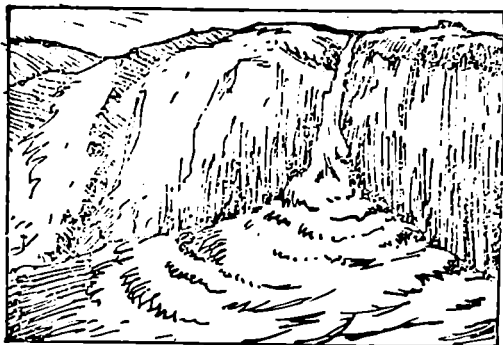
1—ვულკანის კონუსი, 2—ყელი, 3—კრატერი, 4—პარაზიტული ვულკანები, 5—კონუსის ფერდობზე დაღეჭილი ვულკანური პროდუქტი.

ღერძს მიჰყვება მეტნაკლებად ცილინდრული ვერტიკალური არხი — ვულკანის ყელი. იგი მწვერვალზე ძაბრივით ფართოვდება და წარმოქმნის კრატერს. ზოგჯერ ვულკანის ყელიდან გამოიყოფა უფრო წვრილი განშტოებები, რომლებიც ფერდობებზე წარმოშობს ე. წ. პარაზიტულ ვულკანებს (ნახ. IX.1).

გეოგრაფიულად ვულკანები მეტად არათანაბრად არიან განაწილებული. ისინი უფრო ხშირია შედარებით ახალგაზრდა მთათა სისტემის ფარგლებში. ყველაზე მეტი რაოდენობით გვხვდებიან აზიისა და ამერიკის სანაპიროებზე, წყნარი და ინდოეთის ოკეანის კუნძულებზე. ვულკანები ცნობილია ატლანტიკის ოკეანის კუნძულებზე, აფრიკაში, ანტარქტიკაში და სხვაგან. საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე ვულკანები ცნობილია კამჩატკაზე და კურილის კუნძულებზე.

ვულკანური ამოფრქვევა მეტად შთაბეჭდავი და საშიში სტიქიური მოვლენაა, რომლის პროგნოზი და მით უმეტეს საწინააღმდეგო ღონისძიებათა განხორციელება ადამიანის პრაქტიკულ შესაძლებლობებს ჯერჯერობით აღემატება. ვულკანური მოქმედების მასშტაბების საილუსტრაციოდ შეიძლება შემდეგი მაგალითების მოყვანა:

1902 წელს მარტინიკის კუნძულზე ვულკან მონ-პელეს კრატერიდან კატასტროფული ძალით ამოტყორცნილმა გავარვარებულმა აირებმა და ფერფლმა დიდ ფართობზე დაფარა ირგვლივ ყველაფერი და რამდენიმე წუთში მთლიანად დამარხა ქალაქი სენ-პიერი. ამ კატასტროფის დროს 28 000 კაცი დაიღუპა.



ნახ. IX.2. გაცივებული ლავური ნაკადი.

ვულკანური პროდუქტები, განსაკუთრებით ვულკანური ფერფლი, წშირად ძალიან დიდ ფართობზე ვრცელდება. მაგალითად, 1883 წელს ვულკან კრაკატაუს (ამავე სახელწოდების კუნძული ზონდის სრუტეში იავასა და სუმატრას შორის) ამოფრქვევისას ამოსროლილი უდიდესი რაოდენობის ფერფლი ატმოსფეროში დარჩა რამდენიმე წლის განმავლობაში. ალიასკაზე მდებარე ვულკან კატმაიდან ამონთხეული ვულკანური პროდუქტების მოცულობამ 20 კმ³-ს მიაღწია. ვულკანის ამოფრქვევის დროს ჰაერში აისროლება მყარი პროდუქტებიც, გაცივებული ლავის პატარა ნამსხვრევები — ლაპილები და დიდი ზომის ბომბები. როდესაც ვულკანის ყელი თავისუფლდება მასში გაქედილი მყარი ვულკანური მასალისაგან, ქვევიდან მოწოლილი თხევადი მაგმა ავსებს კრატერს, გადმოედინება ვულკანის ფერდობებზე და წარმოქმნის უზარმაზარ ლავურ ნაკადებს. ეს ნაკადები გაცივების შემდეგ ინარჩუნებს იმ ფორმას, რომელიც მოძრაობის მომენტში გააჩნია (ნახ. IX.2).

თუ ვულკანიდან ამოსული ლავა ბლანტია, იგი გაცივებისას ვერ ასწრებს გაშლას ზედაპირზე და წარმოქმნის კონუსებს, გუმბათებს. ვულკან მონ-პელუს ამონთხევისას ცულკანის ყელიდან თანდათანობით ზევით ამოიწია მეტად ბლანტმა ანდეზიტურმა ლავამ, რომელმაც მთვის განმავლობაში 450 მ-ზე მეტ სიმაღლეს მიაღწია და წარმოქმნა ბუნებრივი ობელისკი.

ვულკანური პროცესები უეცრად არ წყდება. ზოგჯერ ათეული წლებისა და საუკუნეების განმავლობაში არ ქრება ვულკანური აქტივობის კვალი, გრძელდება ორთქლისა და აირების გამოყოფა ვულკანის კრატერიდან თუ ფერდობებიდან. დიდი წნევის პირობებში წარმოიქმნება

ორთქლის ან აირის შადრევნები. ვულკანის ამოფრქვევის შემდგომი, ანუ პოსტვულკანური პროცესებისათვის არა ნაკლებ დამახასიათებელია ცხელი წყაროები—თერმები. თერმები უმეტესად წნევიანი წყლებია, რომელსაც ტემპერატურის გარდა მაღალი მინერალიზაცია (მარილების შემცველობა) აქვთ. თერმების თავისებურ სახესხვაობას წარმოადგენს პერიოდულად დენადი ცხელი წყაროები ანუ გეიზერები. გეიზერებით ცნობილია ისლანდია. ისინი გავრცელებულია აგრეთვე ამერიკის შეერთებულ შტატებში, ახალ ზელანდიაში და სხვაგან. ორი-სამი ათეული ასეთი წყარო არის საბჭოთა კავშირშიც—კამჩატკაზე. გეიზერების გავრცელება დაკავშირებულია მოქმედი ან ახლო წარსულში ჩამქრალი ვულკანის მისი კერებთან. მიწის წიაღში დიდი წნევის ქვეშ არსებულ წყლის ორთქლს ისლანდიაში, ახალ ზელანდიაში და სხვა ქვეყნებში უკვე იყენებენ თბოენერგეტიკული და სხვა მიზნებისათვის. იტალიაში შექმნილია 262 000 კილოვატი სიმძლავრის უნიკალური ძალური დანადგარი, რომელიც ბუნებრივი ორთქლით მუშაობს.

დასასრულს, შეიძლება აღინიშნოს, რომ ვულკანურ პროცესებს, მაათი დამანგრეველი მოქმედების მიუხედავად, გარკვეული სარგებლობაც მოაქვთ.

ვულკანურ ქანებთან დაკავშირებულია სხვადასხვა გამადნება, რომელთაც ამუშავენ სამთო მრეწველობა. უშუალოდ ვულკანურ კერებთან გროვდება ზოგიერთი ძვირფასი თვითნაბადი ელემენტი. ვულკანებთან კავშირშია თერმული აირები, წყლები, რომელთა გამოყენების პერსპექტივები ძალიან დიდია. თვით ვულკანოგენური ქანები მრავალ შემთხვევაში წარმოადგენენ ძვირფას საშენ და ტექნოლოგიურ მასალას. საკმარისია აღინიშნოს, რომ ისეთი ძვირფასი სამშენებლო მასალა, როგორცაა გრანიტი, სიენიტი, ანდეზიტი, ბაზალტი, დიაბაზი და ტუფი, მაგმური მოქმედების პროდუქტებია.

X თავი

სეისმური მოვლენები

1.1. ზოგადი ცნობები

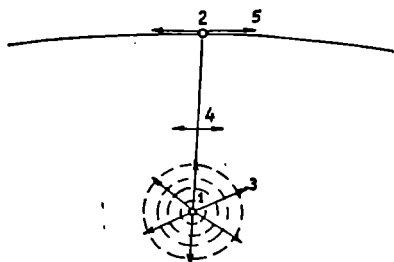
სეისმური მოვლენები ანუ მიწისძვრები დედამიწის ქერქის ცალკეული უბნების მნიშვნელოვანი გადაადგილებით გამოწვეული რხევებია, რის შედეგადაც ზიანდება და ზოგჯერ საერთოდ ინგრევა შენობები, სხვადასხვა ნაგებობანი, მიწის ზედაპირზე ჩნდება ნაპრალები და რღვევები. დედამიწის ქერქის დრეკადი რხევები მიწის წიაღში მოქ-

მედი ენდოგენური ძალების გამოვლინებაა. მიწისძვრები დედამიწაზე საკმაოდ ხშირი მოვლენაა. ფიქრობენ, რომ მიწისძვრების საერთო რაოდენობა, რომელთაც ადამიანი შეიგრძნობს, წელიწადში რამდენიმე ათასს აღწევს (საშუალოდ ერთი მიწისძვრა საათში). სუსტი ძალის მიწისძვრები კი, რომელთაც მხოლოდ სპეციალური ხელსაწყოები აღნიშნავენ, გაცილებით უფრო ხშირია. კაცობრიობის ისტორიაში ცნობილია მთელი რიგი კატასტროფული მიწისძვრები, რომელთა შედეგად დაღუპულა ათასობით და ათეულ ათასობით ადამიანი. ასეთი მიწისძვრები მეტად საშიშია და მათ წინააღმდეგ აქტიური ბრძოლა ადამიანს ჯერჯერობით არ ძალუძს, თუმცა ბოლო წლებში დიდი მუშაობა წარმოებს მიწისძვრების პროგნოზირებისათვის.

მიწისძვრის კერა ანუ ჰიპოცენტრი ჩვეულებრივად დედამიწის ღრმა ზონებში მდებარეობს. მასთან, ყველაზე ახლო მდებარე დედამიწის ზედაპირის უბანი კი ეპიცენტრის სახელწოდებით არის ცნობილი. ჰიპოცენტრში წარმოიქმნება ორი ტიპის რხვეითი ტალღები — გასწვრივი და განივი. გასწვრივი ტალღები მათი მოძრაობის მიმართულებით იწვევს ნივთიერების ნაწილაკთა შეკუმშვა-გაფართოებას. ამ ტალღების გავრცელების სიჩქარე დამოკიდებულია ნივთიერების (ქანების) სიმკვრივეზე. მაგალითად, მაგმურ ქანებში გასწვრივი ტალღები ვრცელდება 5 000—7 000 მ/წმ სიჩქარით, კირქვებში — 2 000—5 000 მ/წმ, თხევებში — 1 400—2 000 მ/წმ, ხოლო ქვიშებში — 1 100 მ/წმ სიჩქარით. დადგენილია, რომ მიწისძვრების დამანგრეველი მოქმედება სწორედ გასწვრივი ტალღების მოქმედებასთან არის დაკავშირებული. განივი ტალღები კი გასწვრივის მართობულად მოქმედებენ: მათი მოქმედების არე გაცილებით მცირეა, ნაკლებია მათი გავრცელების სიჩქარეც. თუ გასწვრივი ტალღები ნებისმიერ გარემოში ვრცელდება, განივი ტალღების მოქმედების არე მხოლოდ მყარი გარემოა.

ჰიპოცენტრში წარმოქმნილი ბიძგებისა და დარტყმების გამოძახილი დედამიწის ზედაპირს პირველად ეპიცენტრში აღწევს. ზედაპირული ტალღები ეპიცენტრიდან ყველა მიმართულებით ვრცელდება. რაც უფრო ძლიერი და სწრაფია ჰიპოცენტრიდან წამოსული რხვეითი ტალღა, მით უფრო დიდ ფართობზე ვრცელდება ეპიცენტრიდან ზედაპირული ტალღები. ეს ბიძგები, დარტყმები და მათ შედეგად წარმოშობილი დრეკადი ტალღები წარმოადგენენ მიწისძვრების დამანგრეველი მოქმედების უშუალო მიზეზს (ნახ. X.1).

ჰიპოცენტრის სიღრმე დედამიწის ზედაპირიდან სხვადასხვაა. ვარაუდობენ, რომ ყველაზე ძლიერი, კატასტროფული მიწისძვრების წარმოქმნის კერა 30—100 კმ სიღრმის ინტერვალში უნდა მდებარეობდეს. თუმცა ბოლო ხანებში დადგენილია ღრმაფოკუსური მიწისძვრები, რომელთა ჰიპოცენტრი დაახლოებით 700 კმ-ის სიღრმეზეა.



ნახ. X.1. მიწისძვრის წარმოქმნის კერა:
 1—ჰიპოცენტრი, 2—ეპიცენტრი, 3—გას-
 წერივი ტალღები, 4—განივი ტალღები,
 5—ზედაპირული ტალღები.

ძლიერი მიწისძვრა, რომლის წარ-
 მოქმნის კერა დიდ სიღრმეზე
 მდებარეობს, შეიძლება უზარმა-
 ზარ ფართობზე გავრცელდეს.
 1977 წლის მარტში მომხდარმა
 მიწისძვრამ, რომლის ჰიპოცენტ-
 რი კარპატებში 100-დან 150 კმ
 სიღრმეზე მდებარეობდა და და-
 მანგრეველი ზემოქმედება მოახ-
 დინა რუმინეთის ქალაქებზე, მო-
 იცვა აღმოსავლეთი და ცენტრა-
 ლური ევროპის დიდი ნაწილი.

დამანგრეველი მიწისძვრების
 ხანგრძლივობა ჩვეულებრივად დი-

დი არ არის. იგი წაწობით და უფრო იშვიათად წუთობით იზომება. ასე,
 მაგალითად, 1948 წლის აშხაბადის ცნობილი მიწისძვრის მთავარი ბიძგი
 მხოლოდ 8—10 წამს გაგრძელდა. ამავე დროს, არის შემთხვევები, რო-
 დესაც მიწისძვრის ერთსა და იმავე კერაში ბიძგები პერიოდულად მე-
 ორდება დიდი ხნის განმავლობაში. მაგალითად, კანჩატკის მიწისძვრა
 1923 წელს თებერვლიდან აპრილამდე გაგრძელდა და აღინიშნა
 200-მდე ბიძგი. იმავე წლის სექტემბერში იაპონიაში მომხდარი მიწის-
 ძვრა დაახლოებით ერთი კვირის განმავლობაში იგრძნობოდა ცალკე-
 ული, ცოტად თუ ბევრად ძლიერი ბიძგების სახით; ამასთან, პირველ
 დღეს რეგისტრირებულ იქნა 216 ბიძგი, მეორე დღეს კი—57.

გამომწვევი მიზეზების მიხედვით არჩევენ მიწისძვრების შემ-
 დგე ტიპებს: ჩაქცევით, ვულკანურსა და ტექტონიკურ მიწის-
 ძვრებს.

ჩაქცევითი მიწისძვრები წარმოიქმნება მიწის ქერქში არსებულ
 სიცარიელებსა და მღვიმეებში ქანების დიდი მასების ჩანგრევა-
 ჩაქცევის შედეგად. ჩვეულებრივად ასეთი მიწისძვრები მცირე ტერი-
 ტორიებს მოიცავს. ქანის ჩაქცევით გამოწვეული დარტყმა იწვევს
 დრეკად რხევებს, რომელთა ინტენსივობა ჩაქცეული მასის სიდიდესა
 და ჩაქცევის სიღრმეზეა დამოკიდებული. ასეთი მიწისძვრები სხვა-
 დასხვა დროს აღნიშნული იყო ურალზე, პერმის ოლქში კირქვების
 დიდი მასივების გავრცელების რაიონებში, სადაც წყლის გამხსნელი
 მოქმედების შედეგად წარმოქმნილია დიდი ზომის მიწისქვეშა სიცა-
 რიელები და მღვიმეები.

ვულკანური მიწისძვრების გავრცელების არე მხოლოდ ვულკანური
 ოლქებია. გაზების დაგროვება ვულკანის ყელში და შემდეგ მათი

მძლავრი ამოფრქვევა ბიძგებს გადასცემს გარემოს. ვულკანური მიწისძვრების მიზეზი ხდება აგრეთვე უზარმაზარი მყარი და თხევადი მასების ამოსროლა დედამიწის ზედაპირზე. ისევე, როგორც ჩაქცევით მიწისძვრებს, ვულკანურსაც უმეტესად ლოკალური გავრცელება აქვს და მათი დამანგრეველი მოქმედების არე დიდი არ არის.

დამანგრეველი მოქმედების თვალსაზრისით ყველაზე საგულისხმო და მნიშვნელოვანია ტექტონიკური მიწისძვრები, რომლებიც ხასიათდება ღრეკადი რხევითი ტალღების სიხშირით, სიძლიერით და გავრცელების დიდი რადიუსით. ტექტონიკური მიწისძვრების დიდი უმრავლესობა დაკავშირებულია მათათა წარმოქმნის პროცესთან. ისინი გავრცელებულია მაღალმთიან რაიონებში, ძირითადად ახალგაზრდა მთებში. საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე ასეთ რაიონებს მიეკუთვნება შორეული აღმოსავლეთის მთიანი ზოლი (ყურილის კუნძულები, კამჩატკა, სახალინი), ციმბირის სამხრეთი მთიანი ზოლი, შუა აზია, კავკასია, ყირიმი, კარპატები.

მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანაში, სადაც სეისმური მოვლენები ამა თუ იმ ინტენსივობით გამოვლინდება, ახდენენ მიწისძვრების აღრიცხვა-რეგისტრაციას და მათი სიძლიერის განსაზღვრას. მიწისძვრის რეგისტრაცია ხდება სპეციალური ხელსაწყოთა მეშვეობით, რომელსაც სეისმოგრაფი ეწოდება. სეისმოგრაფები სხვადასხვა კონსტრუქციისაა. ისინი საშუალებას იძლევიან განვსაზღვროთ ზედაპირის რხევის ამპლიტუდა და პერიოდი, რაც, თავის მხრივ, შესაძლებელს ხდის გამოითვალოს შენობებზე გადაცემული რხევების აჩქარება (ნახ. X.2).

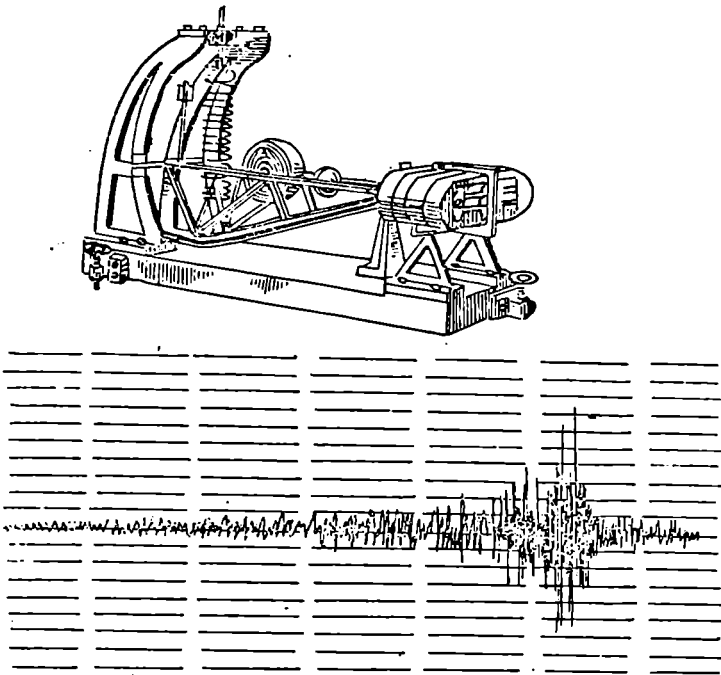
სხვადასხვა ქვეყანაში მიწისძვრის ძალის შესაფასებლად სხვადასხვა სკალა არსებობს. ჩვენში მიღებულია 12-ბალიანი სკალა. თითოეულ ბალს შეესაბამება სეისმური ტალღის აჩქარების გარკვეული სიდიდე a , რომელიც გამოითვლება ფორმულით:

$$a = A \frac{4\pi^2}{T^2},$$

სადაც A და T , შესაბამისად, არის სეისმური ტალღის რხევის ამპლიტუდა და პერიოდი. a -ს მიხედვით ადვილია სეისმურობის კოეფიციენტის გამოთვლა.

$$K_c = \frac{a}{g},$$

სადაც g არის სიმძიმის ძალის აჩქარება.



ნახ. X.2. სეისმოგრაფი და სეისმოგრამა.

საბჭოთა კავშირის სეისმურ ოლქებში მომხდარი მიწისძვრების აღრიცხვა და ანალიზი ნათელყოფს, რომ ყველაზე მნიშვნელოვანია იმ მიწისძვრების გათვალისწინება, რომლებიც 6—9 ბალის ფარგლებში მერყეობენ, ვინაიდან 5 ბალზე ნაკლები სიძლიერის მიწისძვრას საინჟინრო ნაგებობათა სიმდგრადეზე არსებითი გავლენის მოხდენა არ შეუძლია, ხოლო 9-ბალიანზე უფრო ძლიერი მიწისძვრების რაიონებში საბჭოთა კავშირში მიღებული სამშენებლო ნორმებით მშენებლობა აკრძალულია. ამიტომ არის, რომ ამჟამად სამშენებლო პრაქტიკაში მიწისძვრის ინტენსივობის განსაზღვრა ხდება 9-ბალიანი სკალით (ცხრილი X.1).

მიწისძვრის ინტენსიურობის სკალა

მიწისძვრის მაკალბაზი	სეისმოგრაფის სფერული დრეკალი ქანქარის მაქსიმალური შეფარდებითი გადაადგილება, მმ	მიწისძვრის შედეგები
6	1,1—2,0	<p>ბევრი შენობა ზიანდება. A და B ჯგუფის ცალკეული შენობები მნიშვნელოვნად ზიანდება (იხ. ცხრილს ბოლოს)</p> <p>იშვიათ შემთხვევაში (ტენიანი გრუნტების დროს) შეიძინევა: განივი, ვიწრო ნაპრალები გზებზე; მთიან რაიონებში არის გრუნტების დამეწყვრის და ჩამოშვებების ცალკეული შემთხვევები. შეიძინევა წყაროების დებიტისა და ქებში წყლის დონეების მცირეოდენი ცვლილება</p>
7	2,1—4,0	<p>A ჯგუფის შენობების უმეტესობა მნიშვნელოვნად ზიანდება, ხოლო ზოგიერთი ინგრევა</p> <p>B ჯგუფის შენობების უმეტესობა ზიანდება მსუბუქად, ხოლო ბევრი მათგანი — შესამჩნევად</p> <p>B ჯგუფის ბევრი შენობა ზიანდება მსუბუქად, ხოლო ზოგიერთი — მნიშვნელოვნად</p> <p>გზების მიწაყრილების ციკაბო ფერდობებზე წარმოიშობა მეწყრები, ზოგან შეიძინევა განივი ნაპრალები გზებზე, მილსადენების შეპირაპირების დაძვრა, ქვის ღობეების დანგრევა, აღინიშნება ვიწრო ნაპრალები მშრალ გრუნტებში, მეწყრებისა და შეავეების ცალკეული შემთხვევები მდინარეთა ნაპირებზე და მთიან რაიონებში</p> <p>ცალკეულ შემთხვევაში შეიძლება წყლის შემღვრევა წყალსაცავებსა და მდინარეებში, წყაროების დებიტისა და გრუნტის წყლების დონის ცვალებადობა. ზოგიერთ შემთხვევაში წყარო შრება ან, პირიქით, წარმოიშობა ახალი</p>
8	4,1—8,0	<p>A ჯგუფის ბევრი შენობა ნაწილობრივ ან მთლიანად ინგრევა</p> <p>B ჯგუფის შენობათა უმრავლესობა მნიშვნელოვნად ზიანდება, ზოგიერთი კი ინგრევა</p> <p>B ჯგუფის შენობათა უმეტესობა მსუბუქად ზიანდება, ზოგიერთი კი — მნიშვნელოვნად</p> <p>ცალკეულ შემთხვევებში შეიძინევა მილსადენების შეპირაპირების დაძვრა და მილების აყირაყება. ქვის ღობეების ნგრევა. ნიადაგში შეიძინევა რამდენიმე სმ სიღრმის ნაპრალები, განსაკუთრებით ფერდობებსა და ტენიან გრუნტებში. აღინიშნება დიდი ზომის შეავეები, მეწყრები და ზეავეები. წყალი წყალსაცავებში იმღვრევა. ადგილი აქვს წყაროების დებიტისა და ქებში წყლის დონის ცვლილებას, ახალი წყაროების წარმოქმნას</p>

1	2	3
9	8,1—16,0	<p>A ჭკუფის შენობები მთლიანად ინგრევა. მთლიანად ან ნაწილობრივ ინგრევა B ჭკუფის ბევრი შენობაც, ზიანდება და ნაწილობრივ ინგრევა B ჭკუფის ცალკეული შენობა</p> <p>ზოგიერთ შემთხვევაში აღინიშნება მიწის ვაკისის დაზიანება, რკინიგზის რელსების გამრუდება. ჩნდება დიდი რაოდენობით ნაპრალები, გზებზე წყდება და დეფორმირდება მილსადენები. ადგილი აქვს ძეგლებისა და ქანდაკებების გადაყირავენას, საკვამლე მიწების და კომკების უმეტესობის დაზარევეს, გრუნტებში შეიმჩნევა 10 სმ-მდე და უფრო მეტი სიგანის ნაპრალები. ხეობების ფერდობებზე წარმოიშობა დიდი რაოდენობის მეწყურები და შვავები</p> <p>წყალსაცავებში ძლიერია ზვირთცემა. ხშირად ახალი წყაროები წარმოიშობა, არსებული კი იკარგება</p>

ზემომოყვანილ სკალაში სეისმომედეგობის მეთოდების გამოყენების გარეშე აგებული შენობები გაერთიანებულია სამ ჭკუფ-ში:

A—თიხის, ალიზით ნაგები შენობები;

B — ქვის, აგურის შენობები;

B — ხის შენობები.

დაზიანების ხარისხის დასახასიათებლად მოყვანილ ცნებებში იგულისხმება შემდეგი:

მ ს უ ბ უ ქ ი და ზ ი ა ნ ე ბ ა — იგულისხმება მხოლოდ წვრილი ნაპრალები ბათქაშში, ლუმელების წყობაში და ა. შ.

მ ნ ი შ ვ ნ ე ლ ო ვ ა ნ ი და ზ ი ა ნ ე ბ ა — ნაპრალების გაჩენის გარდა, ბათქაშს ცვივა ცალკეული ნატეხები, წარმოიქმნება წვრილი ნაპრალები კედლებში, ზიანდება გათბობის მიწები და ა. შ.

და ნ გ რ ე ვ ა — მნიშვნელოვანი ნაპრალები კედლებში, ქვის წყობის განშრევება, კედლის ცალკეული უბნების ჩამონგრევა, კარნიზებისა და პარაპეტების ჩამოვარდნა, ბათქაშის ჩამოცვენა, საკვამლე მიწების დანგრევა (ნახ. X.3).

ჩ ა ზ ვ ა ე ვ ბ ა — კედლებისა და გადახურვის მთლიანი ან ნაწილობრივი დანგრევა.



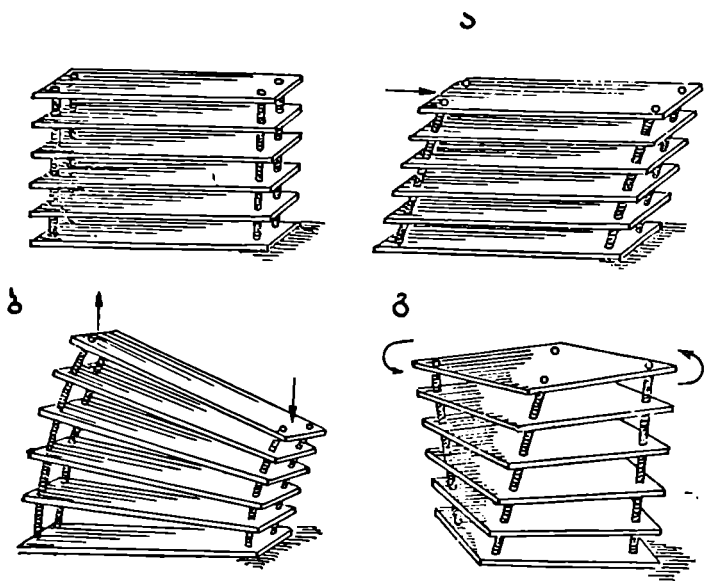
ნახ. X.3. მიწისძვრის შედეგად დანაპარალიანებული და ნაწილობრივ დანგრეული ჭეღი ეკლესიის კედელი (ფოტო ვ. ქოიავასი).

X.2. მუხენაბლობა სეისმურ რაიონებში

მიწისძვრების გავრცელების რაიონებში დიდი ყურადღება ეთმობა სეისმომედეგ ნაგებობათა მუხენაბლობას. ამ ნაგებობათა დაპროექტება გულისხმობს მათ გაანგარიშებას სეისმური ძალის ზეგავლენაზე. მიწისძვრების გავლენით ინგრევა ან მეტნაკლებად ზიანდება ის ნაგებობა, რომლის კონსტრუქცია არ არის გათვლილი მიწისძვრით გამოწვეულ დამატებით დინამიკურ დატვირთვაზე. ნაგებობის ინგრევა ხდება ან უშუალოდ სეისმური რხევების ზემოქმედებით, ან გრუნტის შემკვრივების შედეგად გამოწვეული არათანაბარი ჯდომით.

ცნობილია, რომ მიწისძვრა დედამიწის ზედაპირზე რთული რხევითი გადაადგილების სახით გამოვლინდება. ამ რხევის სპექტრში გამოირჩევა ერთი ან რამდენიმე მთავარი პარამონიკა. როდესაც რომელიმე ამ პარამონიკის რხევის პერიოდი დაემთხვევა ნაგებობის საკუთარი რხევების ქვედა სიხშირეს, წარმოიქმნება რეზონანსული მოვლენა. შესაბამისად მკვეთრად იზრდება ნაგებობის რხევის ამპლიტუდა და იგი ინგრევა. ამით უნდა აიხსნას ზოგიერთი ისეთი შენობის დანგრევა, რომელიც ანტისეისმური მეთოდების გამოყენებით არის აგებული.

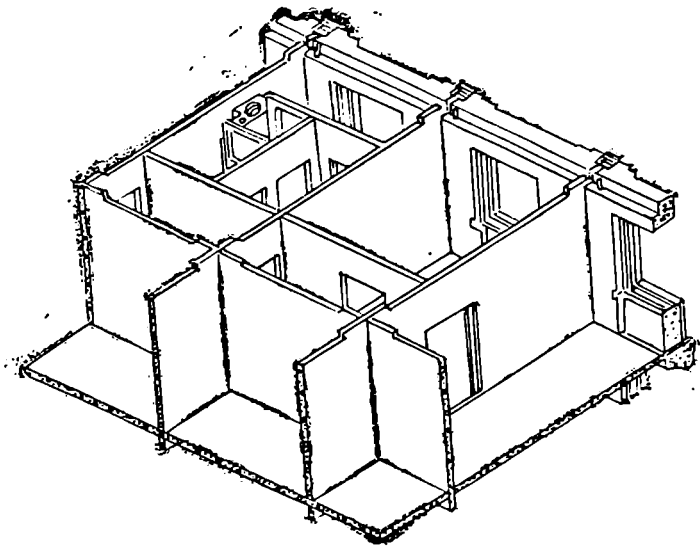
ნაგებობაზე სეისმური ზემოქმედება ხასიათდება რიგი თვისებებით, რომლებიც გამოწვეულია გრუნტის და ნაგებობის რხევების



ნახ. X.4. სეისმური ზემოქმედება კონსტრუქციაზე:
 ა — ძვრა, ბ — ღუნვა და გ — გრეხა.

ინტენსიურობით და ერთობლიობით. ნაგებობის რხევაში გამოირჩევა სამი ძირითადი სახესხვაობა: ძვრა, ღუნვა და გრეხა (ნახ. X.4). მათი ძირითადი მაჩვენებლები: საკუთარი რხევების სიხშირე ანუ პერიოდი და რხევების ფორმა ნაგებობის თვისებებზეა დამოკიდებული.

ბოლო წლებში ჩვენს ქვეყანაში ბევრი რამ გაკეთდა სეისმომდეგი მშენებლობისათვის. დღეისათვის სამრეწველო და სამოქალაქო ობიექტების მშენებლობა არ არის შეზღუდული სამშენებლო ტერიტორიის სეისმური საშიშროებით. შუა აზიაში, სადაც ხშირია მიწისძვრები, იქმნება ახალი ქალაქები, შენდება მალლივი კაშხლები. ალმა-ათაში, მაგალითად, სადაც რამდენიმე ათეული წლის წინათ სახიფათოდ ითვლებოდა ორ-სამსართულიან სახლებში ცხოვრება, 20—25 სართულიანი სახლები შენდება. ყველა ახალი ნაგებობის საიმედოობა მაქსიმალურად არის გარანტირებული. ნაგებობათა სეისმომდეგობის გამოცდა ხდება სპეციალურ პოლიგონებზე გარკვეული წესით შერჩეული აფეთქებების სერიებით. ზოგჯერ გამოსაცდელი შენობის სახურავზე დგამენ მძლავრ ვიბრაციულ მანქანებს, რომლებსაც 9 ბალამდე ძალის ბიძგის იმიტაციის უნარი აქვთ.

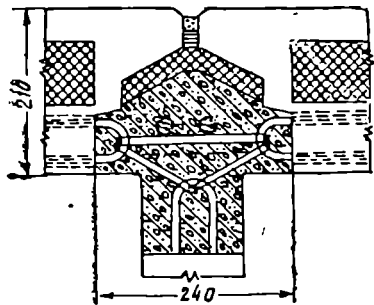


ნახ. X.5. სეისმომედეგი დიდაპანელიანი კონსტრუქციები.

— სეისმომედეგი მშენებლობის მიღწევად უნდა ჩაითვალოს დიდაპანელიანი კონსტრუქციების დანერგვა. როგორც პრაქტიკამ გვიჩვენა, ეს კონსტრუქციები აგურისა და ქვის წყობაზე უფრო კარგად უძლებენ სეისმურ რხევებს და ინარჩუნებენ მდგრადობას (ნახ. X.5).

ანტისეისმურ მშენებლობაში სულ უფრო ფართოდ იყენებენ მონოლითურ ბეტონსაც, რომელსაც ეფექტიანად ახამებენ ასაწყობ დიდაპანელიან ან კარკასულ კონსტრუქციებთან. ამ კონსტრუქციების ცალკეულ კვანძებს აძლიერებენ სპეციალური არმირებით, ხოლო გარე და შიგა კედლებს მკვიდრად აერთებენ არმატურის შედუღებით (ნახ. X.6).

სეისმურ რაიონებში ნაგებობათა დაპროექტებისას პირველ რიგში შეისწავლება საძირკვლის გრუნტები. მიწისძვრას ყველაზე კარგად უძლებს დაუნაპრალიანებელი კლდოვანი, ძირითადად მაგმური ქანები; ცუდად — ფხვიერი ქანები (შეუმკვრივებელი ქვიშა,



ნახ. X.6. კარკასული კონსტრუქცია არმატურის შედუღებით.

ქვიშნარი), აგრეთვე ლიოსური და მაღალლასტიკური თიხოვანი ქანები. ნაგებობათა სიმდგრადეს მნიშვნელოვნად განაპირობებს რელიეფის ხასიათი. ძლიერ დანაწევრებული რელიეფი, ზეობებისა და ხევების ციკაბო ფერდობების სიახლოვე ზრდის ნაგებობათა დაზიანება-დანგრევის საშიშროებას. არასასურველია მშენებლობა აგრეთვე ძლიერ გამოფიტულ, ან ტექტონიკური პროცესებისაგან დანაწევრებულ ქანებზე და დაჭაობებულ, ან გრუნტის წყლების მაღალი დონის ადგილებში. აქ, ცხადია, მეტია მიწისძვრების შედეგად გრუნტების მთლიანობის დარღვევის საშიშროება. ანტისეისმური მშენებლობა ითვალისწინებს შენობებს შორის დიდი შუალედის დატოვებას, ქუჩების ნორმაზე მეტ სიფართოვეს, შენობიდან ორ და მეტ გამოსასვლელს, საძირკვლის თანაბარ სიღრმეზე ჩაჭრას, სარდაფის მოწყობას შენობის მთელ ფართობზე და არა ერთ რომელიმე ადგილას, ყოველ სართულზე, შენობის მთელ კონტურზე რკინა-ბეტონის სარტყლის დატანებას და ა. შ.

ნაგებობის სეისმომდგრადობას მნიშვნელოვნად განაპირობებს მისი კონფიგურაცია. რაც უფრო მარტივია ნაგებობის მოხაზულობა გეგმაში, მით უფრო მდგრადია იგი. თუ ნაგებობას დიდი გავრცელება აქვს ერთი მიმართულებით, მას ყოფენ სპეციალური ნაკერებით ცალკეულ ნაწილებად, რადგან დიდი სიგრძის შენობაში უფრო მოსალოდნელია დედამიწის ზედაპირის სეისმური რხევითი გადაადგილების სხვადასხვაობა, რაც განაპირობებს დამატებითი მხები ძაბვებისა და გამჭიმავი მთავარი ძაბვების წარმოქმნას და შენობის მონოლითურობის დარღვევას. სეისმურ რაიონებში მშენებლობისას ყურადღება ექცევა ნაგებობათა სახურავის კონსტრუქციასაც. სახურავი უნდა იყოს მსუბუქი და საიმედო. არ არის რეკომენდებული გამოშვებული კარნიზები, აივნები და არქიტექტურული ზედმეტობანი.

ნაგებობათა სეისმომდგრადობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია სამშენებლო მასალის მაღალი ხარისხი და მშენებლობის წარმოების სიზუსტე.

მიწისძვრის ადგილებისა და შესაძლო ძალის დადგენა დღეისათვის საკმაო სიზუსტით ხდება. ხანგრძლივი დაკვირვების საფუძველზე შედგენილია სეისმური დარაიონების რუკები. ასეთ რუკებზე გამოყოფილია ტერიტორიები, რომელთა ფარგლებში მოსალოდნელია ამა თუ იმ სიძლიერის მიწისძვრა. საბჭოთა კავშირის სეისმურ რუკებზე მაღალბალიანი მიწისძვრების რაიონები განლაგებულია შორეულ აღმოსავლეთში, ციმბირის სამხრეთ მთიან ზოლში, შუა აზიაში, კავკასიაში, ყირიმში, კარპატებში და ა. შ. საქართველოში რვაბალიანი მიწისძვრების ზონა მდებარეობს სამხრეთ საქართველოში (ახალქალაქისა და ბოგდანოვკის რაიონებში). ასეთივე ტერიტორიებს წარმოადგენენ სომხეთის სსრ სამხრეთ-დასავლეთი რაიონი და დაღესტნის ასსრ.

ბოლო წლებში საბჭოთა კავშირის რამდენიმე მსხვილი ქალაქის ტერიტორიაზე ჩატარებულია სეისმური მიკროდარაიონება, ე. ი. გამოყოფილია ცალკეული უბნები სხვადასხვა სეისმური მდგრადობით, რაც დამოკიდებულია საინჟინრო-გეოლოგიურ და ჰიდროგეოლოგიურ პირობებზე, რელიეფზე, ნაგებობათა განლაგების ხასიათსა და სიხშირეზე. შედგენილია შესაბამისი რუკები, რომლებსაც პროგნოზული ხასიათი აქვთ, რადგან მათი საშუალებით შეიძლება ანტისეისმურ ღონისძიებათა შერჩევა და მშენებლობის რაციონალურად წარმართვა ნაგებობათა მდგრადობის უზრუნველყოფის მიზნით. ასეთი ქალაქების რიცხვს მიეკუთვნება ჩვენი რესპუბლიკის დედაქალაქიც.

ნაგებობათა საძირკვლების მდგრადობის შეფასება სეისმურად აქტიურ რაიონებში პირველ რიგში გულისხმობს მათი ამტანუნარიანობის შესწავლას, რათა თავიდან იქნეს აცილებული საძირკვლის ძვრა და უზრუნველყოფილ იქნეს მისი სიმტკიცე რხევითი ტალღების ზემოქმედების დროს.

ძირითად მახასიათებლებს, რომლებიც განსაზღვრავენ ქანების ამტანუნარიანობას, წარმოადგენს მათი სიმტკიცის მაჩვენებლები, ე. ი. შინაგანი ხახუნის კუთხე და ხვედრითი შეკიდულობა, ხოლო კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანებისათვის—დროებითი წინაღობა კუმშვაზე. საინჟინრო-გეოლოგიური ძიების დროს მთავარი ყურადღება ექცევა საძირკვლის ქანების ამ მაჩვენებლების განსაზღვრას, აგრეთვე ქანების დეფორმაციული თვისებების—საერთო დეფორმაციის მოდულისა და განივი დეფორმაციის კოეფიციენტის შესწავლას.

საძირკვლის გაანგარიშება ამტანუნარიანობაზე სეისმურ რაიონებში ტარდება შემდეგი პირობის დაცვით

$$N = \frac{T}{k} \phi,$$

სადაც N საძირკვლიდან გრუნტზე გადაცემული დატვირთვის ვერტიკალური მდგენელია, ϕ — ფუძის გრუნტის ამტანუნარიანობა, k — სამედლობის კოეფიციენტი, რომელიც მიიღება არა ნაკლებ 1,5-სა, T — მუშაობის პირობების სეისმური კოეფიციენტი. მტკიცე, მკვრივი ქანებისათვის იგი 1,2-ია, საშუალო სიმტკიცის ქანებისათვის — 1,0, ხოლო სუსტი, არამდგრადი ქანებისათვის—0,7.

დედამიწის ქერქის რხევები მარტო ხმელეთზე არ ვრცელდება. ხშირია მათი გამოვლინება ზღვებისა და უმეტესად კი ოკეანეების ფსკერზე. ასეთი სახის ზღვის ძვრები ხშირია წყნარ ოკეანეში. ოკეანის ფსკერზე პლასტიკური და რღვევითი დეფორმაციები წარმოშობენ

გრანდიოზულ ტალღებს, რომელთა სიმაღლე ზოგჯერ 25 მეტრსაც კი აღწევს. ამ ტალღებს ცუნამი ეწოდება. ცუნამი დიდი სისწრაფით (800 კილომეტრამდე საათში) ვრცელდება ნაპირისაკენ და ზოგჯერ მთლიანად მუსრავს ყველაფერს სანაპირო ზოლში. ცუნამის ზემოქმედებას ყველაზე მეტად განიცდის იაპონია, ინდონეზია, ფილიპინები, ჰავაის კუნძულები. ეს მოვლენა შეიმჩნევა აგრეთვე კამჩატკაზე და კურილის კუნძულებზე. ცუნამი იშვიათი მოვლენაა. მაგალითად, უკანასკნელ 200 წლის განმავლობაში კამჩატკისა და კურილის კუნძულების მიდამოებში იგი შეიმჩნეოდა 14-ჯერ, რომელთაგან კატასტროფული იყო ოთხი.

XI თ ა ვ ი

გეომორფოლოგიის საფუძვლები

XI.1. ზოგადი ცნობები

დედამიწის ქერქის გეოლოგიური აგებულება უშუალოდ აისახება რელიეფში. რელიეფის ფორმების თავისებურება, პირველ რიგში, დამოკიდებულია ქანების შედგენილობაზე, სიმტკიცეზე, მათი გავრცელების პირობებზე, ტექტონიკაზე.

გეომორფოლოგია არის მეცნიერება, რომელიც შეისწავლის დედამიწის ზედაპირის რელიეფს, მისი წარმოშობის და განვითარების კანონზომიერებებს.

რელიეფი არის ზედაპირის ყველა ფორმის ერთობლიობა. ზედაპირის უსწორმასწორობანი დინამიკურ მდგომარეობაშია და მუდმივ ცვალებადობასა და გარდაქმნას განიცდის. ამ ცვალებადობის პერიოდში, რომელიც ხანგრძლივი გეოლოგიური დროის განმავლობაში მიმდინარეობს, ქრება ძველი და ჩნდება ახალი ფორმები, რაც ენდოგენური და ეგზოგენური ძალების თანაფარდობაზეა დამოკიდებული.

რელიეფის მნიშვნელობა მეტად დიდია როგორც თანამედროვე გეოლოგიური პროცესების ჩასახვა-განვითარებაში, ასევე კლიმატური პირობების შექმნაში, მცენარეული საფარის გავრცელებაში. ის დიდ ზეგავლენას ახდენს გზების, არხების, ჰიდროტექნიკურ და სხვა საინჟინრო ნაგებობათა განლაგებისა და სიმტკიცის პირობებზე. მშენებელს უნდა შეეძლოს რელიეფის ძირითად თავისებურებათა გათვალისწინება სამშენებლო სამუშაოთა წარმოების დროს, რათა გეოლოგიურ პირობებთან ერთად სწორად შეაფასოს ის ბუნებრივი გარემო, რომელშიაც გამიზნულია მშენებლობა.

რელიეფის ელემენტებს ეკუთვნის ზედაპირი, ხაზები და წერტილები, რომელთა ერთობლიობა რელიეფის ფორმებს იძლევა. რელიეფის ზედაპირი შეიძლება იყოს ჰორიზონტალური, დახრილი, გამოზნექილი, ჩაზნექილი და რთული. ხაზები მიიღება ზედაპირების გადაკვეთის შედეგად. მაგალითად, ქედის ამალლებულ წერტილებზე გადის წყალგამყოფი ხაზი, რომელიც ყოფს მოპირდაპირე ფერდობების ზედაპირებს. ასეთივე ხაზს ქმნის წარბა, რომელიც შეესაბამება ფერდობის მკვეთრი გარდატეხის ადგილს. რელიეფის წერტილებიდან აღსანიშნავია მწვერვალები, უღელტეხილის, შესართავისა და რელიეფის უდაბლესი დონის შესატყვისი წერტილები.

არჩევნ რელიეფის დადებით და უარყოფით ფორმებს. დადებითი ფორმები გამოზნექილია ჰორიზონტის სიბრტყის მიმართ, უარყოფითი კი — ჩაზნექილი.

რელიეფის დადებითი ფორმებიდან აღსანიშნავია: მთიანეთი, მთაგრეხილი, ქედი, მთა, ზეგანი, პლატო, გორაკი, ბორცვი. რელიეფის უარყოფითი ფორმებიდან — ტაფობი, დაბლობი, ხეობა, ხრამი, ღარტაფი, ღელე, ნალვარული, ჩანაქცევი, ძაბრი და სხვა.

წარმოშობის მიხედვით არჩევნ ტექტონიკურ, ეროზიულ და აკუმულაციურ ფორმებს. ტექტონიკური ფორმები დედამიწის ქერქის მოძრაობის პროცესში ყალიბდება. მათ მიეკუთვნება მთათა სისტემები, ზღვიური და ტბიური ჩაღრმავებები და სხვა. ეროზიული ფორმები ზედაპირული წყლების ეროზიული მოქმედების შედეგად წარმოიშობა. ასეთია ხეობების უმეტესობა, ფერდობების ცალკეული სახეები და სხვ. ისინი დროში მუდმივ ცვალებადობას განიცდიან. აკუმულაციური ფორმები, როგორცაა ტერასები, დიუნები, გამოტანის კონუსები და სხვა, გამოფიტვისა და ნაშალი მასალის გადაადგილების და დალექვის შედეგად მიიღება.

რელიეფის ფორმები ერთმანეთისაგან განსხვავდება როგორც სიდიდით, ასევე წარმოშობის პირობებით. სიდიდის მიხედვით ისინი ცვალებადობენ რამდენიმე კვადრატული სანტიმეტრიდან ათეულ და ასეულ ათასობით კვადრატულ კილომეტრამდე. რელიეფის მცირე ფორმებს, რომლებიც სანტიმეტრებით იზომება, მშენებლობის თვალსაზრისით რაიმე არსებითი მნიშვნელობა არა აქვთ. ძლიერ წვრილი ფორმები, რომელთა სიმაღლე რამდენიმე დეციმეტრიდან ერთ მეტრამდეა (მაგალითად, ნიადაგის უსწორმასწორობანი, დროებითი ნაკადებისა და ღვარების მიერ დატოვებული ღარტაფები, ღარები და სხვა), მიუთითებს ზედაპირული წყლების მოქმედების აქტიურობაზე. ასეთ ფორმებს მიკრორელიეფს უწოდებენ. ისინი მცირე ფართობზე ვრცელ-

დებიან. მიკრორელიეფი გვაძლევს მდიდარ ინფორმაციას ბუნებრივი გარემოსა და საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების შესახებ. რელიეფის საშუალო ფორმები ანუ მეზორელიეფი შეიძლება რამდენიმე ასეულ ათას კვადრატულ მეტრ ტერიტორიას მოიცავდეს, დანაწევრების სიღრმე კი აღწევდეს 200 მეტრამდე. მათი გათვალისწინება აუცილებელია მშენებლობის უბნის შესწავლის დროს. რელიეფის მსხვილი ფორმები ანუ მაკრორელიეფი მოიცავს ქედებს, ცალკეულ მთებს, მთიან მასივებს, დიდ ხეობებს, ღრმულებს, დეპრესიებს და ა. შ. მისი დანაწევრების სიღრმე 2 000 მ-ია, ხოლო გავრცელების ფართობი კი ასეულ კვადრატულ კილომეტრს აღწევს. გარდა ამისა, არჩევენ აგრეთვე უმსხვილეს და უდიდეს ფორმებს, რომელთაც პლანეტარული მასშტაბი აქვს.

XI.8. რელიეფის ტიპები

რელიეფის ტიპი ეწოდება რელიეფის ფორმების განსაზღვრულ ერთობლიობას, რომლებსაც მსგავსი წარმოშობა, განვითარება და გეოლოგიური გარემო აქვთ. არჩევენ რელიეფის სამ ძირითად ტიპს: ვაკე, გორაკიანი და მთიანი.

ვაკე რელიეფი ხასიათდება სიმაღლეთა მცირე ცვალებადობით, დაახლოებით 200 მ ფარგლებში. ვაკეები შეიძლება განსხვავდებოდეს აბსოლუტური სიმაღლით, ზედაპირის ფორმით, დანაწევრების ხარისხით, წარმოშობის პირობებით. უკანასკნელის მიხედვით არჩევენ სტრუქტურულ, აკუმულაციურ და სკულპტურულ ვაკეებს.

სტრუქტურული ვაკეების წარმოქმნა გეოლოგიურ პროცესებთან არის დაკავშირებული. მაგალითად, ვულკანური პროცესების შედეგად ლავა შეიძლება გაიშალოს დიდ ფართობზე და წარმოიქმნას ვაკე რელიეფი. აკუმულაციური ვაკეები წარმოიქმნება ნაშალი და გადატანილი მასალის დალექვის შედეგად ზღვაში და ხმელეთზე. ასეთი ტიპის ვაკეები ხშირია დიდი მდინარეების ქვემო წელსა და შესართავში. ამავე ტიპს მიეკუთვნება აკუმულაციურ-ლიოსური ვაკეები, რომლებიც გვხვდება ჩვენი ქვეყნის ევროპული ნაწილის სამხრეთით და შუა აზიაში. ისინი წარმოიქმნება უდაბნოებიდან ქარის მიერ გადმოტანილი მტვრის დალექვის შედეგად.

სკულპტურული ვაკეები კი წარმოიქმნება ტექტონიკური მიზეზით ან რელიეფის წარმომშობი ფაქტორების მიერ ქანების დაშლის შედეგად. გამოყოფენ სკულპტურული ვაკეების ორ სახესხვაობას — აბრაზიულ და დენუდაციურ ვაკეებს. აბრაზიული ვაკე წარმოიშობა ზღვის ტალღების მიერ სანაპიროს დაშლისა და მოსწორების შედეგად, დენუდაციური ვაკეები კი დაკავშირებულია

ატმოსფერული აგენტების მიერ ზედაპირზე ადრე არსებულ უსწორ-მასწორებათა მოსპობასთან და რელიეფის მოსწორებასთან.

ადამიანის საინჟინრო და სამეურნეო საქმიანობის თვალსაზრისით ვაკეები წარმოადგენს რელიეფის ყველაზე უფრო ხელსაყრელ ტიპს.

მთიანი რელიეფის ფარდობითი სიმაღლე 200 მ აღემატება. მთების, ქედებისა და მაღლობების გარდა რელიეფის ამ ტიპს შეიძლება მიეკუთვნოს ხეობები, ტაფობები და სხვა დადაბლებანი, თუ ისინი მთა-ან ზოლშია მოქცეული.

წარმოშობის პირობების მიხედვით მათი იყოფა: ტექტონიკურ, ვულკანურ და ეროზიულ მთებად. პირველი წარმოიშობა დედამიწის ქერქის რთული ტექტონიკური მოძრაობის შედეგად. მეორე — ვულკანური პროცესების გამოვლინებისას, მესამე კი — მდინარეების მიერ ძველი აკუმულაციური ვაკეების შემდგომი დანაწევრებისას.

სიმაღლის მიხედვით არჩევენ მაღალ, საშუალო სიმაღლის და დაბალ მთებს. მაღალი მთების აბსოლუტური ნიშნულები 2 000 მ-ზე მეტია. საშუალო სიმაღლის მთების — 700-დან 2 000 მ-მდე, დაბალისა კი — 700 მ-მდე.

XIV. გეომორფოლოგიის მნიშვნელობა საინჟინრო.

გეოლოგიურ კვლევებში

გეოლოგიური პროცესები რელიეფში გამოვლინდება, ამიტომ მშენებლობის ტერიტორიის გამოკვლევის დროს, გარდა გეოლოგიური პირობების დადგენისა, აუცილებელია გეომორფოლოგიური კვლევების ჩატარებაც, რომლებიც არ უნდა მოიცავდეს მხოლოდ გეომორფოლოგიური ფორმების აღწერას, არამედ მათი საშუალებით უნდა განისაზღვროს გეოლოგიური პროცესების დინამიკა და კონკრეტულ გეომორფოლოგიურ გარემოში მოსალოდნელი გართულებანი. რელიეფწარმომქმნელი პროცესებისა და რელიეფის კვლევა უნდა ტარდებოდეს საინჟინრო ნაგებობების განლაგების ოპტიმალური ვარიანტის მოსაძებნად, მისი რაციონალური და ეფექტური ექსპლუატაციის უზრუნველსაყოფად და დამანგრეველი სტიქიური პროცესებისაგან დასაცავად. საინჟინრო-გეოლოგიური ავალსაზრისით ადგილმდებარეობის გეომორფოლოგიური შეფასების დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს რელიეფის დინამიკურობა. შესაძლებელია, შესწავლის პროცესში არსებული რელიეფის ფორმების წონასწორობა შემდგომში მკვეთრად იქნეს დარღვეული მშენებლობის შედეგად და ამასთან ამ დარღვევამ

უარყოფითი გავლენა მოახდინოს თვით ნაგებობაზე. ამიტომ რელიგიის ფორმების ცვალებადობის პროგნოზი ერთ-ერთი არსებითი საკითხია აღნიშნული კვლევების წარმოების დროს და ნაგებობის ხანგრძლივი ექსპლუატაციის გარანტიას იძლევა.

გეომორფოლოგიურმა კვლევებმა საშუალება უნდა მისცეს გეოლოგს განსაზღვროს გეოლოგიურ-საძიებო სამუშაოთა რაციონალური მოცულობა და ხასიათი, რათა მაქსიმალურად იქნეს გათვალისწინებული შესწავლილი ობიექტის ყველა ის თავისებურება, რომლებმაც შეიძლება უარყოფითად იმოქმედოს მშენებლობაზე ან ნაგებობის შემდგომი ექსპლუატაციის პირობებზე.

მიწისქვეშა წყლები

XII თავი

ჰიდროგეოლოგიის საფუძვლები

XII.1. ჰიდროგეოლოგიის კალევის სახანი

მიწისქვეშა წყლებს უწოდებენ დედამიწის ზედაპირის, ზედაპირული წყალსატევებისა და ნაკადების ქვეშ მდებარე წყლებს.

მეცნიერებას, რომელიც შეისწავლის მიწისქვეშა წყლებს, მათი წარმოშობის, გავრცელების პირობებს, მოძრაობის კანონზომიერებებს და ქიმიურ შედგენილობას, ჰიდროგეოლოგია ეწოდება.

მიწისქვეშა წყლებს საყოველთაო გავრცელება აქვს, თუმცა ისინი დედამიწის წყლიანი გარსის ანუ ჰიდროსფეროს მხოლოდ ნაწილს შეადგენს. ისინი მჭიდროდაა დაკავშირებული ზედაპირულ წყლებთან, ატმოსფეროსთან და მათ შორის გამუდმებით მიმდინარეობს წყალ-ცვლის პროცესი. დედამიწის წიაღში მიწისქვეშა წყლების არსებობისა და მოძრაობის პირობები დამოკიდებულია მათი შემცველი ქანების ლითოლოგიურ — სტრუქტურულ თავისებურებებსა და სივრცობრივ მდებარეობაზე. ქანებთან ხანგრძლივი კონტაქტი განაპირობებს მიწისქვეშა წყლების განლაგებისა და მოძრაობის ძირითად თავისებურებებს, აგრეთვე არსებით გავლენას ახდენს მათ ქიმიურ შედგენილობასა და თვისებებზე.

მიწისქვეშა წყლების, ისევე როგორც საერთოდ ბუნებრივი წყლების პრობლემა, სულ უფრო მეტად აქტუალური ხდება. ამჟამად, როდესაც კაცობრიობამ განვითარების მეტად მაღალ დონეს მიაღწია, მნიშვნელოვნად გაიზარდა მოთხოვნილება მიწისქვეშა წყლებზე. დედამიწის მრავალ ადგილას სასმელი წყლით უზრუნველყოფა არსებობის უმთავრეს ამოცანად გადაიქცა. გამოკვლევები ცხადყოფს, რომ ამჟამად დედამიწის მთელი დასახლებული ტერიტორიის თითქმის ნახევარს არა აქვს, ან მეტად შეზღუდული რაოდენობით გააჩნია მტკნარი წყლის წყაროები. ამავე დროს თანამედროვე მეტალურგიული კომბინატი ან საშუალო სიმძლავრის თბოსადგური წელიწადში ხარჯავს 25 მილიარდ კუბურ მეტრ წყალს. შედარებისათვის შეიძლება აღინიშნოს, რომ დედამიწაზე დღეში მოსახლეობა 1 მილიარდზე მეტ კუბურ მეტრ წყალს ხმარობს, რომლის 30%-ზე მეტს მიწისქვეშა წყლები შეადგენს. მიწისქვეშა წყლების მარაგი ბუნებაში განუზომლად დი-

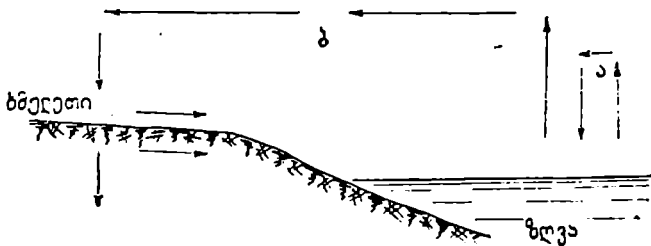
ღია იმასთან შედარებით, რაც ამჟამად ცნობილია და იყენებს ადამიანს. ეს ჰიდროგეოლოგიური შესწავლის არასაკმარისი დონით უნდა აიხსნას. სუსტად არის გამოვლინებული და შესწავლილი მიწისქვეშა წყლები აზიისა და აფრიკის ქვეყნების ტერიტორიებზე, ინდოეთსა და სხვა ქვეყნებში.

მიწისქვეშა წყლები გეოლოგიური პროცესების განვითარების ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორია. ამიტომ ჰიდროგეოლოგიას განიხილავენ როგორც გეოლოგიური დარგის მეცნიერებას, რომელიც შეისწავლის დედამიწის ქერქის გეოლოგიის, გეოქიმიისა და გეოფიზიკის სხვადასხვა ასპექტს. გარდა ამისა, მიწისქვეშა წყალი არის დედამიწის ქერქის ბევრი შემადგენელი ქიმიური კომპონენტის აქტიური გამსხნელი და გადამტანი, რაც საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ იგი როგორც საიმედო ინდიკატორი სასარგებლო წიაღისეულის ძებნისას. მიწისქვეშა წყლების ზემოქმედებით ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები მკვეთრად იცვლება, რაც მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს მშენებლობის გეოლოგიურ პირობებზე მათი გართულების თვალსაზრისით. გარდა ამისა, მიწისქვეშა წყალი ზოგჯერ აგრესიულ გარემოს ქმნის სამშენებლო მასალების მიმართ. ასე, რომ, თუ ერთ შემთხვევაში მიწისქვეშა წყალი არის მეტად საჭირო და სასარგებლო კომპონენტი წყალმომარაგებისა და საბადოთა ძიების მხრივ, სხვა შემთხვევაში გვევლინება როგორც მშენებლობის პირობების გამართლებელი ფაქტორი. მშენებელს უნდა შეეძლოს მიწისქვეშა წყლების შესწავლა, მისი წარმოების მიზნებისათვის გამოყენება და აგრეთვე მათ წინააღმდეგ ბრძოლა შენობების და სხვადასხვა დანიშნულების ობიექტების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პერიოდში.

XII.2. წყალი დედამიწაზე და მისი წარმოქმნა ბუნებაში

წყალი დედამიწაზე მუდმივ მოძრაობაში იმყოფება, რაც წყლის წრებრუნვის სახელწოდებით არის ცნობილი. წრებრუნვის მიზეზია დედამიწის ზედაპირის ტემპერატურის ცვალებადობა მზის რადიაციის გავლენით. მზის სითბო იწვევს წყლის აორთქლებას ოკეანეების, ზღვების, მდინარეების ზედაპირიდან, აგრეთვე ხმელეთიდან და მცენარეული საფარიდან, რის შედეგადაც ხდება ტენის კონდენსაცია ატმოსფეროში და ატმოსფერული ნალექების წარმოქმნა. ხმელეთზე მოსული ნალექების ნაწილი კვლავ აორთქლდება, ნაწილი კი ჩაედინება წყლის აუზებში, საიდანაც მუდმივად ხდება წყლის აორთქლება.

არჩევენ წყლის წრებრუნვის ორ სახეს: მცირე წრებრუნვას (წყლის აუზი — ატმოსფერო — წყლის აუზი) და დიდ წრებრუნვას (წყლის



ნახ. XII. 1. ბუნებაში წყლის წრებრუნვის სქემა:
 ა — მცირე წრებრუნვა, ბ — დიდი წრებრუნვა.

აუზი — ატმოსფერო — ხმელეთი — წყლის აუზი). დიდი წრებრუნვის დროს ხმელეთის ზედაპირზე მოსული წყალი უბრუნდება ზღვას ზედაპირული ჩამონადენის სახით, რომლის გადაადგილება უფრო სწრაფად ხდება ძირითადად მდინარეული ქსელის საშუალებით. ხმელეთზე მოსული ნალექების მნიშვნელოვანი ნაწილი კი მიწის ქერქში ჩაედინება ან ჩაიკონება იმის მიხედვით, თუ როგორია გარემო, რომელშიაც წყალს უხდება მოძრაობა. ეს წყალი ავსებს მიწისქვეშა წყლების მარაგს. ნაწილობრივ მიწისქვეშა წყალიც განიტვირთება ზღვიურ აუზებში. XII.1 ნახაზზე მოცემულია ბუნებაში წყლის წრებრუნვის სქემა.

წყლის საერთო რაოდენობა ოკეანეებში, ზღვებში, მდინარეებსა და ტბებში 1,4 მილიარდი კუბური კილომეტრია. აქედან, ხმელეთის ზედაპირული წყლები მხოლოდ 2,7% შეადგენს. ატმოსფერული ნალექების საერთო წლიური რაოდენობა ჰიდროსფეროს ფარგლებში 412 ათასი კუბური კილომეტრია, ხმელეთზე კი, დაახლოებით, 100 ათასი კუბური კილომეტრი.

XII.3. მიწისქვეშა წყლების წარმოშობა

მიწისქვეშა წყლები წარმოიშობა უმეტესად ინფილტრაციის შედეგად. ინფილტრაციაში იგულისხმება ატმოსფერული ან ზედაპირული წყლების თანდათანობითი ჩაქონვა მიწის ქერქში. ჩაქონვის სიჩქარე დამოკიდებულია ფორების და ნაპრალების სიდიდეზე. ჩაქონვა გაგრძელდება მანამ, სანამ წყალი არ შეხვდება ე. წ. წყალგაუმტარ ფენას, რომელშიც იგი ვეღარ შეაღწევს და მის ზევით გროვდება. ამგვარად წარმოიქმნება წყალშემცველი პორიზონტები, რომლებშიაც წყალი მთლიანად ან ნაწილობრივ ავსებს ქანებში არსებულ ყველა ფორს და სიცარიელეს. ზედაპირიდან მიწის წიაღში ჩაქონილი წყლის რა-

ოღენობა ბევრი ფაქტორით არის განპირობებული, რომელთა შორის აღსანიშნავია: რელიეფი, ქანების შედგენილობა და მათი ფილტრაციონის უნარი, ჰავა, მცენარეულობა, ადამიანის საქმიანობა და ა. შ.

წყლის ინფილტრაცია არ არის ერთადერთი საშუალება მიწისქვეშა წყლების წარმოშობისა. როგორც დაკვირვებები გვიჩვენებს, მიწისქვეშა წყლები წარმოიშობა მშრალი ჰავის პირობებშიც, სადაც, როგორც ატმოსფერული ნალექები, ასევე ზედაპირული წყლები მცირე რაოდენობითაა და მათი მიწის წიაღში ჩადინება მეტად უმნიშვნელოა. ასეთ შემთხვევებში მთავარი როლი ენიჭება ატმოსფეროში არსებული წყლის ორთქლის კონდენსაციას ქანების ფორმებსა და სიციარიელებში. ეს პროცესი მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული როგორც ქანების გაფხვიერების ხარისხზე, რაც განპირობებს მათში ჰაერის და, მაშასადამე, წყლის ორთქლის შეღწევის უნარს, ასევე ჰაერის ტენიანობასა და ტემპერატურის დღეღამური მერყეობის სიდიდეზე.

მიწისქვეშა წყლების გარკვეული ნაწილის წარმოშობა დაკავშირებულია ძველ ზღვიურ აუზებში დანალექი ქანების ჩამოყალიბების პროცესთან, რადგანაც დალექვის დროს მყარ მასალასთან ერთად ხდება ზღვის წყლის გარკვეული რაოდენობის განამარხებაც დანალექი ქანების ფორმებში. ასეთი წყლები განამარხებული ანუ სედიმენტაციური წყლების სახელწოდებით არის ცნობილი.

მიწისქვეშა წყლების ცალკე ჯგუფს შეადგენს ე. წ. იუვენური წყლები, რომლებიც დედამიწის წიაღში მაღალი ტემპერატურისა და წნევის პირობებში წარმოიქმნება წყალბადისა და ქანგბადის სინთეზის შედეგად, უმეტესად აქტიური მაგმური კერების სიახლოვეს. ეს წყლები ზედაპირზე შეიძლება მოგვევლინოს წყლის ორთქლისა და მაღალტემპერატურული წყაროების სახით ვულკანური მოქმედების რაიონებში.

საერთოდ, მიწისქვეშა წყლების წარმოშობისა და ფორმირების საკითხი შეიძლება განვიხილოთ როგორც რთული გეოქიმიური პროცესი, რომლის დროსაც ხდება წყლით მიწის ქერქის სხვადასხვა შრის არა მარტო შევსება, არამედ წყლის ქიმიური ბუნების ჩამოყალიბებაც. მკვლევართა უმეტესობის აზრით მცირე სიღრმეზე მდებარე მიწისქვეშა წყლების ჰორიზონტების წარმოქმნაში მთავარი როლი ინფილტრაციის პროცესს ეკუთვნის. თუმცა, როგორც აღვნიშნეთ, გარკვეულ ბუნებრივ გარემოში ადვილი შესაძლებელია უფრო ხელსაყრელი პირობები შეიქმნას კონდენსაციური წყლის წარმოქმნისათვის. წყლის საერთო წრებრუნვაში განამარხებული და იუვენური წყლების როლი უმნიშვნელოა.

ფიზიკური თვისებები. მიწისქვეშა წყლების ძირითადი ფიზიკური თვისებებია: ტემპერატურა, ფერი, გამჭვირვალობა, გემო და სუნი.

ტემპერატურა ფართო საზღვრებში იცვლება. მაღალმთიან რაიონებსა და მუდმივი გამყინვარების პირობებში ის ნულს უახლოვდება, ხოლო ზოგჯერ ნულზე დაბალია. ვულკანური კერების სიახლოვეს წყლის ტემპერატურა ძალიან მაღალია, შეიძლება 100°C-ს აჭარბებდეს. საქართველოში გვაქვს მაღალტემპერატურული ანუ თერმული წყლები თბილისში, ცაიშში, ტყვარჩელის რაიონში, ოჩამჩირეში და სხვაგან.

ფერი დამოკიდებულია წყალში მექანიკური ან ორგანული მინარევების შემცველობაზე. ქიმიურად სუფთა წყალი უფეროა.

გამჭვირვალობა დამოკიდებულია წყალში მექანიკური მინარევების, კოლოიდების და ორგანული ნივთიერების შემცველობაზე. სუფთა წყალი სრულიად გამჭვირვალეა.

გემოს წყალს აძლევს მასში გახსნილი ნივთიერებები. მლაშე გემოს აძლევს ქლორიანი ნატრიუმი, მწარეს — მაგნიუმის სულფატი, უნაგის გემოს — რკინის მარილები.

წყლის სუნი მიუთითებს ბიოქიმიური წარმოშობის გაზების (გოგირდწყალბადი და სხვა) ან ლპობად ორგანულ ნივთიერებათა არსებობაზე.

მიწისქვეშა წყლების ქიმიური შედგენილობა. მიწისქვეშა წყლები რთული ბუნებრივი ნაერთებია, რომლებიც მჭიდრო კავშირსა და ურთიერთქმედებაში იმყოფება ბუნებრივ გარემოსთან. მიწისქვეშა წყლების ქიმიური შედგენილობა მეტად მრავალფეროვანი და რთულია, რაც, ერთის მხრივ, განპირობებულია თვით წყლის სტრუქტურით, ხოლო მეორეს მხრივ — იმ ქანების ქიმიური ბუნებით, რომელშიაც ეს წყალი მოძრაობს. მიწისქვეშა წყლების ქიმიური შედგენილობის ჩამოყალიბება ხდება შემდეგი ძირითადი პროცესებით: გახსნა, ჰიდროლიზური დაშლა ანუ გამოტუტვა, იონური გაცვლა, დიფუზიური გამოტუტვა და აგრეთვე ბიოლოგიური პროცესები.

გახსნა ქიმიური თვალსაზრისით წყლის ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანი თვისებაა. წყალი უნივერსალური გამხსნელია, რომელსაც უნარი შესწევს მრავალი ასეული მინერალი, ქიმიური ნაერთი და ქანი გახსნას სხვადასხვანაირი ინტენსიურობით. მიწის ქერქის შედგენილობაში არის მრავალი ადვილხსნადი ნივთიერება (უმთავრესად ქლო-

რიდებისა და სულფატების სახით), რომლებიც წყალთან ურთიერთქმედებისას გადადის ხსნარში, რის გამოც წყლები მდიდრდება სხვადასხვა ქიმიური ელემენტებით.

ჰიდროლიზური დაშლა ანუ გამოტუტვა არის მიწისქვეშა წყლების მიერ ქანის რომელიმე შემადგენელი ნაწილის შერჩევითი გახსნა და გამოტანა. ეს პროცესი განსაკუთრებით ინტენსიურად მიმდინარეობს დედამიწის ქერქის სულ ზედა ნაწილში — გამოფიტვის ქერქში. გამოტუტვის შედეგად მიწისქვეშა წყლები მდიდრდება ნატრიუმის, კალიუმის, კალციუმის, მაგნიუმის მარილებით და სხვა ელემენტებით.

იონური ცვლა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მიწისქვეშა წყლების ქიმიურ შედგენილობაზე. ეს პროცესი უმეტესად თიხოვან ქანებში მიმდინარეობს და გულისხმობს ამ ქანების გაცვლით კომპლექსში შემაჯავლი კალციუმის კათიონების ურთიერთშენაცვლებას ზღვის წყალში არსებულ ნატრიუმის კათიონებთან, რომელთა სიუხვე ხელს უწყობს ზღვიური წარმოშობის თიხებში ამ პროცესის განვითარებას. დიფუზიური გამოტუტვა ხდება ქანებთან წყლის ხანგრძლივი კონტაქტის დროს. იონური ცვლის პროცესებისაგან განსხვავებით, აქ ხსნარის კათიონებთან ურთიერთქმედებენ მინერალების კრისტალურ მესერში შემაჯავლი კათიონები.

ბიოლოგიური პროცესები დიდ როლს ასრულებს მიწისქვეშა წყლის ქიმიური ბუნების ჩამოყალიბებაში. განსაკუთრებით დიდია აქ მიკროორგანიზმების როლი. ისინი განაპირობებენ ჟანგვის პროცესებს, ანაერობული ბაქტერიებით სულფატური და აზოტმეჯავ მარილების აღდგენის პროცესს, წყლის გაზური შემადგენლის ფორმირებას და სხვა.

მიწისქვეშა და ზედაპირული წყლების ქიმიური შედგენილობა მჭიდრო ურთიერთობაშია, ამიტომ მიწისქვეშა წყლების ქიმიური ბუნების შეცვლის ხშირი მიზეზია ზედაპირული წყლების გაჭუჭყიანება სხვადასხვა ტექნიკური და საყოფაცხოვრებო წყლებით, სამრეწველო საწარმოების მიერ ნახმარი წყლებით, რომლებიც იჭრება წყალშემცველ პორიზონტებში და იწვევს მიწისქვეშა წყლების ქიმიური შედგენილობის მკვეთრ ცვლილებას. ამჟამად გარემომცველი ბუნების დაცვის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ნაწილია მიწისქვეშა წყლების დაცვა გაჭუჭყიანებისაგან, რასაც ადამიანისათვის სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს.

მიწისქვეშა წყლები ყოველთვის შეიცავს გახსნილი სახით მარილებს, აირებისა და ორგანული ნაერთების გარკვეულ რაოდენობას.

წყალში გახსნილი აირები (O_2 , CO_2 , CH_4 , N_2 , H_2S და სხვა) მას აძლევს გარკვეულ გემოსა და თვისებებს. საერთოდ კი მიწისქვეშა წყლებს ფიზიკური და ქიმიური თვისებების ერთობლიობა განსაზღვრავს მათი გამოყენების ხარისხს სასმელი, სამკურნალო ან ტექნიკური მიზნებისათვის. სასმელად ვარგისი წყალი უნდა იყოს სასიამოვნო გემოსი, უფერო, გამჟღავნებელი და არ უნდა ჰქონდეს სუნის. გახსნილი მარილების რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს 1 გ/ლიტრში. დაუშვებელია ადამიანის ჯანმრთელობისათვის მკვეთრი ქიმიური ელემენტების (ტყვია — 0,1 მგ/ლ, დარიშხანი — 0,05 მგ/ლ, თუთია — 5 მგ/ლ, ფტორი — 1,5 მგ/ლ და სხვა) და აგრეთვე სხვადასხვა დაავადების გამომწვევი ბაქტერიების შემცველობა. ეს უკანასკნელი ნაწილობრივ შეიძლება მოცილებულ იქნეს წყლის დამუშავებით ულტრაბგერის, ქლორირების ან დულილის საშუალებით. ორგანული მინარევებს რაოდენობის დადგენა ხდება ბაქტერიოლოგიური ანალიზით. წყალმომარაგების ყველა წყარო მუდმივი კონტროლის ქვეშ იმყოფება, რაც უზრუნველყოფს წყლის სასმელი თვისებების სისტემატურ შემოწმებას. წყლის სანიტარული შეფასებისათვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მასში ნაწლავის ჩხირის (ბაქტერია კოლი) განსაზღვრა. ნაწლავის ჩხირის არსებობა მიუთითებს ფეკალური ჩანადენით წყლის გაქუჩვიანებაზე. 1 ლიტრ წყალში არსებულ ნაწლავის ჩხირების რიცხვს ეწოდება „კოლი-ინდექსი“. წყლის უმცირეს რაოდენობას, რომელშიც აღმოჩნდება 1 ნაწლავის ჩხირი, ეწოდება „კოლი-ტიტრი“, ინდექსი სასმელი წყლისათვის არ უნდა აღემატებოდეს 3-ს, ხოლო კოლი-ტიტრი არ უნდა იყოს 250—300 მილილიტრზე ნაკლები*, ე. ი. ამ მოცულობის წყალში დასაშვებია 1 ნაწლავის ჩხირი.

წყალში გახსნილი იონების, მოლეკულების, ორგანული და კოლოიდური შენაერთების ჯამური რაოდენობა განსაზღვრავს ამ წყლის საერთო მინერალიზაციას. საერთო მინერალიზაციას (M) გამოხატავენ წონით ერთეულებში (მილიგრამი ან გრამი) ერთ ლიტრ წყალში. მინერალიზაციაზე წარმოდგენას იძლევა მშრალი ნაშთი, რომელიც რჩება ჭურჭელში წყლის აორთქლების შემდეგ 105—110°-ზე. საერთო მინერალიზაცია მნიშვნელოვანი მახასიათებელია, რომელიც ხშირად განსაზღვრავს მიწისქვეშა წყლების წარმოშობის პირობებს და ქიმიურ ტიპს.

საერთო მინერალიზაციის ხარისხის მიხედვით ბუნებრივ წყლებს ანაწილებენ მტკნარ წყლებად ($M < 1$ გ/ლ-მდე), მომლაშო (1—10 გ/ლ), მლაშე ($M = 10 - 50$ გ/ლ) და წათხებად ($M > 50$ გ/ლ). მიწისქვეშა წყლების ქიმიური შედგენილობის დამახასიათებელი კომპონენტებია

* 1 მილილიტრი = 1 სმ³.

ექვსი ძირითადი იონი: ქლორი (Cl^-), სულფატი (SO_4^{2-}), ჰიდროკარბონატი (HCO_3^-), ნატრიუმი (Na^+), კალციუმი (Ca^{2+}) და მაგნიუმი (Mg^{2+}), რომელთა კომბინაცია წარმოქმნის წყლებში ქლორიდულ, სულფატურ ან კარბონატულ მარილოვან კომპლექსებს. წყალში გახსნილი მარილების რაოდენობა და შედგენილობა განისაზღვრება ქიმიური ანალიზით. ქიმიური შედგენილობის შესწავლას შეიძლება ჰქონდეს სხვადასხვა მიზანდასახულობა: მიწისქვეშა წყლების წარმოშობის პირობების გარკვევა, სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების ძებნა ჰიდროქიმიური მეთოდებით, მიწისქვეშა წყლების ქიმიურ ნედლეულად, წყალმომარაგების წყაროდ ან ბალნეოლოგიური მიზნებისათვის გამოყენება და ა. შ. ამის შესაბამისად ქიმიური ანალიზის სახეობანიც სხვადასხვაა: ტიპური, სრული, სანიტარული, ბალნეოლოგიური, ტექნიკური და სხვა.

წყლის ქიმიური ანალიზის შედეგებს გამოსახვენ ცალკეული იონების წონითი რაოდენობებით ხსნარის მოცულობის ერთეულში, ანუ ე. წ. წონით-იონური ფორმით. ამ დროს მხედველობაში მიიღება ის ფაქტი, რომ ხსნარში (ბუნებრივ წყალში) არსებული იონები ერთმანეთთან რეაქციაში შედის მკაცრად განსაზღვრული ეკვივალენტური რაოდენობით. ეკვივალენტი არის ატომური წონის განაყოფი ვალენტობაზე. მაგალითად, კალციუმის იონის ეკვივალენტი ტოლია $20(40:2)$, სულფატისა (SO_4^{2-}) — $48(96:2)$ და ა. შ. წონით-იონური ფორმის ეკვივალენტურში გადასაყვანად საჭიროა მოცემული იონის აბსოლუტური შემცველობა მგ/ლ, ან გ/ლ-ში გავყოთ ამ იონის ეკვივალენტზე. თუ ანიონებისა და კათიონების შემცველობა მოცემულია ეკვივალენტურ ფორმაში, მაშინ ხსნარების ელექტრონეიტრალობის პრინციპიდან გამომდინარე, ანიონების ჯამი კათიონების ჯამის ტოლია: $\sum_{-} = \sum_{+}$. ცალ-ცალკე ეს ჯამი შეიძლება ჩავთვალოთ 100%-ად და თითოეული იონის შემცველობა გამოვსახოთ პროცენტებში. მივიღებთ წყლის ქიმიური ანალიზის გამოსახვის პროცენტ-ეკვივალენტურ ფორმას:

$$\sum_{i} - 100\%, \\ i - x\%.$$

i — საძიებო იონის შემცველობა ეკვივალენტურ ფორმაში;

x — იგივე იონის შემცველობა პროცენტ-ეკვივალენტურ ფორმაში.

პროცენტ-ეკვივალენტური ფორმით მოცემული წყლის ქიმიური შედგენილობის მოკლედ ჩასაწერად ძალზე მოსახერხებელია კუროვის ფორმულა. ამ ფორმულას აქვს ცრუ წილადის სახე, რომლის მრიცხველში კლებადი რიგით იწერება ანიონების შემცველობა პროცენტ-მილიგრამ ეკვივალენტებში, ხოლო მნიშვნელში — კათი-

იონების შემცველობა. წილადის წინ ასო M-ს ინდექსად აქვს საერთო მინერალიზაციის გამომსახველი რიცხვი გრამებში ლიტრზე. M-ის წინ იწერება თავისუფალი აირების რაოდენობა და იშვიათი ელემენტების შემცველობა გ/ლ, წილადის შემდეგ კი — წყლის დებიტი და ტემპერატურა. თუ იონების შემცველობა 10%-ზე ნაკლებია, ჩვეულებრივად, ისინი ფორმულაში არ მოიყვანება. ქვემოთ მოცემულია საქვეყნოდ ცნობილი „ბორჯომის“ მინერალური წყლის ქიმიური ანალიზი წონითი იონური ფორმით კურლოვის ფორმულის გამოყენებით.

ცხრილი XII.1

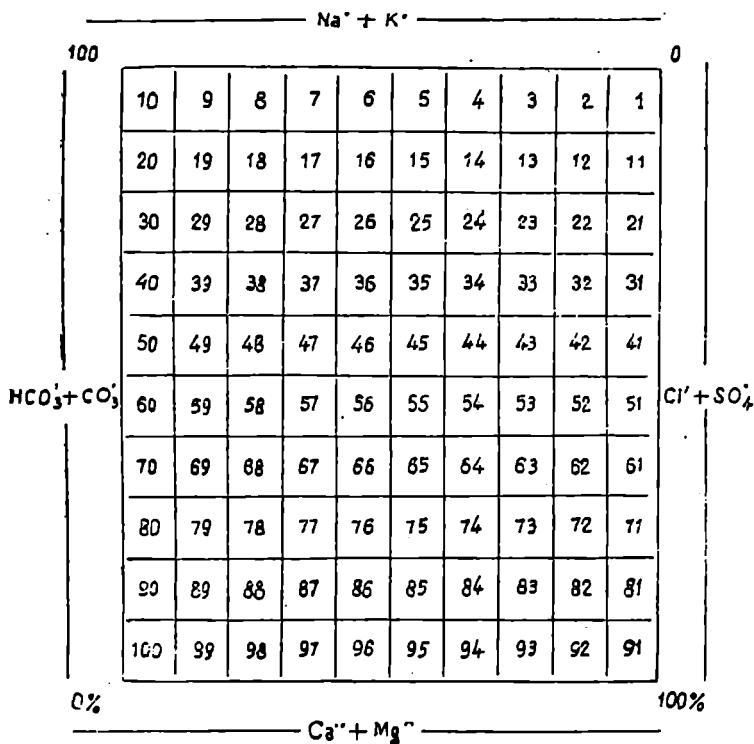
ბორჯომის № 1 წყაროს წყლის ქიმიური ანალიზის შედეგები

იონები	გ/ლ	მგ. კევ.	მგ. კევ%	კურლოვის ფორმულა
K ⁺	0,0280	0,71	0,94	$\text{CO}_2 0,9 \cdot \text{M}_{610} \frac{\text{HCO}_3 85 \text{Cl} 14}{\text{Na} 86} t^\circ = 29,6^\circ$
Na ⁺	1,4984	65,15	85,88	
Ca ⁺⁺	0,1200	6,00	7,91	
Mg ⁺⁺	0,0467	3,84	5,06	
Fe ⁺⁺	0,0045	0,16	0,21	
		75,86	100,00	
Cl [']	0,3884	10,94	14,42	
Br [']	0,0007	—	—	
I [']	0,0002	—	—	
SO ₄ ^{''}	0,0069	0,14	0,18	
HCO ₃ [']	3,9520	64,78	85,40	
საერთო მინერალიზაცია	6,0458	75,86	100,00	

თავისუფალი ნახშირორჟანგი — CO₂ 0,9896

წყლის ქიმიური ანალიზის თვალსაჩინო გამომსახველობისათვის ზოგჯერ გრაფიკულ ხერხსაც მიმართავენ. ძალზე მოსახერხებელია პროფ. ნ. ტოლსტინინის მიერ შემოთავაზებული გრაფიკი (ნახ. XII.2),

რომელიც წარმოადგენს კვადრატს. ამ კვადრატის ყოველი გვერდი და-
 ყოფილია 10 თანაბარ ნაწილად (რაც შეესაბამება 100 მგ-ექვ%-ს).
 ჰორიზონტალურ გვერდზე იღებენ კათიონების რაოდენობას (მგ-
 ექვ. %-ში), ზევით, მარჯვნიდან მარცხნივ — $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, ქვემოთ მარ-
 ცხნიდან მარჯვნივ — $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$. ვერტიკალურ გვერდებზე იღებენ
 ანიონების რაოდენობას: მარცხენა მხარეზე ქვევიდან ზევით
 $\text{HCO}_3' + \text{CO}_3''$, მარჯვენა მხარეზე ზევიდან ქვევით $\text{Cl}' + \text{SO}_4''$. ყოველ
 წერტილს კვადრატის შიგნით აქვს 4 კოორდინატი, რომელიც შეესაბა-
 მება $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$, $\text{HCO}_3' + \text{CO}_3''$, $\text{Cl}' + \text{SO}_4''$ შემცველობას მგ-
 ექვ. %-ში.



ნახ. XII. 2. ტოლსტიხინის გრაფიკი — კვადრატი.

წყლის ქიმიური შედგენილობა შეიძლება გამოისახოს ერთი წერ-
 ტილით. თუ წერტილი მოთავსდა კვადრატის ზედა მარჯვენა კუთხე-
 ში, წყალი მიეკუთვნება ჰიდროკარბონატულ-კალციუმიან ტიპს, თუ
 მარცხენა ზედა კუთხეში — ჰიდროკარბონატულ-ნატრიუმიანს; მარ-

ცხენა ქვედა კუთხეში ქლორ-ნატრიუმის წყლებია, ხოლო მარჯვენა ქვედა კუთხეში—სულფატ-კალციუმისანი.

გარდა ზემოაღნიშნულისა, არსებობს კიდევ სხვა მეთოდები წყლის ანალიზის შედეგების გამოსახატავად: გრაფიკი—სამკუთხედი, გრაფიკი — წრე, შჩუკარევის გრაფიკი, სულინის დიაგრამა ნეთობის საბადოების წყლებისათვის, ალექინის კლასიფიკაცია და სხვა.

ბუნებრივი წყლების საერთო ქიმიური თვისებებიდან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სიხისტე, აგრესიულობა და გარემოს რეაქცია.

ს ი ხ ი ს ტ ე გამოწვეულია წყალში გახსნილი კალციუმისა და მაგნიუმის მარილებით. ხისტი წყალი ძნელად ქაფდება, წარმოქმნის მინალექს ორთქლის ქვაბებში, რითაც მკვეთრად ირღვევა საწარმოო ტექნოლოგიური პროცესის სითბური რეჟიმი. არჩევენ საერთო, კარბონატულ ანუ დროებით და მუდმივ სიხისტეს. საერთო სიხისტე განისაზღვრება კალციუმისა და მაგნიუმის ქლორიდული, სულფატური და კარბონატული მარილების ჯამური შემცველობით. დროებითი სიხისტე გამოწვეულია აღნიშნული ელემენტების ბიკარბონატებით, ხოლო მუდმივი — შესაბამისად, ქლორიდებით და სულფატებით. კარბონატული სიხისტე ადვილი მოსაცილებელია დუღილის საშუალებით. ამჟამად სიხისტეს გამოხატავენ კალციუმისა და მაგნიუმის შემცველობის მიხედვით მილიგრამ-ექვივალენტებში. მოქველებული ფორმაა სიხისტის გამოსახვა ე. წ. გერმანულ გრადუსებში. ერთი გერმანული გრადუსი შეესაბამება 1 ლიტრ წყალში 10 მგ CaO -ს ან 7,2 მგ MgO -ს შემცველობას. შესაბამისად, სიხისტის 1 მილიგრამ-ექვივალენტი 1 ლიტრ წყალში 20,04 მილიგრამი კალციუმის იონის ან 12,6 მგ მაგნიუმის იონის შემცველობის ტოლია. სიხისტის მიხედვით არჩევენ რბილ (3 მგ-ექვივალენტზე ნაკლები), საშუალო სიხისტის (3—6 მგ-ექვ), ხისტ (6—9 მგ-ექვ) და ძლიერ ხისტ (9 მგ-ექვ-ზე მეტი) წყალს.

სასმელად ყველაზე ვარგისია მიწისქვეშა წყლები, რომელთა საერთო სიხისტე 3—7 მგ-ექვივალენტი. ხისტი წყლები უვარგისია მრეწველობის მთელი რიგი დარგებისათვის, როგორცაა: ქალაქისა და ცელულოზის, შაქრის, ტყავის წარმოება, მისი გამოყენება არ შეიძლება ორთქლის ქვაბებში და სხვ.

მიწისქვეშა წყლების აგრესიულობა ვლინდება მათ დამშლელ ზემოქმედებაში ბეტონისა და რკინის მიმართ. ბეტონის მიმართ აგრესიულად ითვლება წყალი, რომელიც შეიცავს დასაშვებზე მეტი რაოდენობით სულფატებს და აგრესიულ ნახშირორჟანგს. შესაბამისად, არჩევენ წყლის სულფატურ და ნახშირმჟავა აგრესიულობას.

სულფატური აგრესიის დროს, სულფატის იონის მაღალი შემცველობის გამო, ბეტონში ხდება სულფატური შენაერთების კრისტალიზაცია.

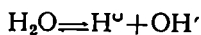
ნახშირმჟავა აგრესიის დროს აგრესიული ნახშირორჟანგის ზემოქმედებისას ხდება ბეტონის შემადგენელი CaCO_3 -ს გახსნა და გამოტუტვა.

ქანგბადოვანი აგრესია გამოწვეულია წყალში ქანგბადის არსებობით და გამოვლინდება ლითონებზე კოროზიულ ზემოქმედებაში.

საერთო მჟავური აგრესია განპირობებულია წყალში წყალბად-იონების კონცენტრაციის ანუ pH-ის დაბალი მაჩვენებლებით, რის გამოც ძლიერდება კარბონატის გახსნის პროცესი.

მაგნეზიური აგრესია, ისევე როგორც სულფატური, იწვევს ბეტონის დაშლას იმ შემთხვევაში, თუ ბეტონში შეღწეულ წყალში დიდი რაოდენობით არის მაგნიუმის იონი.

წყლის რეაქცია განისაზღვრება წყალბადის იონების კონცენტრაციით. წყალი უმნიშვნელოდ დისოცირდება შემდეგი სქემის მიხედვით



დისტილირებულ წყალში წყალბადისა და ჰიდროქსილიონების კონცენტრაციის ნამრავლი 10^{-14} გ.იონი/ლ-ია. წყალბადის იონების კონცენტრაციას გამოსახავენ ლოგარითმის სახით, შებრუნებული ნიშნით და აღნიშნავენ pH-ით. ამრიგად, $\text{pH} = -\lg(\text{H}^+)$. მჟავე და ტუტე რეაქციას გამოსახავენ წყალბადიონების კონცენტრაციით, რადგან მათი განსაზღვრა უფრო იოლია, ვიდრე ჰიდროქსილიონების კონცენტრაციისა. როდესაც $\text{pH} = 7$, წყლის რეაქცია ნეიტრალურია, $\text{pH} < 7$ — მჟავეა, ხოლო $\text{pH} > 7$ — ტუტე.

მიწისქვეშა წყლებში pH-ის სიდიდე დამოკიდებულია მასში ნახშირმჟავას სხვადასხვა ფორმების შემცველობისაგან, ორგანული მჟავების, აირების, მიკროორგანიზმების არსებობისაგან, მარილების ჰიდროლიზისაგან და სხვა. ბუნებრივი წყლების უმეტეს ნაწილს pH აქვთ 6—8,4 საზღვრებში.

მომატებული მჟავიანობა ($\text{pH} < 6$) დამახასიათებელია ჭაობის, მადნეულისა და ზოგიერთი მინერალური წყლისათვის. ტუტე რეაქციით ხშირად ხასიათდება გვალვიანი რაიონების მაღალმინერალიზებული გრუნტის წყლები, რომელთა pH აღწევს 9—10-ს.

ნებისმიერი შედგენილობისა და ფიზიკური მდგომარეობის ქანი შეიცავს წყლის განსაზღვრულ რაოდენობას. ქანებში შეიძლება შეგვხვდეს წყლის შემდეგი სახეობა:

1. წყალი ორთქლის სახით, 2. ბმული წყალი, 3. კაპილარული წყალი, 4. გრავიტაციული წყალი, 5. წყალი მყარი სახით, 6. წყალი მინერალთა კრისტალურ მესერში.

წყალი ორთქლის სახით იმყოფება იმ ჰაერში, რომელიც ავსებს ქანების ფორებს და სიცარიელებს. ორთქლს დრეკადი თვისებები გააჩნია და ამიტომ მისი გადაადგილება ხდება ქანის ცალკეულ უბნებს შორის ტემპერატურული განსხვავების შესაბამისად, ზამთარში — ქვემოდან ზემოთ, ხოლო ზაფხულში — პირიქით. ჰაერის გაცივებისას ორთქლი კონდენსირდება და გადადის წვეთოვან-თხევად მდგომარეობაში.

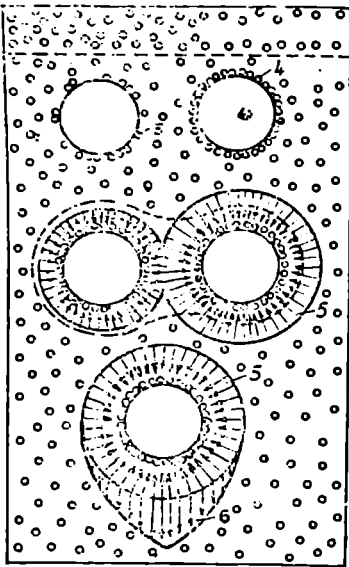
ბმულ ანუ ფიზიკურად შეკავშირებულ წყალში ასხვავებენ ჰიგროსკოპულ და აპკურ წყალს. პირველი მათგანი წყლის ცალკეული მოლეკულების ან მოლეკულათა ჯგუფების სახით მოლეკულური და ელექტრული ძალებით მჭიდროდ არის დაკავშირებული ქანის ზედაპირთან და გადაადგილებას არ განიცდის. აპკური წყალი კი მთლიანი აპკის სახით აკრავს ქანის ნაწილაკს და გადაადგილება ერთი ნაწილაკიდან მეორეზე აპკების სისქის გათანაბრების შედეგად. ეს წყალი დაკავშირებულია ქანის ზედაპირთან მოლეკულური შეჭიდულობის ძალების გავლენით და სიმძიმის ძალას არ ემორჩილება.

კაპილარული წყალი ავსებს ქანების უწყვრილეს ფორებს და შეკავებულია მათში ზედაპირული დაჭიმულობის ძალებით. კაპილარული წყალი აღმავალი მოძრაობით ხასიათდება. კაპილარული აწევის სიმაღლე დამოკიდებულია ქანების მექანიკურ შედგენილობასა და ფორების დიამეტრზე. რაც უფრო წვრილმარცვლოვანია ქანი, მით მეტია მასში კაპილარული აწევის სიმაღლე.

გრავიტაციულ წყალს, წყლის განხილული სახეებისაგან განსხვავებით, აქვს თხევადი წყლის თვისებები და შეუძლია გადაადგილება სიმძიმის ძალის გავლენით. იგი ავსებს ქანში არსებულ ყველა სიცარიელეს და გადასცემს ჰიდროსტატიკურ წნევას. გრავიტაციულ ანუ თავისუფალ წყალსა და კაპილარულ წყალს შორის მჭიდრო კავშირია. თავისუფალი წყლის დონის ცვალებადობის შესაბამისად იცვლება წყლის დონე კაპილარულ ზონაში. გრავიტაციული წყალი შეიძლება იყოს წნევიანი და უდაწნეო.

წყალი მყარი სახით ქანებში გვხვდება მუდმივი გამყინვარების ზონებში და წარმოდგენილია ყინულით.

მინერალთა კრისტალურ მესერში არსებული



ნახ. XII.3. წყლის სახეობანი გრუნტებში (ა. ვასილიევის მიხედვით):
 1 — გრუნტის ნაწილაკები, 2 — წყლის მოლეკულები, 3 — ჰიგროსკოპული წყალი, 4 — სრული ჰიგროსკოპულობა, 5 — ფიზიკურად შეკავშირებული ანუ ბმული წყალი, 6 — გრაფიტაციული წყალი.

წყალი უშუალოდ მონაწილეობს ამა თუ იმ მინერალის სტრუქტურის აღნაგობაში. ეს არის ქიმიურად ბმული წყალი. არჩევენ კონსტიტუციურ, კრისტალიზაციურ და ცეოლითურ წყალს.

კონსტიტუციური წყალი მინერალთა კრისტალურ მესერში წარმოდგენილია ჰიდროქანგოვანი ჯგუფებით (OH'), (H_2O), (H_3O^+).

კრისტალიზაციური წყალი შედის მინერალების კრისტალურ მესერში H_2O მოლეკულის სახით. მაგალითად, თაბაშირში $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, საიდანაც მისი გამოყოფა შეიძლება 300°C ტემპერატურამდე გახურებით.

ცეოლითური წყალი არის კრისტალიზაციური წყლის სახესხვაობა, რომელიც სუსტად არის დაკავშირებული კრისტალურ მესერთან და შეიძლება მოსცილდეს მას თანდათანობით. ამ დროს მინერალი იცვლის თავის ფიზიკურ თვისებებს.

XIII თავი

მიწისქვეშა წყლების ტიპების დახასიათება

XIII.1. მიწისქვეშა წყლების კლასიფიკაცია

მიწისქვეშა წყლები წარმოშობის, გავრცელებისა და მოძრაობის მრავალფეროვნებით ხასიათდება, რაც აუცილებელს ხდის მათ კლასიფიკაციას შესწავლისა და გამოყენების გადვილების მიზნით. ერთიანი

კლასიფიკაცია, რომელიც მიწისქვეშა წყლების ყველა თავისებურებას გაითვალისწინებდა, ჭერჭერობით არ არსებობს. კლასიფიკაციის საფუძვლად შეიძლება აღებულ იქნეს სხვადასხვა ნიშანთვისება: წარმოშობის პირობები, ჰიდრაგლიკური თვისებები, წყალშემცველი ქანების ლითოლოგიური შედგენილობა, მათი ასაკი, მიწისქვეშა წყლების ფიზიკური თვისებები, მათი ქიმიური შედგენილობა და ა. შ.

წარმოშობის პირობების მიხედვით მიწისქვეშა წყლები იყოფა სხვადასხვა ჯგუფებად, რომელთაგან ძირითადია ინფილტრაციული და კონდენსაციური წყლები.

განლაგების პირობების და შემცველი ქანების ხასიათის მიხედვით, რაც, თავის მხრივ, განსაზღვრავს წყლის ცირკულაციის პირობებს, მიწისქვეშა წყლები იყოფა: ფოროვან წყლებად, რომლებიც გავრცელებულია და მოძრაობს დედამიწის ქერქის ზედა ფენებში არსებულ ფორებში; ფენათშორისი წყლები—წყალგაუმტარ შრეებს შორის არის მოთავსებული. თავის მხრივ ეს წყლები იყოფა ფოროვან-შრეებრივ და ნაპრალოვან-შრეებრივ წყლებად; ნაპრალოვანი წყლები მოძრაობენ დანაპრალებულ ქანებში, კარსტული წყლები კი მოძრაობენ მასიურ კარბონატულ, თაბაშირიან და მარილიან დაკარსტულ ქანებში; ნაპრალოვან-ძარღვოვანი წყლები დაკავშირებულია ცალკეულ ტექტონიკურ ნაპრალებთან და ტექტონიკური რღვევის ზონებთან.

ჰიდრაგლიკური თვისებების მიხედვით მიწისქვეშა წყლები იყოფა უდაწნეო, ანუ თავისუფალი ზედაპირის მქონე, და წნევიან წყლებად. ტემპერატურა მიწისქვეშა წყლების მნიშვნელოვანი ფიზიკური მახასიათებელია, რომელიც მიუთითებს ამ წყლების წარმოშობის პირობებზე, ცირკულაციის სიღრმეზე, მოცემული უბნის გეოთერმულ რეჟიმზე და ა. შ.

ტემპერატურის მიხედვით მიწისქვეშა წყლები იყოფა ცივ (20°-ზე ქვემოთ, ცელსიუსით), თბილ (20°—37°), ცხელ (37°—42°) და ძალიან ცხელ (42°-ზე ზევით) წყლებად.

წყლის ქიმიური შედგენილობის მიხედვით კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს ძირითად შემადგენელ იონებს შორის რაოდენობრივი თანაფარდობა. ამის მიხედვით ყველა ბუნებრივი წყალი იყოფა ჰიდროკარბონატულ, სულფატურ და ქლორიდულ კლასებად, რომლებიც ზოგად წარმოდგენას იძლევიან წყლის ჰიდროქიმიურ ბუნებაზე. ეს კლასები შემდგომ ნაწილდება ჯგუფებად კათიონების სიჭარბის მიხედვით: კალციუმიან, მაგნიუმიან და ნატრიუმიან წყლებად. თითოეული ჯგუფი, თავის მხრივ, იონთა თანაფარდობის შესაბამისად იყოფა სამ ტიპად.

მარილებს გარდა მიწისქვეშა წყლებში ყოველთვის არის სხვადა-

სხვა აირი — ნახშირორჟანგი, აზოტი, მეთანი, გოგირდწყალბადი და სხვა, რომელთაც ზოგჯერ დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვთ. ამის მიხედვით არჩევენ ნახშირმეთანს, გოგირდწყალბადიან, მეთანიან და სხვა მიწისქვეშა წყლებს. უმეტეს შემთხვევაში ისინი წარმოადგენენ მინერალურ წყლებს, რომელთაც ბალნეოლოგიური ანუ სამკურნალო თვისებები გააჩნია (ბორჯომისა და ჩრდილო კავკასიის ნახშირმეთანა წყლები, მაცესტის გოგირდწყალბადიანი წყლები, წყალტუბოს რადონული წყლები და სხვა).

ცალკე გამოყოფენ აგრეთვე ე. წ. სამრეწველო წყლებს. მათში რომელიმე ნივთიერებაა გახსნილი იმ კონცენტრაციით, რაც საკმარისია პრაქტიკულად მისი წყლიდან გამოყოფისა და მრეწველობაში გამოყენებისათვის. ასეთ წყლებს ეკუთვნის, მაგალითად, იოდისანი, ბრომისანი ან იოდ-ბრომისანი წყლები.

საინჟინრო-გეოლოგიური მიზნებისათვის მიწისქვეშა წყლების კლასიფიკაცია მიზანშეწონილია ჰიდრავლიკური ნიშანთვისებისა (უდაწნეო, წნევიანი) და განლაგების პირობების (ზედა, გრუნტის, ფენათშორისი) მიხედვით.

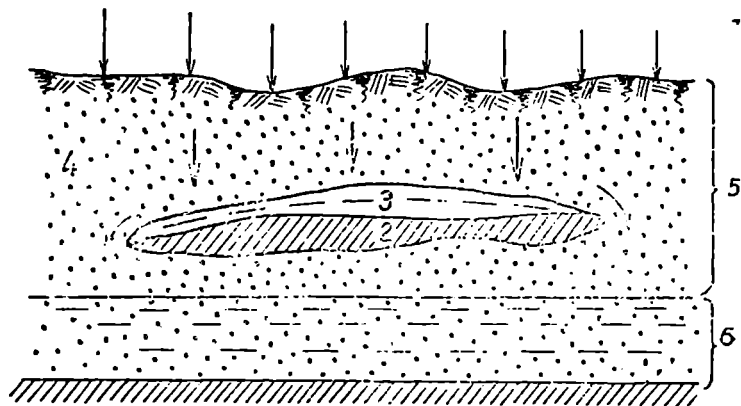
XIII.2. ზედა წყლები

ზედა წყლები ე. წ. აერაციის ზონის წყლებია. ეს ზონა განლაგებულია ზედაპირიდან მცირე სიღრმეზე და წარმოადგენს ფოროვან გარემოს, რომლის საშუალებითაც ზედაპირული წყალი ჩაედინება სიღრმეში. აერაციის ზონაში ფორები მხოლოდ ნაწილობრივ არის შეესებული წყლით. ზედა წყლები ჩნდება იქ, სადაც აერაციის ზონაში გამოერევა წყალგაუმტარი შრეები, თიხისა და თიხნარის ლინზები ქვიშიან ფენებში (ნახ. XIII.1). წყალი სიღრმეში ჩაჟონვისას, შეხვდება რა წყალგაუმტარ ლინზას, გროვდება მასზე და წარმოშობს დროებით წყალშემცველ ჰორიზონტს.

ყველაზე ხშირად ასეთი წყლები წარმოიშობა უხვი წვიმებისა და თოვლის დნობის პერიოდში. ზედა წყლებისათვის დამახასიათებელია შეზღუდული გავრცელება, პერიოდულობა, წყლით გაჯერებული ფენის მცირე სიმძლავრე და წყლის მცირე მარაგი.

ზედა წყლის გამოვლინება აუცილებელია სამშენებლო სამუშაოების წარმოების დროს. შენობებისა და ნაგებობათა მიწისქვეშა ნაწილები შეიძლება აღმოჩნდეს ზედა წყლებში, თუ წინასწარ არ იქნა მიღებული სადრენაჟო და ჰიდროსაიზოლაციო ღონისძიებანი. უკანასკნელ ხანს წყალსადენებიდან და ხელოვნური წყალსატევების აუზებიდან წყლის ხშირად გაჟონვის გამო შეიძინევა ზედა წყლის წარმოქმნა სამრეწველო ობიექტებისა და ახალი საცხოვრებელი მასივების

ტერიტორიებზე, განსაკუთრებით თიხნარიან და ლიოსური ქანების გავრცელების ფარგლებში. ეს მეტად სერიოზული საშიშროებაა, რადგან თიხოვანი და ლიოსური გრუნტების გაწყლიანებისას მკვეთრად უარესდება მათი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები და ხანგრძლივად დასველებამ შეიძლება გამოიწვიოს ნაგებობის არათანაბარი დაჯდომა ან გაართულოს ექსპლუატაციის პირობები.



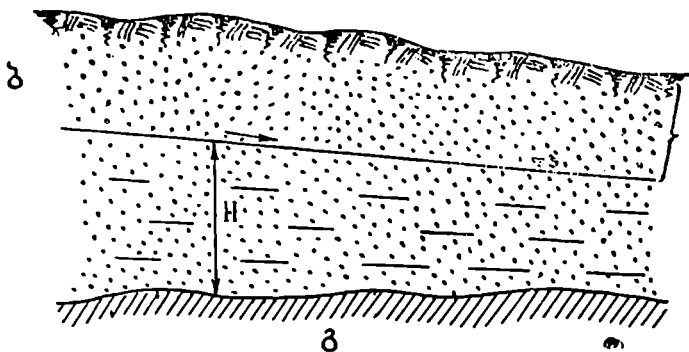
ნახ. XIII.1. ზედა წყლის წარმოქმნის სქემა:

1 — წყალგაუმტარი ფენა, 2 — თიხის ლინზა, 3 — ზედა წყალი, 4 — წყალშემცველი ფენა, 5 — ინფილტრაციის ზონა, 6 — გრუნტის წყალი.

ზედა წყალი შეიძლება უშუალოდ გამოვლინდეს სამშენებლო ქვაბულებში ან სასარგებლო წიაღისეულის კარიერაში და გამოიწვიოს მცირე ზომის მეწყარები და მსგავსი დეფორმაციები. მშრალ პერიოდში ჩატარებული საინჟინრო-გეოლოგიური გამოკვლევების დროს მისი გამოვლენა ყოველთვის არ ხერხდება, ამიტომ მისი გამოჩენა მშენებლებისათვის შეიძლება მოულოდნელიც იყოს. ზედა წყლების მოცილება პრაქტიკულად რთული არ არის. ამისათვის საჭიროა სადრენაჟო და სხვა ღონისძიებათა დროულად ჩატარება.

XIII.3. გრუნტის წყლები

გრუნტის წყლები ეწოდება დედამიწის ზედაპირიდან პირველი მუდმივმოქმედი წყალშემცველი ჰორიზონტის თავისუფალ გრავიტაციულ წყლებს, რომლებიც მოძრაობენ ქვემოდან წყალგაუმტარი ფენით შემოსაზღვრულ ფხვიერ მეოთხეულ ნალექებში ან ძირითადი ქანების ზედა ნაწილში. გრუნტის წყლები თითქმის ყველგანაა გავრცე-



ნახ. XIII.2. გრუნტის წყალი:

ა — გრუნტის წყლის დონე, H — გრუნტის წყლის პორიზონტის სიმძლავრე, ბ — აერაციის ზონა, გ — წყალგაუმტარი ფენა.

ლებული. ადამიანის ცხოვრებაში მათი მნიშვნელობა ძალიან დიდია. მსოფლიოს ბევრი დასახლებული რაიონი წყალმომარაგების მიზნით გრუნტის წყლებს ხმარობს.

გრუნტის წყლებს გააჩნია თავისუფალი ზედაპირი ან უსარკე, ე. ი. ისინი უდაწნეო წყლებია. გრუნტის წყლის ზედაპირი რამდენადმე იმეორებს ადგილმდებარეობის რელიეფის ფორმას. ამ ზედაპირის მდებარეობა სიღრმეში შეიძლება იცვლებოდეს 1-დან 50 მეტრამდე, ხოლო ზოგჯერ უფრო ღრმაც იყოს. გრუნტის წყლების ქვეშ განლაგებულია წყალგაუმტარი საგები. მანძილს წყალგაუმტარი საგებიდან თავისუფალ ზედაპირამდე გრუნტის წყლის პორიზონტის სიმძლავრე ეწოდება (ნახ. XIII.2).

გრუნტის წყლების სარკის ზემოთ მდებარეობს აერაციის ზონა.

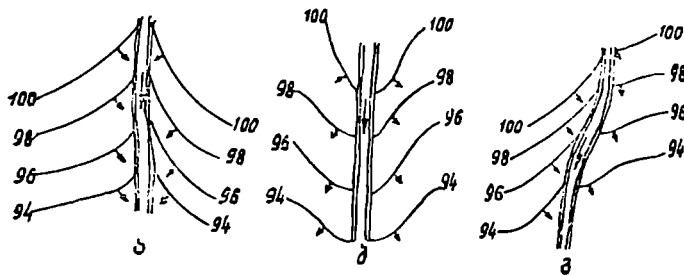
გრუნტის წყლების კვება ძირითადად ატმოსფერული ნალექების ხარჯზე ხდება, ნაწილობრივ კი ზედაპირული წყალსატევებიდან და მდინარეებიდან ჩაჟონილი წყლით. ტერიტორიას, რომელზედაც ხდება გრუნტის წყლების შევსება ატმოსფერული ნალექების ჩაჟონვით აერაციის ზონაში, კვების არე ეწოდება. გრუნტის წყლების შემთხვევაში კვების არე ჩვეულებრივ ემთხვევა გავრცელების არეს. არაღრმა განლაგების გამო გრუნტის წყალი უშუალოდ არის დაკავშირებული ზედაპირულ გარემოსთან, ამიტომ ამ გარემოში პირობების ცვლა, როგორც წესი, იწვევს წყლის შედგენილობის ცვალებადობას. გარდა ამისა, ხშირია მავნე მინარევებით წყლის გაჭუჭყიანების შემთხვევები.

გრუნტის წყლები მუდმივად მოძრაობს მეტწილად ნაკადების სახით, რომელთა მიმართულება წყალგაუმტარი საგების დახრის მიმართულებას ემთხვევა. ზოგ შემთხვევაში წყალგაუმტარი საგები ჩალუნულია დიდ ფართობზე, რაც იწვევს წყლის მოძრაობის სიჩქარის მკვეთრ შემცირებას და ე. წ. გრუნტის წყლის აუზის წარმოქმნას.

გრუნტის წყლების რაოდენობა, განლაგების სიღრმე და შედგენილობა დამოკიდებულია მოცემული ადგილის გეოლოგიურ, მორფოლოგიურ და კლიმატურ პირობებზე. გრუნტის წყლების ტერიტორიულ გავრცელებაში შეიმჩნევა გარკვეული ზონალური განაწილება. გამოყოფენ ხუთ ძირითად ზონას:

1. მდინარეთა ხეობების გრუნტის წყლები. ამ წყლებს დიდი სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა აქვს, ვინაიდან სხვა ზონის გრუნტის წყლებთან შედარებით უფრო ხშირად გამოიყენება წყალმომარაგებისათვის. მდინარეთა ხეობების ფარგლებში უმეტესად წინდარის კალაპოტის ქვიშიანი ნალექებია გავრცელებული, რაც გრუნტის წყლების დაგროვების კარგ პირობებს ქმნის. ამ ზონის გრუნტის წყლების სიღრმე რამდენიმე ათეული სანტიმეტრიდან 15 მეტრამდეა. ჩვეულებრივ, მდინარეთა ხეობების ფარგლებში არსებობს მკიდრო ჰიდრაულიკური კავშირი გრუნტისა და მდინარეულ წყლებს შორის, რაც გამოიხატება ზედაპირული წყლების ხარჯზე გრუნტის წყლის ჰორიზონტის კვებაში ან პირიქით (ნახ. XIII.3).

ქიმიური შედგენილობის მიხედვით ეს წყლები მცირე მინერალიზაციით და ჰიდროკარბონატულ-კალციუმიანი შედგენილობით ხასიათდება. მათი ექსპლუატაცია ძირითადად ჭებით ხდება; იყენებენ აგრეთვე მიწისქვეშა წყალშემკრებ დერეფნებს და ჭაბურღილებს.



ნახ. XIII.3. ჰიდროპოპიფის ფორმა ზედაპირული და გრუნტის წყლების სხვადასხვა შეფარდებისას:

- ა) მდინარე იკვებება გრუნტის წყლებით, ბ) მდინარე კვებას გრუნტის წყლებს, გ) კომბინირებული შემთხვევა — მდინარე კვებას გრუნტის წყლებს მაკცენა ფელოზზე და იკვებება გრუნტის წყლებით მარჯვენა ფერდობიდან.

2. მყინვარული ნალექების გრუნტის წყლები. მყინვარული ნალექები დიდი გავრცელებით სარგებლობს სსრ კავშირის ევროპული ნაწილის ტერიტორიაზე, განსაკუთრებით მის ჩრდილოეთ ნაწილში. ისინი წარმოდგენილია მრავალფეროვანი ნამტკრევი ქანებით, რომლებიც ხშირად შეიცავენ წყალს. განსაკუთრებით უხვად არის ამ ნალექებში გრუნტის წყლები. ისინი ფართოდ გამოიყენება წყალმომარაგების მიზნით.

3. სტეპების, ნახევრად უდაბნოებისა და უდაბნოების გრუნტის წყლები. სტეპები, განსაკუთრებით კი ნახევრად უდაბნოები და უდაბნოები, ხასიათდება ნალექების უმნიშვნელო რაოდენობით და მდინარეული ქსელის სიმცირით. ზედა ფენები ხშირად თიხიანია, რაც ინფილტრაციას (ჩაჟონვას) ხელს უშლის. საერთო ფიზიკურ-გეოგრაფიული და განსაკუთრებით კლიმატური პირობები აქ მეტად არახელსაყრელია გრუნტის წყლების დაგროვებისათვის. ამიტომ არის, რომ ამ რაიონებში წყალმომარაგება მეტად გაძნელებულია. გრუნტის წყლები განლაგებულია საკმაოდ ღრმად და ჩვეულებრივად ისინი მაღალი მინერალიზაციით ხასიათდება, რაც ართულებს მათ გამოყენებას სასმელი მიზნებისათვის.

4. მთისწინა და მთიანი რაიონების გრუნტის წყლები. მთისწინა და მთიანი რაიონების ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა საკმაოდ დიდია, თუმცა რელიეფის დანაწევრებისა და დაქანების გამო ნალექების მეტი ნაწილი ზედაპირული წყლების სახით მოედინება. გრუნტის წყლების მოძრაობა ხდება ქანების გამოფიტულ და დანაპრალიანებულ ნაწილებში, აგრეთვე მეოთხეულ საფარში. აქ ხშირია საკმაოდ წყალუხვი წყაროები, რომელთა წყლის რაოდენობაც ცვალებადობას განიცდის ატმოსფერული ნალექების შესაბამისად.

5. ზღვის სანაპიროების გრუნტის წყლები. ზღვის დამრეცი სანაპიროები აგებულია ქვიშებით, რომლებიც ზოგჯერ დიუნების სახით გროვდებიან. დიუნები შეიცავს გრუნტის წყლებს. ეს წყლები უმეტესად მტკნარია, თუმცა გარკვეულ სიღრმეზე ისინი შეიძლება იცვლებოდნენ მინერალიზებული წყლებით.

მშენებლობის პროცესში ყველაზე ხშირად გრუნტის წყლები ქმნის გართულებებს. მათი თავისუფალი ზედაპირის მაღალი დონე აძნელებს მიწის სამუშაოებს, წყალი დგება სამშენებლო ქვაბულებში და ტრანშეებში. ადგილობრივი ამოტუმბვა არაეფექტურია, რადგან გრუნტის წყლების მარაგი დიდია და ამოტუმბული წყლის შეგვება ადვილად ხდება. ამ შემთხვევაში მიმართავენ ამოტუმბვის უფრო რადიკალურ საშუალებებს, რომლებსაც შემდეგ თავებში განვიხილავთ.

წყალგაუმტარ ფენებს შორის მოქცეულ წყალგამტარ შრეში მიწის-
ქვეშა წყალი შეიძლება იყოს უდაწნეო და წნევიანი.

ფენათშორისი უდაწნეო წყლები შედარებით იშვიათია. ისინი უმე-
ტესად გვხვდება ნაწილობრივ ან მთლიანად წყლით შევსებულ ჰორი-
ზონტალურად განლაგებულ შრეებში. გადაადგილების პირობების
მიხედვით ეს წყალი გრუნტის წყლების ანალოგიურია.

ფენათშორისი წნევიანი წყლებს არტეზიული წყლები ეწოდება.
არტეზიული წყლები მოთავსებულია დიდი ზომის გეოლოგიური
სტრუქტურის ფარგლებში არსებულ წყალგაუმტარ ფენებს შორის.
ასეთ სტრუქტურებს შეიძლება წარმოადგენდეს ფართო, გაშლილი
სინკლინები, ე. წ. მულდები, აგრეთვე მონოკლინურად დახრილი ფე-
ნები (ნახ. XIII.4).

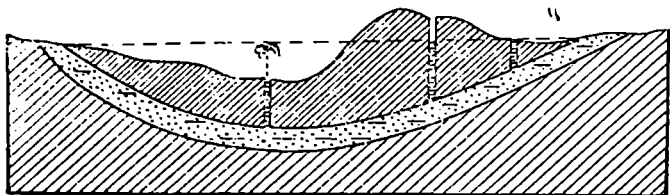
წნევიანი წყალშემცველი ჰორიზონტების გავრცელების ფართობს
არტეზიული აუზი ეწოდება. ჰაბურღილებით გახსნისას არტე-
ზიული წყლები ამოდის წყალშემცველი ფენის ზევით ხშირად შად-
რევენების სახით (ნახ. იგივე).

არტეზიული წყლების კვების არე არის არტეზიული აუზის
აგებულებაში მონაწილე წყალშემცველი შრეების გამოსავალი ზედა-
პირზე. იგი რელიეფის მაღალ ნიშნულებზეა განლაგებული.

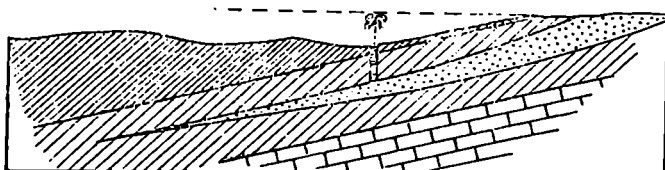
დაწნევის არე წარმოადგენს არტეზიული აუზის გავრცე-
ლების ძირითად ფართობს, რომლის საზღვრებშიაც მიწისქვეშა წყლე-
ბის დონე წყალშემცველი ჰორიზონტების სახურავის ზემოთ მდებარე-
ობს.

განტვირთვის არე ეწოდება არტეზიული წყლების მიწის
ზედაპირზე გამოსვლის ადგილს წნევიანი წყაროების სახით.

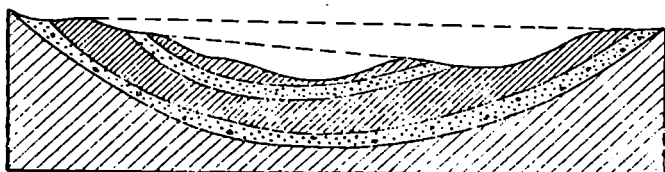
წნევიანი წყალშემცველი ფენის ჰაბურღილებით გადაკვეთისას წნე-
ვით ამოსული წყალი ამ ფენის სახურავის ზემოთ ერთ გარკვეულ დონე-
ზე დადგება, ან ზედაპირზე ამოსვლის შემთხვევაში შადრევენების სიმაღ-
ლე ერთი იქნება. სიბრტყე, რომელიც განსაზღვრავს დაწნევის დონის
მდებარეობას, პიეზომეტრული დონის (A—A') სახელწო-
დებით არის ცნობილი. პირობითად ეს დონე შეესაბამება კვებისა და
განტვირთვის არეების დონის შემაერთებელ ხაზს (ნახ. XIII.5). წყლის
ამოწევის სიმაღლეს წყალშემცველი ფენის სახურავიდან პიეზომეტრულ
დონემდე დაწნევა ეწოდება. დაწნევის დონის აბსოლუტური ნიშ-
ნულების იზოხაზებს, რომელთა საშუალებითაც არტეზიული აუზი
გამოსახება რუკებზე, იზოპიეზები ეწოდება. კვების არის სი-
აბლოვეს წყალშემცველ ჰორიზონტში წყლის ფენის სისქე იცვლება მე-



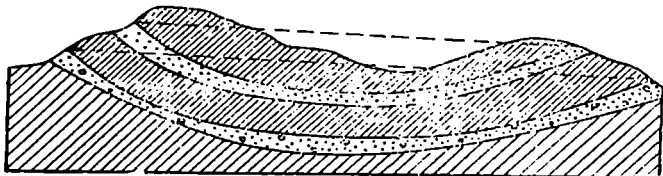
ა



ბ



გ

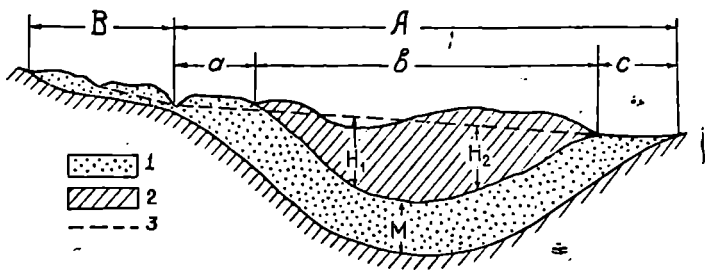


ნახ. XIII.4. არტეზიული აუზების ტიპები:

ა — გაშლილი სინკლინი, ბ — მონოკლინი, გ — პირდაპირი რელიეფი, დ — პირუკუ რელიეფი.

ტეოროლოგიური ფაქტორებისაგან დამოკიდებულებით. დაწნევის არეში არტეზიული პორიზონტის სისქე დროში მუდმივია.

არტეზიულ აუზში შეიძლება არსებობდეს სხვადასხვა სიმაღლეზე განლაგებული რამდენიმე წყალშემცველი ფენა. თითოეულ მათგანს



ნახ. XIII.5.

A — არტეზიული წყლების გავრცელების საზღვრები; a — კვების არე; b — დაწნევის არე, c — განტვირთვის არე; B — გრუნტის წყლების გავრცელების საზღვრები; H₁ — დაწნევის ღონე მიწის ზედაპირის ზემოთ; H₂ — დაწნევის ღონე მიწის ზედაპირის ქვემოთ; M — არტეზიული ჰორიზონტის სიმძლავრე. 1 — წყალშემცველი შრე; 2 — წყალგუმბარი შრეები; 3 — წყლის ღონე.

ეჭნება დამოუკიდებელი პიეზომეტრული ღონე, რომელსაც ამ ფენების კვებისა და განტვირთვის პირობები განსაზღვრავს. წყალშემცველი შრეებისა და რელიეფის ელემენტების ურთიერთდამოკიდებულების შესაბამისად შეიძლება ჰიდრომეტრულად დაბლა განლაგებულ შრეს ჰქონდეს უფრო მეტი დაწნევა, ვიდრე ზევით მდებარეს, და პირიქით (ნახ. XIII.4).

არტეზიული წყლების რეჟიმი ბუნებრივ პირობებში მეტი მუდმივობით ხასიათდება, ვიდრე უდაწნეო წყლების რეჟიმი. არტეზიული აუზების ბუნებრივი პირობების შეცვლაზე დიდ გავლენა ახდენს ადამიანის საქმიანობა. მიწის წიაღიდან ყოველწლიურად ამოაქვთ წნევიანი წყლის უდიდესი რაოდენობა სასმელად, სამეურნეო-ტექნიკური წყალმომარაგებისათვის, სამკურნალო მიზნებისათვის, ირიგაციისათვის, სამშენებლო და სამთო სამუშაოთა წარმოებისათვის, წყლის ღონის ხელოვნურად დასაწევად და სხვა. წყლების ხანგრძლივი და მძლავრი ამოტუმბვები არსებით გავლენას ახდენს წნევიანი წყლების საერთო მარაგსა და ღონეებზე. მსოფლიოს ბევრ მსხვილ ქალაქში ჰაბტურღილების საშუალებით ათეული წლების მანძილზე მიმდინარეობს არტეზიული აუზების ექსპლუატაცია, რის გამოც დაწნევის ღონეები მნიშვნელოვნად არის დაკლებული. ღონეების კლებაზე დიდ გავლენას ახდენს სასარგებლო წიაღისეულის საბადოთა ტერიტორიების დაშრობაც. ქვანახშირის ზოგიერთ საბადოზე დაშრობის სიღრმე 1 კმ-ს აღემატება, ხოლო დაშრობის ფართობი შეადგენს რამდენიმე ასეულ კვადრატულ კილომეტრს. არტეზიული წყლების ღონეების დაწევა

იწვევს წყლის ფიზიკური, ქიმიური, აირული და ბაქტერიოლოგიური თვისებების ცვლილებას, წყაროების დაშრობას, ქანების ზოგიერთ სახეცვლილებას და მთელ რიგ სხვა პროცესებს.

არტეზიული აუზები გამოიყოფა ტექტონიკური, სტრატეგრაფიული და ლითოლოგიური ნიშანთვისებების მიხედვით. საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე მრავალი არტეზიული აუზია, რომელთა წყლებს დიდი რაოდენობით იყენებენ სახალხო მეურნეობაში. ჩვენს ქვეყანაში ცნობილი არტეზიული აუზებიდან აღსანიშნავია: დნებარ-დონეცკის, მოსკოვის, ბალტიისპირეთის, კასპიისპირეთის, ზემო ლენის, იაკუტიის არტეზიული აუზები. მსოფლიოს უდიდესი არტეზიული აუზებიდან შეიძლება გამოიყოს პარიზის, ლონდონის, ჩრდილო საპარის, ინდ-განგის, ავსტრალიის აუზები. საქართველოს არტეზიული აუზებიდან აღსანიშნავია ალაზნის, კოლხეთის, სამეგრელოს, რაჭა-ლეჩხუმის და კოლორის აუზები.

XIII.5. ნაპრაღური წყლები

ნაპრაღური წყლები ეწოდება ქანების ნაპრაღებში მოძრავ წყლებს. ნაპრაღები წარმოიშობა ტექტონიკური, კლიმატური და გეომორფოლოგიური ფაქტორების ზეგავლენით. წყლის მოძრაობის სიჩქარე აქ დამოკიდებულია ძირითადად ნაპრაღების ზომებზე. დედამიწის ქერქის ზედა ნაწილში გავრცელებულია გამოფიტვის ნაპრაღები, რომლებშიც მოძრაობს მიწისქვეშა წყალი. ეფუზიურ ქანებში ხშირია ე. წ. ლითოგენეტური ნაპრაღები, რომელთაც დიდი ზომები აქვთ და ჩვეულებრივად გრუნტის წყლების მძლავრ ნაკადებს შეიცავენ. კავკასიაში მეოთხეული ასაკის ნაპრაღური ლავეები დიდ ფართობზეა გადაფენილი და ძველი რელიეფის უსწორმასწორობები აქვთ შევსებული. აქ ხელსაყრელი პირობებია ნაპრაღური წყლების წარმოშობისათვის, განსაკუთრებით, თუ ლავეებს ქვეშ მდებარე ძველი ნალექები წყალგაუმტარი არიან. ამიტომ არის, რომ ეფუზიური ქანების თანამედროვე მდინარეული ქსელით გადაკვეთის ადგილებში ხშირია მეტად წყალუხვი წყაროები. ასეთი წყაროები გვაქვს სამხრეთ საქართველოში, სომხეთში და სხვაგან.

ნაპრაღური წყლების ცირკულაცია შეიძლება ზნებოდეს ტექტონიკური ნაპრაღებში. სხლეტის სიბრტყეების გასწვრივ წყლის მოძრაობა შესაძლებელია დიდ სიღრმეებზე. თუ ტექტონიკური ნაპრაღები კვეთს წნევიანი წყლების შემცველ ფენებს, ეს წყლები ნაპრაღების გასწვრივ შეიძლება ზედაპირზე ამოვიდეს. წნევიანი ნაპრაღური წყლები განსხვავდება ფენობრივი ნაპრაღური წყლებისაგან განლაგებისა და მოძრაობის პირობებით. ერთმანეთთან სივრცობრივად და-

კავშირებულ ნაპრალებში დაწნევა შეიძლება განპირობებული იყოს პილროსტატიკური წნევით. დაწნევას ნაპრალებში წნევაში ზოგჯერ დედამიწის ღრმა ფენებიდან წამოსული აირები და წყლის ორთქლი იწვევს. ასეთ შემთხვევებში ნაპრალები წყლები მაღალტემპერატურულია. მათი სახესხვაობაა ე. წ. გეოთერმული.

დედამიწის ქერქის ღრმა ნაპრალებთან დაკავშირებულია ბევრი მინერალური და თერმული წყარო, რომელთაც ხშირად სამკურნალო ან სამრეწველო მნიშვნელობა აქვთ.

საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე ნაპრალები წყლები ხშირია ბალტიისა და უკრაინის კრისტალური ქანების გავრცელების რაიონებში, სადაც ამ წყლებს იყენებენ როგორც წყალმომარაგებისათვის, ასევე სამკურნალო მიზნით.

XIII. 6. კარსტული წყლები

კარსტული წყლები მოძრაობს წყლის გამხსნელი მოქმედების შედეგად წარმოქმნილ მიწისქვეშა არხებში, სიცარიელებსა და მღვიმეებში.

კარსტული წყლების მიერ ქანების დაშლის პროცესი ძირითადად ქიმიურია, მაგრამ დიდი არხებისა და სიცარიელებების განვითარების დროს ზოგან ხდება ქანის ნაწილაკებისა და ნამტვრევების მექანიკური გამოტანაც. კარსტული წყლები გავრცელებულია კირქვებში, თაბაშირის შემცველ ქანებში, ნაწილობრივ თიხებშიც. თავდაპირველად წყალი მოძრაობს ნაპრალებში, შემდგომში იგი აფართოებს თავისი მოძრაობის გზებს ქანების გახსნის ხარჯზე. გახსნილი ქანის რაოდენობა პირდაპირპროპორციულია ნაპრალებში გავლილი წყლის რაოდენობისა. წყლის ფილტრაციის პირობები კი დამოკიდებულია ქანების ნაპრალობასა და ფილტრაციის გრადიენტზე.

კარსტული წყლების გავრცელების რაიონებში ზედაპირული წყლები იშვიათია, რადგან წყალი მთლიანად ჩაედინება კარსტულ სიცარიელებში. ამიტომ კარსტული წყლების დამახასიათებელი თვისებაა მათი უშუალო კავშირი ატმოსფერულ ნალექებთან. კარსტული წყლების დონე და დებიტი მკვეთრ ცვალებადობას განიცდის. მათი მინერალიზაციის ხარისხსა და ქიმიურ შედგენილობას განსაზღვრავს ქანების რაგვარობა, ქანებში მიმდინარე ქიმიური და ბიოქიმიური პროცესები. ნაკლებად მინერალიზებული წყლები დამახასიათებელია კირქვებისათვის. თაბაშირებში და განსაკუთრებით მარილშემცველ ქანებში კი გვაქვს მაღალმინერალიზებული კარსტული წყლები.

კარსტული წყლების შემცველ ქანებში, დიდი რაოდენობის წყლის შესაძლო უეცარი შემოჭრის გამო, სამთო გამონამუშევრების გაყ-

ვანა და, საერთოდ, სამშენებლო სამუშაოთა წარმოება დიდ სიფრთხილეს მოითხოვს. სასარგებლო წიაღისეულის ზოგიერთი საბადოს ფარგლებში კარსტული წყლები ისეთი დიდი რაოდენობით გვხვდება, რომ მათი გავრცელების დონის ქვევით საბადოს დამუშავება პრაქტიკულად შეუძლებელია, ხოლო კარსტული წყლის დონის დაწვევა ქანების დიდი წყალსიუხვის გამო ძალზე რთულ ამოცანას წარმოადგენს და მნიშვნელოვან ხარჯებთან არის დაკავშირებული.

საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე კარსტული წყლები ფართოდ არის გავრცელებული. ისინი ყველაზე დეტალურად შესწავლილია ლენინგრადში, ბალტიისპირეთში, ტულის, მოსკოვის ოლქებში, კარპატებში, ყირიმში, კავკასიაში, ურალზე, შუა აზიასა და სხვა რაიონებში.

თავიანთი ფართო გავრცელების გამო კარსტულ წყლებს დიდი სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა აქვთ. ისინი უმეტესად კარგი სასმელი თვისებებით ხასიათდება და ხშირად გამოიყენება წყალმომარაგებისათვის, აგრეთვე სამრეწველო და საირიგაციო მიზნებისათვის. ამასთან ერთად, კარსტული წყლები ზოგჯერ გვევლინება მშენებლობის შემაფერხებელ ფაქტორად. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მათი გავლენა ჰიდროტექნიკურ მშენებლობაზე. კარსტული წყლების მოძრაობის გზებით შეიძლება მოხდეს წყლის ფილტრაცია წყალსაცავებიდან და წყლის ცირკულაციის გააქტიურებამ გამოიწვიოს კაშხლების და სხვა ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა დეფორმაცია.

XIII.7. წყაროები

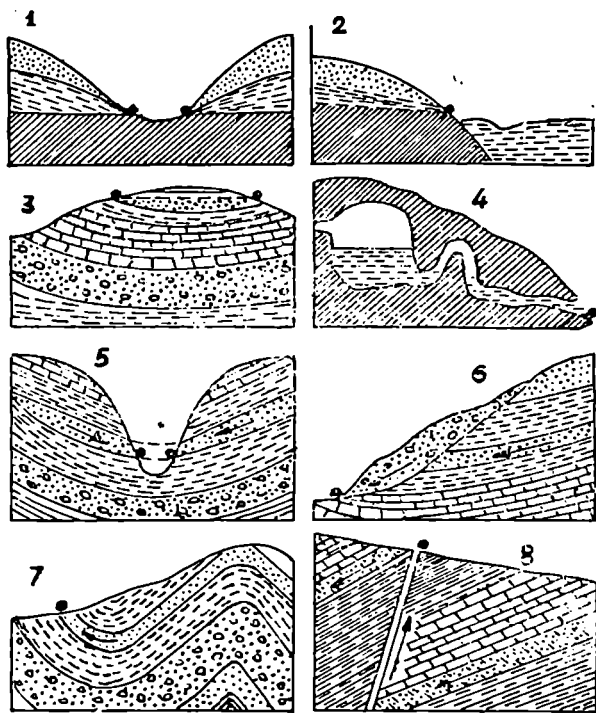
მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივ გამოსავლებს ზედაპირზე წყაროები ეწოდება. წყაროები უმეტეს შემთხვევაში გვხვდება ისეთ ადგილებში, სადაც წყალშემცველი ჰორიზონტები ჩაჭრილია მდინარის ხეობებითა და ხრამებით.

წყლის მოძრაობის ხასიათის მიხედვით არჩევენ აღმავალ და დაღმავალ წყაროებს. პირველს იძლევა წნევიანი წყლები, მეორეს კი — უდაწნეო. ხშირად შეიმჩნევა წყაროების დაჯგუფება. მეტად მრავალფეროვანია წყაროები წყლის რაოდენობის ანუ დებიტის მიხედვით. დებიტი განსაზღვრავს წყლის გამოღობის ინტენსიურობას დროის ერთეულში. წყაროს დებიტი განიზომება ლიტრობით ან კუბური მეტრობით დღეღამეში. გრუნტის წყლები ჩვეულებრივ მცირე და საშუალოდებიტიან წყაროებს იძლევა. ყველაზე მაღალდებიტიანი წყაროები კარსტულ წყლებთან არის დაკავშირებული. საქართველოში ხშირად გვხვდება დიდდებიტიანი კარსტული წყაროები: ოლო-

რი — სამეგრელოში, ფატმასური — კახეთში (დებიტი 188 ლ/წმ) და ა. შ.

აღამიანი ბუნებრივ წყაროდან წყლის გამოსავალს ხშირად აღმ-
ჯობებს: მოპირკეთებს, ამოაშენებს, ამცირებს წყლის დანაკარგს
და გამოყენებისათვის მოსახერხებელს ხდის. ამ ღონისძიებას კაპტა-
ქი ეწოდება, თვით წყაროს კი — კაპტირებული წყარო.

XIII.6. ნახაზზე მოცემულია წყაროების სხვადასხვა პირობებში
წარმოქმნის სქემები.



ნახ. XIII. 6. წყაროების წარმოქმნის სქემები:

1 — ეროზიული დაღმავალი წყაროები მდინარის ხეობის მიერ გრუნტის წყლების
გადაკვეთისას, 2 — კონტაქტური დაღმავალი წყარო, 3 — გაღმოდინებადი წყარო-
ები, 4 — სიფონური წყარო, 5 — წყაროები, წარმოშობილი სინკლიური დეპრე-
სიის მდინარეული ხეობით გაკვეთისას, 6 — დაღმავალი წყარო დელუვიური სა-
ფარის ძირში, 7 — აღმავალი წყარო არტეზიული პორიზონტის გახსნისას, 8 — აღ-
მავალი წყარო ნახსლეტის სიბრტყის ზედაპირზე გამოსვლის ადგილას.

მიწისქვეშა წყლების რეჟიმი და რესურსები

მიწისქვეშა წყლების რეჟიმში იგულისხმება მათი დონის, ტემპერატურის, ქიმიური შედგენილობის, ხარჯის ცვალებადობა დროსა და სივრცეში ბუნებრივი ან ხელოვნური ფაქტორების გავლენით. ეს ცვალებადობა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ნაგებობათა მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პირობებზე და მისი გათვალისწინება დაპროექტების დროს აუცილებელია. ასე, მაგალითად, თუ არ იქნება მხედველობაში მიღებული მიწისქვეშა წყლის დონის აწევის შესაძლებლობა, ამან შეიძლება გამოიწვიოს სარდაფისა და ქვედა სართულების დატბორვა, საძირკვლის გრუნტების სიმტკიცის შემცირება და სამშენებლო კონსტრუქციების დაშლა.

XIV.1. მიწისქვეშა წყლების რეჟიმი მოკლადი ფაქტორები

ბუნებრივი ფაქტორები, რომლებიც იწვევენ მიწისქვეშა წყლების რეჟიმის ცვალებადობას, შემდეგია: 1. მეტეოროლოგიური ფაქტორები, 2. ჰიდროლოგიური პირობები, 3. დედამიწის ზედაპირის რხევითი მოძრაობა. ხელოვნური ფაქტორებიდან პირველ რიგში აღსანიშნავია ადამიანის პრაქტიკული საქმიანობა.

მეტეოროლოგიური ფაქტორები უშუალოდ განაპირობებს როგორც მიწისქვეშა წყლების წარმოშობას, ასევე მათ შემდგომ ცვლილებებს. აქ პირველ რიგში აღსანიშნავია ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა, წყლის აორთქლების ინტენსიურობა და ატმოსფერული წნევის ცვალებადობა. იმის მიხედვით, თუ როგორი სისწრაფით ხდება ამ ფაქტორების შეცვლა, მიწისქვეშა წყლების რეჟიმის შემადგენელი ელემენტები შეიძლება განიცდიდეს დღელამურ, სეზონურ, წლიურ და მრავალწლიურ მერყეობას. რაც უფრო ღრმად არის განლაგებული მიწისქვეშა წყალი დედამიწის ქერქში, მით უფრო ნაკლებად განიცდის მეტეოროლოგიური ფაქტორების ზეგავლენას და შესაბამისად უფრო მდგრადია მისი რეჟიმი.

ჰიდროლოგიური პირობები, მდინარეების, ტბებისა და წყალსაცავების წყლები ასევე მოქმედებენ მიწისქვეშა წყლების რეჟიმზე. ამის ყველაზე თვალსაჩინო მაგალითია გრუნტის წყლების დონეების აწევა მდინარეების წყალუხვობის დროს. ეს ზეგავლენა განსაკუთრებით თვალსაჩინოა მაღალი ფილტრაციული თვისებების მქონე ქანებში.

დედამიწის ქერქის რხევის პროცესში შეიძლება მოხდეს მიწის-ქვეშა წყლების დონეების ცვლილება, კერძოდ, აზვევების დროს მიწისქვეშა წყლის დონემ დაბლა დაიწიოს, ხოლო დაძირვის დროს კი, პირიქით.

აღმნიშნის პრაქტიკული საქმიანობა მკვეთრ გავლენას ახდენს მიწისქვეშა წყლების რეჟიმზე. პირველ რიგში შეიძლება დავასახელოთ თვით წყალშემცველი ჰორიზონტების ექსპლუატაცია, რაც არსებითად ცვლის მიწისქვეშა წყლების დონეებს, ხარჯს. არა ნაკლები მნიშვნელობა აქვს მშენებლობას. წყალსაცავები, სარწყავი სისტემები, სანაოსნო არხები მიწისქვეშა წყლების კვების ხელსაყრელ პირობებს ქმნის. სამრეწველო საწარმოების, ქიმიური ქარხნების მიერ გადაშვავებული წყლები მკვეთრად ცვლის მიწისქვეშა წყლების ქიმიურ შედგენილობას.

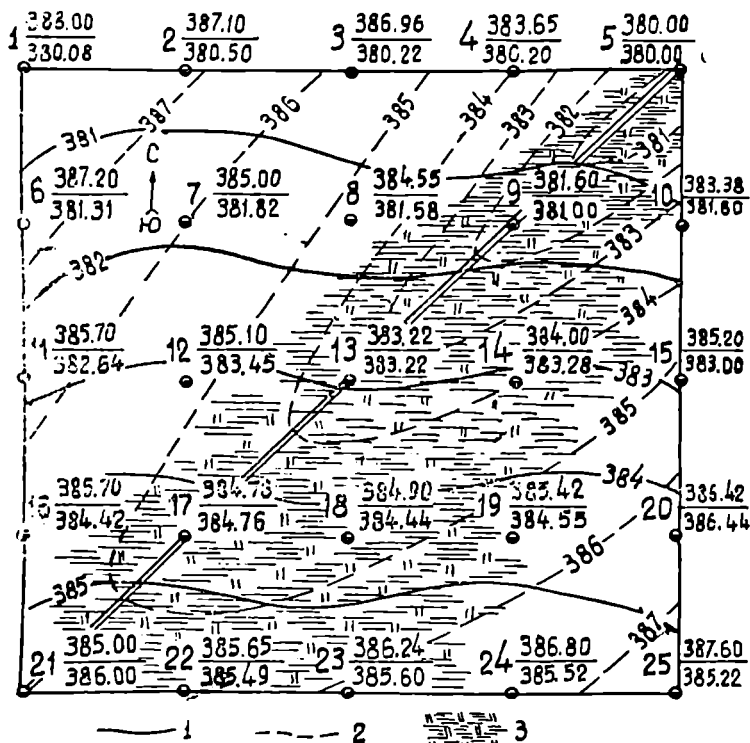
XIV.2. მიწისქვეშა წყლების დონეებზე დაკვირვება ბაბურლიღაში

მიწისქვეშა წყლების განლაგების სიღრმის დადგენა, განსაკუთრებით გრუნტის წყლებისა, ხდება ჰაბურლიღებში ან ჰებში უშუალო გაზომვების საშუალებით. ამ დროს შეიძლება გაიზომოს როგორც შეფარდებითი სიღრმე, ე. ი. მანძილი მიწის ზედაპირიდან წყლის სარკემდე, ასევე სარკის მდებარეობა ზღვის დონესთან შედარებით, ე. ი. აბსოლუტური სიღრმე.

საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოების დროს გრუნტის წყლების განლაგების სიღრმის დადგენა აუცილებელია, კერძოდ შენობებისა და ნაგებობების დაპროექტებისას. პერიოდული გაზომვები განსაკუთრებით საჭიროა იმ შემთხვევაში, როდესაც შეიმჩნევა დონეების ცვალებადობა, რომლის დროსაც შეიძლება დაიტბოროს ნაგებობათა საძირკვლები და მიწისქვეშა სათავები. საინჟინრო-გეოლოგიური გამოკვლევების დროს სამშენებლო ტერიტორიაზე გაჰყავთ სპეციალური ჰაბურლიღები, რომლებშიც აკვირდებიან წყლის გამოვლინების სიღრმეს და დამყარებულ ანუ სტატიკურ დონეს.

წყლის დონის გაზომვები უნდა ხდებოდეს ჰაბურლიღის პირიდან, 1—2 სმ სიზუსტით. სიღრმის გასაზომად ხმარობენ ლარტყას, რომელიც საშუალებას იძლევა გაიზომოს დონეები მცირე სიღრმეზე, დანაყოფებიან ბაგირებს და ზონრებს, რომლებზედაც დამაგრებულია ტივტივა, ჰეჟუნა ან სასტენი. წყალთან შეხებისას ისინი დამახასიათებელ ხმას გამოსცემენ და ამის საშუალებით დამკვირვებელი აითვლის წყლის დონის განლაგების სიღრმეს. იყენებენ აგრეთვე ელექტროწრედის პრინციპს, როდესაც ხელსაწყოს წყალთან შეხებისას წრედი შეიკვრება და წარმოიქმნება სინათლის ან ხმოვანი სიგნალი.

საველე ჰიდროგეოლოგიური სამუშაოების დროს მასობრივად ზომავენ გრუნტის წყლების დონეებს. გაზომვების მონაცემების შეკრება და განზოგადება ხდება სპეციალურ რუკაზე, რომელზედაც დატანილია გრუნტის წყლების ზედაპირზე მდებარე, ერთნაირი ნიშნულების მქონე წერტილების შემართებული ხაზები — კილოზოჰიფები. ეს წარმოსახვითი ხაზები იზოჰიფების ანუ რელიეფის კორიზონტალების ანალოგიურია, იმ განსხვავებით, რომ ისინი წყლის სარკის ზედაპირს ასახავენ. ჰიდროიზოჰიფებს შორის სიმაღლეთა სხვაობა ანუ კვეთის სიმაღლე უმეტესად 0,5 ან 1 მეტრია. როგორც ცნობილია, გრუნტის წყლების დონეები წლის სხვადასხვა დროს სხვადასხვაა, ამიტომ ასეთი რუკების შედგენისას აღნიშნავენ გაზომ-



ნახ. XIV. 1. ჰიდროიზოჰიფების რუკა:

1 — კილოზოჰიფები, 2 — რელიეფის კორიზონტალები, 3 — დაჯობებული უბნები.

ვების თარიღს და ზოგჯერ ერთ და იმავე დაკვირვების წერტილში დონეებს რამდენიმეჯერ ზომავენ წლის სხვადასხვა პერიოდში. რაც უფრო მჭიდროა გაზომვის წერტილების განლაგება, მით უფრო ზუსტია რუკა. ასეთი რუკები გამოიყენება გრუნტის წყლების ნაკადის მიმართულებისა და წყლის თავისუფალი ზედაპირის განლაგების სიღრმის განსაზღვრისათვის ისეთ ადგილებში, სადაც კაბურღილი არ არის გაყვანილი. საშენებლო ტერიტორიაზე ასეთი რუკები საშუალებას იძლევა ვივარაუდოთ წყლის დონე ნაგებობის საძირკველში.

ანალოგიური რუკები შეიძლება შედგეს წნევიანი წყლების დონეების გაზომვის შედეგად. ამ შემთხვევაში ერთნაირი დონეების წერტილთა შემაერთებელ წარმოსახვით ხაზებს ჰიდროიზოპიეზები ეწოდება.

XV თავი

მიწისქვეშა წყლების მოძრაობა

XV.1. ზოგადი ცნობები

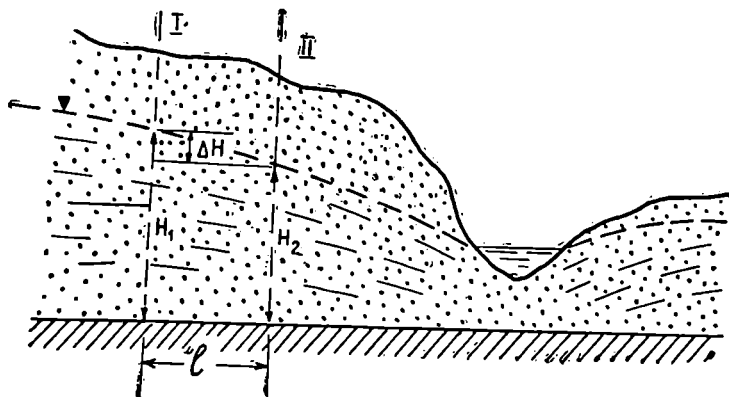
წყალი მიწის ქერქში მუდმივ მოძრაობაშია. მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის კანონების შესწავლას დიდი მნიშვნელობა აქვს ისეთი პრაქტიკული საკითხების გადასაწყვეტად, როგორცაა წყალმომარაგება, ნაგებობების საძირკვლებსა და სამთო გამონამუშევრებში წყლის მოდინებასთან ბრძოლა, მელიორაცია და სხვა. ჰიდროგეოლოგიის დარგს, რომელიც შეისწავლის მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის კანონებს, მიწისქვეშა წყლების დინამიკა ეწოდება. წყლის მოძრაობა შეიძლება ხდებოდეს ორნაირ გარემოში: ქანში, რომელიც არაა გაჯერებული წყლით, და წყლით ნაჯერ ქანებში. უჯერი ქანები უმეტესად აერაციის ზონაში გვხვდება და მათში წყალმა შეიძლება იმოძრაოს ორთქლისებრ მდგომარეობაში, ან აპკური, კაპილარული და გრავიტაციული წყლის სახით. ამ ზონაში ზედაპირული წყალი უმეტესად თავისუფლად ჩაიფრნება სიღრმეში. მოძრაობის ამ სახეს ნორმალური ინფილტრაცია ეწოდება.

მიწისქვეშა წყლების დინამიკაში წყლის მოძრაობა განიხილება უშუალოდ წყალშემცველ გარემოში. ამ მოძრაობას ქანებში არსებულ ფორებში, სიცარიელებსა და ნაპრალოთა სისტემებში განაპირობებს ჰიდროსტატიკური წნევის გადაცემა წყლის მაღალი დონის უბნებიდან დაბალი დონის უბნებისაკენ. ასეთი სახის მოძრაობას ეწოდება წყლის ფილტრაცია.

წყლების მოძრაობა ორი სახისაა: ჰავლური ანუ ლამინარული და გრიგალური ანუ ტურბულენტური. პირველ შემთხვევაში წყლის ნაკადის შემადგენელი ელემენტარული ჰავლები მოძრაობენ მცირე და თანაბარი სიჩქარით ურთიერთპარალელურად, ერთიანი ნაკადის სახით. მეორე შემთხვევაში კი მათი სიჩქარე მაღალია, ამასთან, პულსაციურად ცვალებადი, რაც იწვევს ნაკადის მთლიანობის დარღვევას და წყლის ნაწილაკთა ურთიერთარევეს. გრიგალურ მოძრაობას, გარდა მაღალი სიჩქარისა, განაპირობებს ნაკადის განიკვეთის ფართობი და სითხის სიბლანტე, რაც გამოსახულებას პოულობს რეინოლდსის კრიტერიუმში.

საერთოდ, წყლის გადაადგილება ქანებში ძირითადად დამოკიდებულია ქანების მდგომარეობაზე, ფიზიკურ თვისებებზე და მათი წყლით გაჯერების ხარისხზე. უდაწნეო წყლების გადაადგილება მაღალი ღონის ანუ მაღალი დაწნევის უბნებიდან დაბალი დაწნევის უბნებისაკენ მით უფრო სწრაფია, რაც მეტია ღონეთა ანუ დაწნევათა სხვაობა (ნახ. XV.1).

როგორც ნახაზიდან ჩანს, I და II კვეთს შორის დაწნევათა სხვაობა $H_1 - H_2 = \Delta H$ განაპირობებს წყლის ნაკადის მოძრაობას მდინარის ხეობისაკენ.



ნახ. XV. 1. უდაწნეო ფილტრაციის სქემა.

წყლის მოძრაობის სიჩქარე, გარდა ΔH -ისა, დამოკიდებულია აგრეთვე ფილტრაციის გზის სიგრძეზე l .

წნევათა სხვაობის შეფარდებას ფილტრაციის გზის სიგრძესთან Φ იდრავლიკური ქანობი ანუ დაწნევის გრადიენტი ეწოდება.

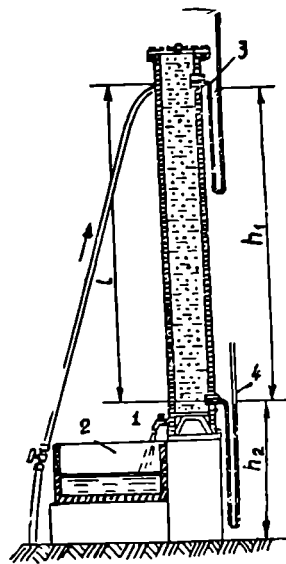
$$i = \frac{\Delta H}{l}. \quad (1)$$

მიწისქვეშა წყლების მოძრაობას დროში უცვლელი სიჩქარით დამყარებული მოძრაობა ეწოდება. მას საფუძვლად უდევს კანონი, რომელიც ფრანგმა ჰიდრავლიკოსმა დარსიმ დაადგინა 1856 წელს ცდის საშუალებით. წყლის ფილტრაციისათვის მან გამოიყენა ქვიშით სავსე ცილინდრი, რომელშიც წყალს აწვდიდნენ ზემოდან, გაფილტრული წყალი კი გადმოდინოდა ცილინდრის ქვედა ნაწილში მოთავსებული ონკანიდან. წყლის მიწოდებისას ქვიშის ზედაპირის ზემოთ შენარჩუნებული იყო წყლის ერთი და იგივე დონე.

ქვიშიანი ცილინდრის ზედა და ქვედა ბოლოებში ჩამაგრებული იყო მუხლოვანი მინის მილაკები — პიეზომეტრები. წყალი მათში სხვადასხვა დონეზე დგებოდა, ვინაიდან ფილტრაციის პროცესში წყალს გარკვეული წინააღმდეგობის გადალახვა უხდებოდა, რა ზედაც იხარჯებოდა დაწნევის ნაწილი. დარსიმ დაადგინა, რომ დროის ერთეულში ქვიშაში გაფილტრული წყლის რაოდენობა პირდაპირპროპორციულია ზედა და ქვედა პიეზომეტრებში დონეების სხვაობის $H_1 - H_2$ შეფარდებისა მათ შორის მანძილზე l , ცილინდრის განივკვეთის ფართობისა F და კოეფიციენტისა k , რომელიც დამოკიდებულია ქვიშის თვისებებზე, წყლის ტემპერატურასა და სიბლანტეზე

$$Q = k \frac{(H_1 - H_2) F}{l} = k l F. \quad (2)$$

ეს დამოკიდებულება ცნობილია დარსის კანონის სახელწოდებით. k კოეფიციენტი ეწოდება ფილტრაციის კოეფიციენტი.



ნახ. XV.2. დარსის ფილტრაციული ხელსაწყო:

1 — ონკანი, 2 — ქურქელი, 3 და 4 — პიეზომეტრები, l — ფილტრაციის გზა (მანძილი), h_1 — დონე ზედა პიეზომეტრში, h_2 — დონე ქვედა პიეზომეტრში.

თუ (2) განტოლების ორივე ნაწილს გავყოფთ F -ზე, მივიღებთ ფილტრაციის სიჩქარის ფორმულას

$$\frac{Q}{F} = v = kI, \quad (3)$$

ამრიგად, წყლის მოძრაობის ანუ ფილტრაციის სიჩქარე პირდაპირპროპორციულია ფილტრაციის კოეფიციენტისა და დაწნევის გრადიენტის ნამრავლისა, საიდანაც

$$k = \frac{v}{I}. \text{ თუ } I=1, k=v, \quad (4)$$

ე. ი. ფილტრაციის კოეფიციენტის სიდიდე უდრის ფილტრაციის სიჩქარეს ერთეული დაწნევითი გრადიენტის დროს. ფილტრაციის კოეფიციენტს ისეთივე განზომილება აქვს, როგორც სიჩქარეს: მ/დღე-ღამეში, სმ/წმ. დარსის კანონს უწოდებენ ფილტრაციის წრფივ კანონს, ვინაიდან იმ შემთხვევაში, როდესაც ეს კანონი მართებულია, ფილტრაციის სიჩქარესა და დაწნევის გრადიენტს შორის წრფივი დამოკიდებულებაა.

ფილტრაციის სიჩქარე გამოხატავს ე. წ. ფიქტიურ ანუ დაყვანილ სიჩქარეს, რადგან ნაკადის განივკვეთი F მე-2 ფორმულაში მიღებულია ქანის განივკვეთის ფართობის ტოლად, მაშინ როდესაც სინამდვილეში წყალი ქანში გადაადგილდება მხოლოდ ფორებში. წყლის მოძრაობის ნამდვილი სიჩქარის მისაღებად წყლის ხარჯი უნდა გაიყოს ფორების მიერ დაკავებულ ფართობზე

$$u = \frac{Q}{F \cdot n}, \quad (5)$$

სადაც n არის ქანის ფორიანობა. თანახმად მე-3 ფორმულისა,

$$u = \frac{v}{n}. \quad (6)$$

ვინაიდან ფორიანობის სიდიდე ყოველთვის ერთზე ნაკლებია, მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის ნამდვილი სიჩქარე ფილტრაციის სიჩქარეს აღემატება.

ფილტრაციის კოეფიციენტი მეტად მნიშვნელოვანი ფიზიკური

მხასიათებელია და იგი ჰიდროგეოლოგიაში ხმარებულ თითქმის ყველა ფორმულაში შედის. ლიტერატურაში მითითებულია k -ს მიახლოებითი სიდიდე სხვადასხვა შედგენილობისა და აგებულების ქანებისათვის (ცხრილი XV.1).

ცხრილი XV.1

ქანების ფილტრაციის კოეფიციენტის მიახლოებითი მნიშვნელობანი
(ნ. ზინდემანის მიხედვით)

ქანი	ფილტრაციის კოეფიციენტი მ/დღე-ღამეში
მსხვილი, ადვილად წყალგამტარი რიყის ქვა	100—1000
ხვინკა, ხრეში, ღორლი	50—150
მსხვილმარცვლოვანი ქვიშა	20—50
საშუალომარცვლოვანი ქვიშა	5—20
ფკრილმარცვლოვანი ქვიშა	!—5
მტვროვანი ქვიშა	0,5—1
ლიოსი	0,05—0,5
ქვიშნარი	0,1—0,5
თიხნარი	0,01—0,1
თიხა	0,01-ზე ნაკლები

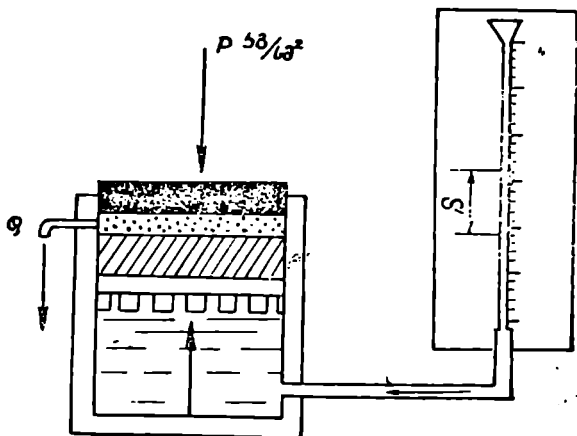
ფილტრაციის კოეფიციენტის უფრო ზუსტ, დასაბუთებულ სიდიდეებს ღებულობენ საველე პირობებში ჩატარებული ცდებით, ნაკლებად ზუსტს კი — ლაბორატორიული მეთოდებით. ლაბორატორიაში ცდები შეიძლება ჩატარდეს როგორც წყლის მოძრაობის წნევან გარემოში, ასევე წნევის გარეშეც.

ქვიშებისა და საერთოდ მაღალი ფილტრაციული თვისებების მქონე ქანების ფილტრაციის კოეფიციენტის გასაზომად გამოიყენება ტიმკამენსკის ხელსაწყო, აგრეთვე ე. სიმონოვის კონსტრუქციის „ს პ ე გ ე ო ს“ მილი. გაზომვა ემყარება დარსის ცდის პრინციპს, რომლის დროსაც განისაზღვრება წყლის ხარჯი, დრო და ჰიდრავლიკური გრადიენტის სიდიდე. ეს მონაცემები ნიმუშის კვეთის ფართობის სიდიდესთან ერთად გამოყენებულია დარსის ფორმულაში ფილტრაციის კოეფიციენტის საანგარიშოდ. თიხოვანი ქანებისათვის მნიშვნელოვანია k -ს განსაზღვრა ბუნებრივი, ე. ი. დაუშლელი სტრუქტურის ნიმუშისათვის. თუ ფილტრაციის საკითხები საინჟინრო-გეოლოგიური ამოცანების გადასაწყვეტად შეისწავლება, საჭიროა თიხოვანი ქანის ნიმუშები მოვთავსოთ გარკვეული წნევის ქვეშ, რომელიც სიდიდით შეესაბამება წნევას ნაგებობის ქვეშ. ერთ-ერთი ასეთი ხელსაწყო სქემა მოცემულია XV.3 ნახაზზე.

საველე მეთოდების გამოყენებით ფილტრაციის კოეფიციენტი განისაზღვრება უშუალოდ ბუნებრივ პირობებში, რაც უფრო საიმედო მონაცემებს იძლევა, ვინაიდან ასეთი განსაზღვრების დროს უშუ-

ალოდ მოქმედებს ყველა ის ბუნებრივ-გეოლოგიური და სხვა გარე ფაქტორი. რომლებიც გავლენას ახდენენ ქანების წყალგამტარობის თვისებებზე. ამ ფაქტორების სრულად გათვალისწინება ლაბორატორიულ პირობებში შეუძლებელია.

წყალი



ნახ. XV. 3. ხელსაწყო თიხოვანი ქანის ფილტრაციის კოეფიციენტის განსასაზღვრავად.

თუ ქანი შეიცავს გრუნტის წყალს, k -ს განსასაზღვრავად მიმართავენ ამოტუმბვის მეთოდს, მშრალი ქანის შემთხვევაში კი — შურფში ჩასხმის მეთოდს. ამ დროს ყველაზე ხშირად იყენებენ პროფ. ა. ბოლდრევის მეთოდს (რიყის ქვა, ქვიშები, ნაპრალოვანი ქანები).

საყდელი ამოტუმბვების მეთოდმა ჰიდროგეოლოგიური კვლევების პრაქტიკაში ფართო გავრცელება პოვა. ამოტუმბვის პრინციპი დამყარებულია ჭებისაკენ წყლის მოძინების თეორიაზე, რომელიც პირველად დაამუშავა დიუპუიმ ჯერ კიდევ 1857 წელს. ამ მეოოდის პრინციპი ის არის, რომ ერთი ძირითადი ჭაბურღილიდან ან ჭიდან წყალს ამოტუმბავენ, ხოლო შორიახლო მდებარე ჭაბურღილებში ან ჭებში აკვირდებიან წყლის დონეთა ცვალებადობას. ამოტუმბვის შედეგად წარმოიქმნება ცენტრალური ჭაბურღილისაკენ მიმართული წყლის რადიალური ნაკადი. ფილტრაციის კოეფიციენტის გამოსათვლელად გამოიყენება შემდეგი მონაცემები: დროის გარკვეულ მონაკვეთში ამოტუმბული წყლის რაოდენობა, ანუ ამოტუმბვის დებიტი, ცენტრალურ და სათვალთვალო ჭაბურღილებში მიღებული დონის დაწევის მაჩვენებლები და ჭაბურღილებს შორის მანძილი. ფილტრაციის კო-

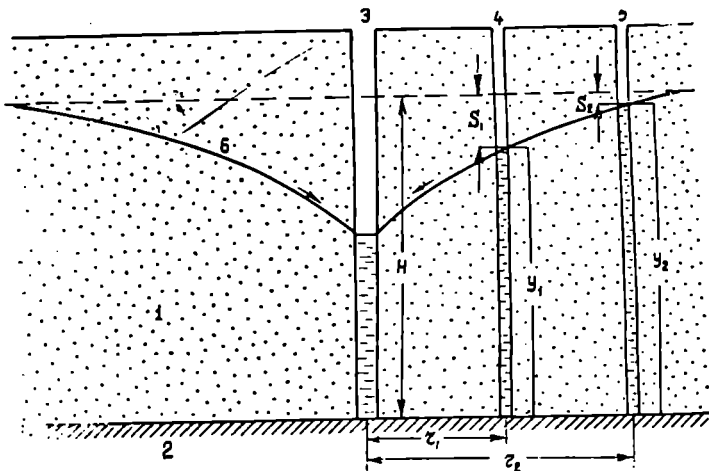
ეფიციენტის საანგარიშო დიუპუის ფორმულას, უდაწნეო წყალშემცველი პორიზონტის შემთხვევაში, აქვს შემდეგი სახე

$$k = \frac{Q}{\pi} \cdot \frac{\ln r_2 - \ln r_1}{y_2^2 - y_1^2}, \quad (7)$$

სადაც r_1 და r_2 არის ორი სათვალთვალო კაბურღილის დაშორება ცენტრალური კაბურღილიდან, ხოლო y_1 და y_2 — წყლის ამოტუმბვისას მიღებული მუდმივი დონეები შესაბამის კაბურღილებში.

თუ ზემომოყვანილ ფორმულაში ნატურალურ ლოგარიზმებს შევცვლით ათობითით, შევიტანთ π -ს რიცხვით მნიშვნელობას და გავითვალისწინებთ, რომ $y_1 = H - S_1$, ხოლო $y_2 = H - S_2$, სადაც H არის გრუნტის წყლის სიმძლავრე (ნახ. XV.4), მარტივი გარდაქმნებით მივიღებთ ფორმულას იმ სახით, როგორცაა იყენებენ ჰიდროგეოლოგიაში

$$k = \frac{0,733 \cdot \lg \frac{r_2}{r_1}}{(S_1 - S_2)(2H - S_1 - S_2)} \quad (8)$$



ნახ. XV. 4. გრუნტის წყლის ამოტუმბვის სქემა:

1 — წყალშემცველი ფენა, 2 — წყალგაუმტარი ფენა, 3 — ცენტრალური კაბურღილი, 4, 5 — სათვალთვალო კაბურღილები, 6 — დეპრესიული ძაბრი, H — გრუნტის წყლის სიმძლავრე, r_1 და r_2 — სათვალთვალო კაბურღილების დაშორება ცენტრალური კაბურღილიდან, S_1 და S_2 — გრუნტის წყლის დონეების დაწევა სათვალთვალო კაბურღილებში ცენტრალური კაბურღილიდან წყლის ამოტუმბვისას, y_1 და y_2 — გრუნტის წყლების მიღებული სიმძლავრეები ამოტუმბვისას.

უკანასკნელ ხანებში ჰიდროდინამიკურ გაზვლებში ფილტრაციის კოეფიციენტის გარდა გამოიყენება სხვა პარამეტრებიც, სახელდობრ: წყალგამტარობის კოეფიციენტი მ²/დღელ.

$$T = kH, \quad (9)$$

სადაც k არის ფილტრაციის კოეფიციენტი, ხოლო H — წყალშემცველი ფენის საშუალო სიმაღლე.

დონე გამტარობის კოეფიციენტი მ²/დღელ. იგი გამოხატავს ამოტუმბვის პროცესში უდაწნეო ნაკადის დონის ცვალებადობის სიჩქარეს. გამოითვლება ფორმულით

$$a = \frac{T}{\mu}. \quad (10)$$

μ გრავიტაციული წყალგაცემის კოეფიციენტი.

პიეზოგამტარობის კოეფიციენტი მ²/დღელ. იგი გამოხატავს, თუ ამოტუმბვისას რა სიჩქარით ვრცელდება წნევის შეცვლა წნევიან წყალშემცველ ფენაში. გამოითვლება ფორმულით

$$a = \frac{k}{n\beta_1 + \beta_2}, \quad (11)$$

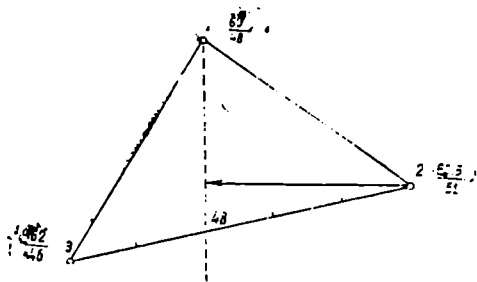
სადაც k ფილტრაციის კოეფიციენტი, n — ფორიანობა, β_1 — წყლის კუმშვადობის კოეფიციენტი, β_2 — ქანის კუმშვადობის კოეფიციენტი.

ფილტრაციის წრფივ კანონს დიდი მნიშვნელობა აქვს მიწისქვეშა წყლების დინამიკაში. იგი მართებულია წყლის მოძრაობისას არა მარტო ერთგვაროვანი შედგენილობის წვრილმარცვლოვან ქვიშებში, არამედ არაერთგვაროვან მსხვილმარცვლოვან ქვიშებში, ხრეშიან — ხვინჭიან ნალექებში და უმეტეს ნაპრალოვან ქანებში. ამასთან, იგულისხმება, რომ წყლის მოძრაობა თანაბარია.

XV.8. მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის მიმართულებისა და სიჩქარის განსაზღვრა

მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის მიმართულებისა და სიჩქარის დადგენა საჭიროა ჰიდროგეოლოგიის მრავალი პრაქტიკული საკითხის გადაჭრის დროს. ნაკადის დინების მიმართულება შეიძლება განისაზღვროს წყლის დონეებზე დაკვირვებით არანაკლებ სამ ქაბურღილში

(ან ქაში). ვიცით რა წყლის დონე სამ კაბურლილში, რომლებიც წარმოსახვითი სამკუთხედის წვეროებზე მდებარეობენ, და კაბურლილის პირის აბსოლუტური ნიშნულები, ადვილად გამოვთვლით წყლის ზედაპირების აბსოლუტურ ნიშნულებსაც ამ კაბურლილებში (ნახ. XV.5).



ნახ. XV.5. ნაკადის მიმართულების განსაზღვრა სამი კაბურლილის საშუალებით:

პრიცხველში—კაბურლილის პირის სიმაღლე, მნიშვნელში—წყლის დონის სიმაღლე (აბსოლუტურ ნიშნულებში). ისრით ნაჩვენებია ნაკადის მიმართულება.

დავეშვათ, რომ № 1 კაბურლილში წყალი 12 მ სიღრმეზეა, თვით კაბურლილის პირის აბსოლუტური ნიშნული 60

მეტრია. გრუნტის წყლის ნიშნული 48 მ იქნება. ანალოგიურად გამოითვლება წყლის ზედაპირის ნიშნულები დანარჩენ კაბურლილებშიაც (ვთქვათ, 51 და 46 მ). თუ სამკუთხედის გვერდებს დაეყოფთ პროპორციულ მონაკვეთებად, ამით დაეადგენთ დონეებს სამკუთხედის თითოეული გვერდის რამდენიმე წერტილში. ერთნაირი სიმაღლის წერტილების შეერთება მოგვცემს ჰიდროიზოჰიფსებს. მათი მართობული ხაზი კი, მიმართული მაღალი ნიშნულებიდან დაბალისაკენ, შეესაბამება გრუნტის წყლის მოძრაობის მიმართულებას. აქვე შეიძლება განისაზღვროს ქანობიც, ე. ი. ორ წერტილში წყლის დონეთა სხვაობის შეფარდება წერტილებს შორის მანძილთან. ქანობზე წარმოდგენას იძლევა ჰიდროიზოჰიფსების ურთიერთგანლაგების ხასიათიც. მათი შემჭიდროება მიუთითებს ქანობის მატებაზე და პირიქით. ჰიდროიზოჰიფსებიან რუკაზე ნაკადის მიმართულება სიმაღლის ნიშნულებით გაირკვევა. მოძრაობის მიმართულებას მაღლიდან დაბალი ნიშნულებისაკენ გვიჩვენებს ჰიდროიზოჰიფსებისადმი პერპენდიკულარული ხაზი.

ზოგჯერ ნაკადის მიმართულების გასაგებად შეფერვის მეთოდსაც იყენებენ. ცენტრალურ კაბურლილში ჩაუშვებენ ძლიერ ორგანულ საღებავს (მეთილენის ლილას ან ფლუორესცინს). საღებავის გამოჩენა ერთ-ერთ დასაკვირვებელ კაბურლილში ნაკადის მიმართულების მაჩვენებელია.

წყლის მოძრაობის სიჩქარეს უშუალო დაკვირვებით განსაზღვრვენ. ამ მიზნით იხმარება ინდიკატორები — სხვადასხვა მარილის ხსნარები ან საღებავები, რომლებსაც უშვებენ ერთ კაბურლილში და

აკვირდებიან მათ გამოჩენას მეორეში, რომელიც განლაგებულია ნაკადის მოძრაობის მიმართულებით. ჰაბურდილებს შორის მანძილისა და ინდიკატორის გავლის დროის საშუალებით მარტივად ისაზღვრება ნაკადის სიჩქარე. გამოყენებული ინდიკატორები ადვილად უნდა ვლინდებოდნენ და არ უნდა შეიცავდნენ მომწამლავ ნივთიერებებს. ეს მეთოდი ყველაზე ეფექტურია მაღალი ფილტრაციული თვისებების მქონე ქანებში (ქვიშებში, ხრეში და სხვა).

მიწისქვეშა წყლების სიჩქარის განსაზღვრისათვის გამოიყენება აგრეთვე ელექტროლითური მეთოდი, რომელიც ემყარება წყლის ელექტროგამტარობის მატების პრინციპს მასში ელექტროლითების შეყვანის შედეგად. ნაკადის მოძრაობის მიმართულებაზე განლაგებულ და რამდენიმე მეტრით ერთმანეთისაგან დაშორებულ ორ ჰაბურდილში იქმნება ელექტრული წრედი. მოძრაობის მიმართულებით ზემოთ მდებარე ჰაბურდილში შეჰყავთ ელექტროლითი, მაგალითად, ქლოროვანი ამონიუმი. ქვედა ჰაბურდილში ამპერმეტრით აკვირდებიან წყლის ელექტროგამტარობის მატებას. აღინიშნება დრო, რომელსაც ელექტროგამტარობის მაქსიმუმი შეესაბამება. ცნობილია რა ჰაბურდილებს შორის ზუსტი მანძილი, ადვილად გამოითვლება ნაკადის სიჩქარე.

ჰიდროტექნიკურ და წყალშემკრებ ნაგებობათა უბნებზე მიწისქვეშა წყლების ფილტრაციის საკითხებთან დაკავშირებული ამოცანების გადაჭრის დროს გამოიყენება ელექტროჰიდროდინამიკური ანალოგიის მეთოდი, რომელიც იმაზეა დამყარებული, რომ წყლის მოძრაობა ფოროვან გარემოში და ელექტროდენის გავრცელება გამტარში მსგავსი მათემატიკური დამოკიდებულებით გამოისახება.

XVI თავი

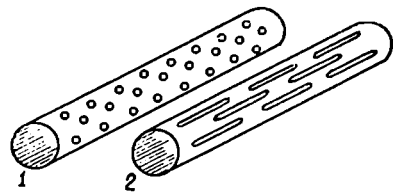
მიწისქვეშა წყლების მოღონება წყალუმიკრები ნაგებობისაქვე

XVI.1. ზოგადი ცნობები

წყალშემკრებ ნაგებობებს ეკუთვნის: არხები, გალერეები, ჰები, შახტები. ეს ნაგებობანი გათვლილია ექსპლუატაციის სხვადასხვა პერიოდისათვის და გამაგრებულია სხვადასხვა ტიპის სამაგრით: ბუნებრივი ქვით, აგურით, კერამიკით, ბეტონით, რკინა-ბეტონით, ლითონით და ა. შ. გაყვანის ხერხის მიხედვით არჩევენ ამოთხრილ და გა-

ბურღულ ჰებს ანუ ჰაბურლი-
ლებს, წყლის დაწნევის მიხედ-
ვით კი გრუნტულ და წნევიან
ჰებს.

განლაგების სიღრმის მი-
ხედვით გამოიყოფა სრულყო-
ფილი და არასრულყოფილი
გამონამუშევრები. პირველს
ეკუთვნის ნაგებობები, რომ-
ლებიც მთლიანად კვეთენ წყალ-
შემცველ ჰორიზონტს წყალგა-
უმტარ ფენამდე, ხოლო მეორენი მხოლოდ ნაწილობრივ კვეთენ წყალ-
შემცველ ჰორიზონტს.



ნახ. XVI.1. ჰაბურლილის ფილტრები:
1 — ხვრეტილებიანი, 2 — ჰვრიტეებიანი.

არასრულყოფილ ჰებში წყლის შემოღწევა ხდება კედლებიდან და
ფსკერიდან ან მხოლოდ ფსკერიდან, როცა კედლები წყალშეუღწევა-
დია ჰის სამაგრის არსებობის გამო. სრულყოფილ ჰებში კი ფსკერი
წყალგაუმტარია, ამიტომ წყლის მოძინებას ადგილი აქვს მხოლოდ კედ-
ლებიდან. ჰებს ან ჰაბურლილების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი შემად-
გენელი ელემენტი ფილტრი, რომელიც გამონამუშევარში წყლის
შემოღწევის საშუალებას იძლევა. იგი წარმოადგენს ლითონის სხვა-
დასხვა დიამეტრის მილს, რომელსაც აქვს მრგვალი ან წაგრძელებუ-
ლი ფორმის ხვრეტილები (ნახ. XVI.1).

ხვრეტილების რაოდენობა, ფორმა და მათ შორის მანძილი ფილტ-
რებში სხვადასხვაა. ფილტრის ამა თუ იმ ტიპის გამოყენება დამოკი-
დებულია წყალშემცველი ჰორიზონტის წყალსიუხვეზე, ფენის ლითო-
ლოგიურ აგებულებაზე და შემადგენელი მარცვლების ზომებზე.
ფილტრი ისე უნდა შეეარჩიოს, რომ იგი არ დაიშლამოს სილით ან
არ ამოივსოს ქვიშით. არჩევენ ფილტრებს, რომელთა ხვრეტილების
დიამეტრი 1—2 სმ-ია, ხოლო მათ შორის მანძილი — 2—4 სმ. ჰვრი-
ტეებიან ფილტრებში ჰვრიტეები შეიძლება იყოს 0,8—1,5 სმ სიგა-
ნის და 2,5—4 სმ სიგრძის. ხვრეტილების და ჰვრიტეების ზედაპირის
ჰამური ფართობი არ უნდა აღემატებოდეს მილის ზედაპირის მუხუ-
თედს, წინააღმდეგ შემთხვევაში მილის სიმტკიცე შესუსტდება და
იგი ადვილად გამოვა წყობიდან. ფილტრები ისეთ ქანებში იხმარება,
სადაც მოსალოდნელია ჰაბურლილის ნაშალი მასალით ამოვსება. ამდე-
ნად ფილტრი ამავე დროს ჰაბურლილის კედლის დამცავი საშუალე-
ბაც არის. იმისათვის, რომ ფილტრის ხვრეტელები არ ამოივსოს,
მას ხშირად შემოაკრავენ წვრილ ნასვრეტოვან ბადეს. ფილტრის და
ბადის მასალას ირჩევენ წყლის ქიმიური შედგენილობის გათვალისწი-
ნებით, რათა წყალმა ლითონის კოროზია არ გამოიწვიოს. ექსპლუატა-

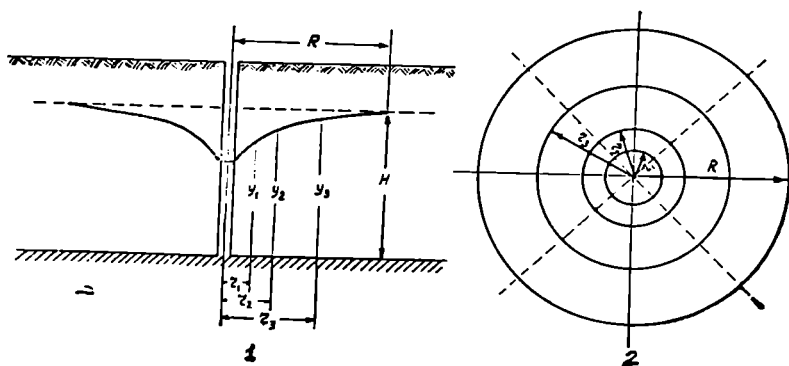
ციის ხასიათის მიხედვით წყალშემკრები ნაგებობანი იყოფა მუდმივ-მოქმედ და დროებით ნაგებობებად, აგრეთვე წყალმიღებ და წყალ-შთამნთქავ ნაგებობებად.

XVI.2. დეპრესიული ძაბრისა და გავლენის რადიუსის ცნება

ამოტუმბვის პროცესში წყლის მოძრაობის სიჩქარე მნიშვნელოვნად მატულობს. ადგილი აქვს აგრეთვე მყარი ნაწილაკების ზედაპირზე წყლის ხახუნის ძალის მატებას. ჰაბურლილისაქენ რადიალურად მიმართული წყლის ნაკადი ჰაბურლილის გარშემო ქმნის ე. წ. დეპრესიულ ძაბრს. გეგმაში იგი გამოისახება კონცენტრიული ხაზებით, რომლებიც თანაბარ დაწნევათა დონეებს შეესაბამება. ვერტიკალურ კრილში ძაბრი დეპრესიულ მრუდს ქმნის. მისი სიძრუდე იზრდება ამოტუმბვის წერტილთან მიახლოებისას (ნახ. XVI.2).

დეპრესიული მრუდის რადიუსი, ან გავლენის რადიუსი R შედის იმ საანგარიშო ფორმულებში, რომლებიც გამოიყენება წყალშემკრებ და სადრენაჟო ნაგებობათა დაპროექტების დროს.

გავლენის რადიუსის სიდიდე განისაზღვრება სხვადასხვა ხერხით იმის მიხედვით, თუ როგორია მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის რეჟიმი. თუ რეჟიმი დამყარებულია, ე. ი. თუ საცდელი ამოტუმბვების დროს მოხდა დონის სტაბილიზაცია, მაშინ R შეიძლება მიახლოებით გამოითვალოს დიუპუის ფორმულათა გარდაქმნით მიღებული გამოსახულებების საშუალებით.



ნახ. XVI. 2. ჰაბურლილში წყლის ამოტუმბვის შედეგად მიღებული დეპრესიული მრუდი R რადიუსით: 1 — კრილი; 2 — გეგმა.

წნევიანი წყლების შემთხვევაში

$$lgR = \frac{S_1 lgr_2 - S_2 lgr_1}{S_1 - S_2} \quad (1)$$

უდაწნეო წყლების შემთხვევაში კი

$$lgR = \frac{S_1(2H - S_1)lgr_2 - S_2(2H - S_2)lgr_1}{(S_1 - S_2)(2H - S_1 - S_2)} \quad (2)$$

ამ ფორმულებში S_1 და S_2 არის დონის დაწევის სიდიდე პირველ და მეორე სათვალთვალო ჭაბურღილებში; r_1 და r_2 — მანძილები ცენტრალური ჭაბურღილიდან სათვალთვალო ჭაბურღილებამდე.

თუ მოძრაობის რეჟიმი დაუმყარებელია, ე. ი. თუ საცდელი ამოტუმბვების დროს არ არის მიღწეული რეჟიმის სტაბილიზაცია და დეპრესიული ძაბრის გაფართოება გრძელდება, გავლენის რადიუსი გამოითვლება ფორმულით

$$R = 1,5\sqrt{at} \quad (3)$$

სადაც a პიეზოგამტარობის (დონეგამტარობის) კოეფიციენტი, t — დრო ამოტუმბვის დაწყების მომენტიდან.

როგორც ვხედავთ, რაც უფრო მაღალია პიეზოგამტარობის (წნევიან ფენებში) ან დონეგამტარობის კოეფიციენტი (უდაწნეო ფენებში), მით მეტია გავლენის რადიუსი, ე. ი. მით უფრო სწრაფად ხდება დეპრესიული ძაბრის გაფართოება. დეპრესიული მრუდის რადიუსის სიდიდე დამოკიდებულია იმ ქანების გრანულომეტრიულ შედგენილობაზე, რომლებშიც წყალი მოძრაობს. რაც უფრო მაღალი ფილტრაციული თვისებებით ხასიათდება ქანი, მით უფრო ფართოა დეპრესიის ძაბრი და დიდია გავლენის რადიუსი. გავლენის რადიუსი ცვალებადობს დროში ამოტუმბვის პროცესში, მაგრამ გარკვეულ საზღვრებში. გარკვეული დროის შემდეგ დგება მომენტი, როცა იგი აღარ იცვლება.

ლიტერატურაში მოჰყავთ R -ს საორიენტაციო მნიშვნელობები სხვადასხვა შედგენილობისა და თვისებების ქანებისათვის (ცხრილი XVI.1).

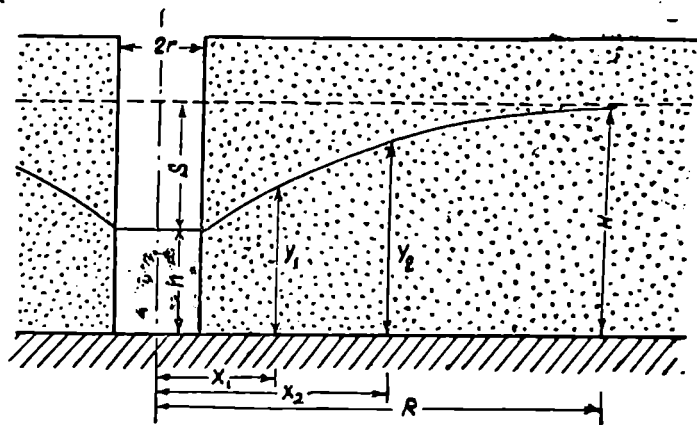
ქ ა ნ ე ბ ი	ფილტვლის კო- ფიციენტი მ/ლელ.	ტბურღლის ღებ- ილი დონის დაწვე- ნას მ—10 მ. მ/საათში	R,მ
ქვიშნარი	0,1—0,5	1—3	40—50
მტვროვანი, თიხოვანი ქვიშა 0,01—0,5 მმ ფრაქციის სიქარბით	0,5—1,0	5—10	90—100
მტვროვანი, ერთგვაროვანი ქვიშა 0,01—0,05 მმ ფრაქციის სიქარბით	1,5—5,0	10—15	120—140
წვრილმარცვლოვანი ქვიშა 0,1—0,25 მმ ფრაქციის სიქარბით	5—10	15—20	150—175
წვრილმარცვლოვანი, ერთგვაროვანი ქვი- შა 0,1—0,25 მმ ფრაქციის სიქარბით	20—25	30—40	175—200
საშუალომარცვლოვანი, თიხოვანი ქვიშა 0,25—0,5 მმ ფრაქციის სიქარბით	20—25	40—50	225—250
საშუალომარცვლოვანი, ერთგვაროვანი ქვიშა 0,5 მმ ფრაქციის სიქარბით	35—50	50—60	300—350
მსხვილმარცვლოვანი, სუსტად თიხოვა- ნი ქვიშა 0,5—1,0 მმ ფრაქციის სიქარ- ბით	35—40	60—75	275—325
მსხვილმარცვლოვანი, ერთგვაროვანი ქვი- შა 0,5—1,0 მმ ფრაქციის სიქარბით	60—75	75—100	350—400
ხრეში	100—115	80—100	450—500
კლდოვანი, ნაპრალოვანი ქანები	60—70	60—65	600—700
ძლიერ ნაპრალოვანი ქანები	115—125	100—115	800—1000

XVI.3. მიწისქვეშა წყლების მოღინება ჰისკან (ვაპარლილისაკენ)

1. განვიხილოთ სრულყოფილი ჰის შემთხვევა.

დავეუვათ, რომ უნდა გამოვთვალოთ წყლის შესაძლებელი მოღინება სრულყოფილი ჰისაკენ, ამასთან, წყალი უდაწნეოა და თანაბრად მოძრაობს. გამოსათვლელად ვიყენებთ ჩვენთვის უკვე ცნობილ დარსის ფორმულას

$$Q = kIF. \quad (4)$$



ნახ. XVI. 3. სრულყოფილი ჰის სქემა.

XVI.3 ნახაზზე მოცემულია სრულყოფილი ჰის სქემა. H — წყალ-შემცველი ფენის სისქე, r — ჰის რადიუსი, S — წყლის დონის დაწვევა ამოტუმბვისას, h — წყლის სვეტის სიმაღლე, რომელიც რჩება ჰაში ამოტუმბვის შემდეგ $h = H - S$, R — ჰის გავლენის რადიუსი. x_1 , x_2 , y_1 , y_2 — დებრესიის მრუდზე ნებისმიერად აღებული წერტილების კოორდინატები.

ვითვლით ჰისაკენ წყლის მოძინებას შერჩეული კვეთისათვის, რომელიც x , y კოორდინატებით განისაზღვრება. ამ შემთხვევაში $J = \frac{dy}{dx}$, ხოლო $F = 2\pi xy$ როგორც ჰის ზედაპირი, რომელიც შეიძლება ცილინდრულად ჩავთვალოთ. მაშასადამე

$$Q = k \frac{dy}{dx} \cdot 2\pi xy, \text{ საიდანაც } y dy = \frac{Q}{2\pi k} \cdot \frac{dx}{x}. \quad (5)$$

თუ მოვახდენთ ამ განტოლების ინტეგრირებას x -სათვის r -დან R -მდე, ხოლო y -სათვის h -დან H -მდე საზღვრებში, მივიღებთ

$$Q = \pi k \frac{H^2 - h^2}{\ln R - \ln r}, \quad (6)$$

ე. ი. სრულყოფილი ჰის შემთხვევაში წყლის მოძინების რაოდენობის განსაზღვრისათვის გამოსაყენებელია დიუპუის ფორმულა.

თუ ამ ფორმულაში ნატურალურ ლოგარითმებს შევცვლით ათობი-

თით, შვეიტანთ π -ს რიცხვით მნიშვნელობას და გავითვალისწინებთ, რომ

$$H^2 - h^2 = (H-h)(H+h) = S(2H-H+h) = S(2H-S),$$

გვექნება

$$Q = 1,36k \frac{S(2H-S)}{lgR - lgr}, \quad (7)$$

საიდანაც

$$k = 0,73Q \frac{lgR - lgr}{S(2H-S)}. \quad (8)$$

ცენტრალური და ერთი სათვალთვლო ჰაბურდილის მონაცემებით შეიძლება k -ს განსაზღვრა ფორმულით

$$k = 0,73 \cdot Q \frac{lgr_1 - lgr_0}{(S_0 - S_1)(2H - S_0 - S_1)}, \quad (9)$$

სადაც r_0 — ცენტრალური ჰაბურდილის რადიუსია,
 S_0 — დონის დაწვევა ცენტრალურ ჰაბურდილში,
 r_1 — მანძილი ცენტრალური ჰაბურდილიდან სათვალთვლო ჰაბურდილამდე,
 S_1 — დონის დაწვევა სათვალთვლო ჰაბურდილში.

ბოლო გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ეს ფორმულა ზოგჯერ იძლევა საგრძნობ ცდომილებას, ამიტომ მას ნაკლებად მიმართავენ.

2. არასრულყოფილი ჰის შემთხვევაში წყალმოდინებას ადგილი აქვს კედლებიდან და ფსკერიდანაც. ეს რამდენადმე ართულებს წყალმოდინების გაანგარიშებას. ასეთი ჰების დებიტი ჩვეულებრივად ნაკლებია, ვიდრე სრულყოფილისა.

თუ ჰაბურდილში ფილტრის მუშა ნაწილის სიგრძის l -სა და წყალშემცველი ჰორიზონტის სიმძლავრის m -ის სიდიდეთა შორის დატულია თანაფარდობა: $\frac{l}{m} > C, 1$, არასრულყოფილი ჰაბურდილებისათვის (ჰებისათვის) შეიძლება გამოვიყენოთ დიუპუის ფორმულები სათანადო შესწორებით. ამ ფორმულებს ექნება შემდეგი სახე:

წნევიანი წყლების შემთხვევაში:

ცენტრალური ჰაბურდილისათვის

$$k = \frac{0,366Q \left[\lg \frac{R}{r_0} + 0,217\xi_0 \right]}{mS_0}. \quad (10)$$

S_0 —დონის დაწვევა ცენტრალურ ჰაბურლილში;

r_0 —ცენტრალური ჰაბურლილის რადიუსი;

m —წყალშემცველი ჰორიზონტის სიმძლავრე.

ცენტრალური და სათვალთვალო ჰაბურლილისათვის

$$k = \frac{0,366Q \left[\lg \frac{r_1}{r_0} + 0,217 (\xi_0 - \xi_1) \right]}{m(S_0 - S_1)}; \quad (11)$$

r_1 — მანძილი ცენტრალურიდან სათვალთვალო ჰაბურლილამდე;

S_1 — დონის დაწვევა სათვალთვალო ჰაბურლილში.

ორი სათვალთვალო ჰაბურლილისათვის

$$k = \frac{0,366Q \left[\lg \frac{r_2}{r_1} + 0,217 (\xi_1 - \xi_2) \right]}{m(S_1 - S_2)}. \quad (12)$$

უდაწნეო წყლების შემთხვევაში:

ცენტრალური ჰაბურლილისათვის

$$k = \frac{0,73Q \left[\lg \frac{R}{r_0} + 0,217 \xi_0 \right]}{S_0(2H - S_0)}; \quad (13)$$

ცენტრალური და სათვალთვალო ჰაბურლილისათვის

$$k = \frac{0,73Q \left[\lg \frac{r_1}{r_0} + 0,217 (\xi_0 - \xi_1) \right]}{(S_0 - S_1)(2H - S_0 - S_1)}; \quad (14)$$

ორი სათვალთვალო ჰაბურლილისათვის

$$k = \frac{0,73 \cdot Q \left[\lg \frac{r_2}{r_1} + 0,217 (\xi_1 - \xi_2) \right]}{(S_1 - S_2)(2H - S_1 - S_2)}. \quad (15)$$

ამ ფორმულაში ξ_0 , ξ_1 , ξ_2 არის ფილტრაციულ წინააღმდეგობათა სიდიდეები; ისინი შესაბამისად ითვალისწინებენ ცენტრალური, პირველი და მეორე სათვალთვალო ჰაბურლილების არასრულყოფილობას გახსნის ხარისხის მიხედვით, როდესაც ჰაბურლილის მიერ გახსნილია წყალშემცველი ფენის სიმძლავრის მხოლოდ ნაწილი, ან გახს-

ნილია მთლიანად, მაგრამ ფილტრის სიგრძე l ნაკლებია წყალშემცველი ჰორიზონტის m სიმაღლეზე.

ფილტრაციულ წინააღმდეგობათა სიდიდეების გამოთვლა ხდება სპეციალური ცხრილებით $\frac{l}{m}$ და $\frac{m}{r}$ -ს თანაფარდობათა მიხედვით. ან უშუალოდ განსაზღვრავენ ბუჩქური ამოტუმბვების მონაცემებით. როგორც აღნიშნული იყო, ზემოთ მოყვანილი ფორმულები გამოიყენება მაშინ, როდესაც $\frac{l}{m} > 0,1$; თუ ეს შეფარდება 0,1-ზე ნაკლებია, მაშინ სარგებლობენ ფორმულებით:

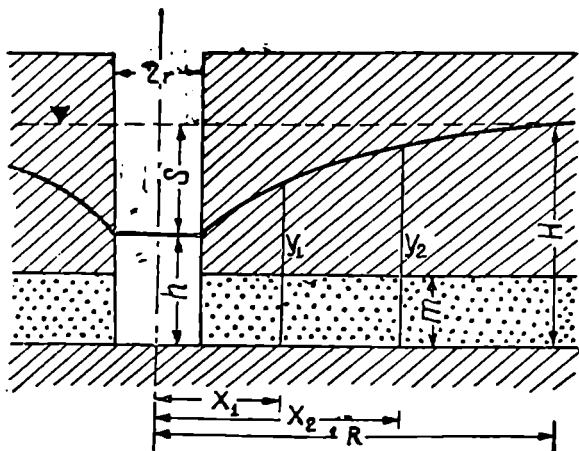
$$k = \frac{0,366 \cdot Q \cdot \lg \frac{1,47l}{r_0}}{l \cdot S_0} \quad (16)$$

და

$$k = \frac{0,366 \cdot Q \cdot \lg \frac{0,73l}{r_0}}{l S_0} \quad (17)$$

პირველი გამოიყენება მაშინ, როდესაც ფილტრი განლაგებულია ფენის სახურავ ან საგებ გვერდთან, მეორე კი, — როდესაც ფილტრი მოთავსებულია ფენის შუა ნაწილში.

3. განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც სრულყოფილ კაში მოძრაობს წნევიანი წყალი, ე. ი. გვაქვს არტეზიული კა.



ნახ. XVI. 4. არტეზიული კის სქემა.

XVI.4 ნახაზზე მოცემულია შემდეგი აღნიშვნები: H — დაწნევის სიმაღლე წყალშემცველი ფენის საგებიდან, r — ჭის რადიუსი, m — წყალშემცველი (წნევიანი) ფენის სიმძლავრე, h — წყლის სვეტის სიმაღლე ამოტუმბვისას ($H-S$), R — ჭის გავლენის რადიუსი, S — დონის დაწევა ამოტუმბვისას, x_1, x_2, y_1, y_2 — დებრესიის მრუდზე ნებისმიერად აღებული წერტილების კოორდინატები, F — ნაკადის განივკვეთის ფართობი.

გამოვდივართ იგივე დარსის ფორმულიდან; ვინაიდან $I = \frac{dy}{dx}$, ხოლო $F = 2\pi x m$,

$$Q = k \frac{dy}{dx} 2\pi x m. \quad (18)$$

ამ განტოლების ინტეგრირების შედეგად y -სათვის h -დან H -მდე, ხოლო x -სათვის r -დან R -მდე ფარგლებში მივიღებთ

$$Q = 2\pi k m \frac{H-h}{\ln R - \ln r}, \quad (19)$$

ხოლო π -ს რიცხობრივი მნიშვნელობის ჩასმისა და ნატურალური ლოგარითმის ათობითი ლოგარითმით შეცვლის შედეგად ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს

$$Q = 2,73 k m \frac{H-h}{\lg R - \lg r}, \quad (20)$$

საიდანაც

$$k = 0,366 \frac{Q(\lg R - \lg r)}{m(H-h)}. \quad (21)$$

XVI.4. წყლის მოდინება არხებში

არხების საშუალებით ხდება გრუნტის წყლების დონეების ხელოვნურად დაწევა. ამდენად არხი სადრენაჟო სისტემის ნაწილია და მასში წყლის მოდინების გაანგარიშებას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს გრუნტის წყლების წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებათა შემუშავებაში. იმის მიხედვით, თუ რა მდებარეობა უკავია არხს გრუნტის წყლის ნაკადის მიმართ, მასში წყალი შეიძლება შემოდირდეს ერთ-

ერთი ან ორივე კედლიდან. სრულყოფილ არხში ორივე კედლიდან წყლის მოდინებისას ხარჯს ანგარიშობენ შემდეგი ფორმულით

$$Q = kl \frac{H^2 - h^2}{R}. \quad (22)$$

ერთი მხრიდან მოდინების შემთხვევაში კი

$$Q = kl \frac{H^2 - h^2}{2R}. \quad (23)$$

აღნიშვნები იგივეა, რაც წინა ფორმულებში. l არხის სიგრძეა მეტრებში. არასრულყოფილ არხში წყლის მოდინების რაოდენობა ნაკლებია

$$Q_1 = Q \cdot \frac{t}{H}, \quad (24)$$

სადაც Q_1 არასრულყოფილი არხის ხარჯია, Q — სრულყოფილი არხის ხარჯი, t — მანძილი არხის ფსკერიდან წყლის ნორმალურ დონემდე, H — გრუნტის წყლის სიმძლავრე.

XVI.6. წყლის მოდინება კვაბულში

მშენებლობის ობიექტზე ხშირად საჭიროა გამოვთვალოთ სამშენებლო ქვაბულში წყლის მოსალოდნელი მოდინების რაოდენობა. გაანგარიშების დროს იყენებენ მესამე პარაგრაფში მოყვანილ ფორმულებს და თვლიან, რომ სამშენებლო ქვაბული შეიძლება გაიგივებულ იქნეს დიდი დიამეტრის ჭასთან (რა თქმა უნდა, თუ ქვაბულის კონფიგურაცია იძლევა ამის საშუალებას). ამისათვის საჭიროა გამოანგარიშებულ იქნეს ჭის პირობითი რადიუსი r_0 ქვაბულის ფართობის F მ²-ში და დიდი დიამეტრის ჭის ფართობის πr_0^2 მიხედვით

$$r_0 = \sqrt{\frac{F}{\pi}}. \quad (25)$$

ამის შემდეგ შეიძლება გამოვიანგარიშოთ წყლის მოდინება სრულყოფილი, უდაწნეო ქების ფორმულებით ფოროვანი ან მსხვილნარავლოვანი ქანებისათვის. მაგალითად, სრულყოფილი ქვაბულისათვის უდაწნეო წყლების შემთხვევაში

$$Q = 1,36k \frac{H^2}{\lg R - \lg r_0}, \quad (26)$$

ხოლო თუ ქვაბული არ არის დაყვანილი წყალგაუმტარ ქანებამდე, ვიშველიებთ აქტიური ზონის h_0 სისქეს

$$Q = 1,36k \frac{H^2 - h_0^2}{lgR - lgr_0} \quad (27)$$

თუ ქვაბულის ფსკერის მახლობლად მდებარეობს წნევიანი წყალ-შემცველი ფენა, საჭიროა განვსაზღვროთ წყალგაუმტარი ფენის ის სისქე, რომელიც დაიცავს ქვაბულს წნევიანი წყლების შემოკრისაგან. გაანგარიშებისათვის იყენებენ შემდეგ დამოკიდებულებას

$$\gamma_0 H < \gamma_0 h, \quad (28)$$

სადაც H წყლის დაწნევის სიმაღლეა, რომელიც აითვლება წყალ-გაუმტარი ფენის საგებიდან, γ_0 — წყლის ხვედრითი წონა, γ_0 — გრუნტის მოცულობითი წონა ფორებში წყლის წონის გათვალისწინებით.

მიხსლოებითი გაანგარიშებისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ პირობით

$$H \leq 2h. \quad (29)$$

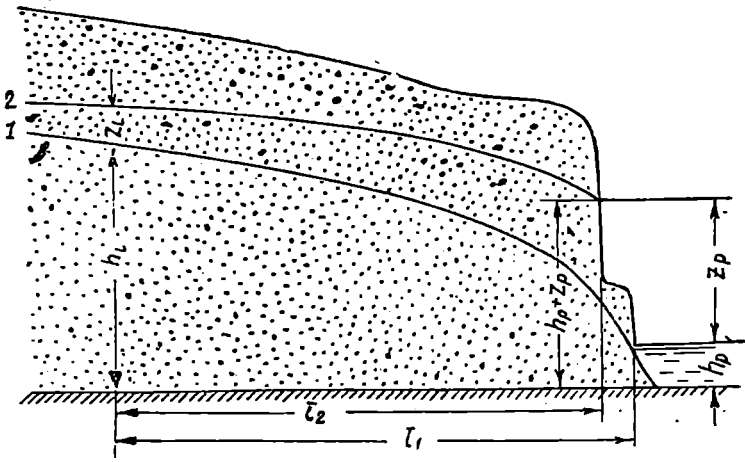
XVII თავი

მიწისქვეშა წყლები, როგორც მუდმივად მოძვარდის პირობების გამართულებელი ფაქტორი

მიწისქვეშა წყალი — ერთ-ერთი უძვირფასესი წიაღისეული, რომლის პრაქტიკული გამოყენების სფერო თითქმის განუსაზღვრელია, ამავე დროს გვევლინება ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის გამართულებელ ფაქტორად. განსაკუთრებით თვალსაჩინოა მიწისქვეშა წყლების უარყოფითი როლი სხვადასხვა ტიპის ნაგებობათა მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პროცესში. ამიტომ არის, რომ მიწისქვეშა წყლების შესწავლა და მათ წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებათა განხორციელება მშენებლობის პროცესში ერთ-ერთი არსებითი პრაქტიკული ამოცანაა.

XVII.1. მიწისქვეშა წყლების დონეთა ცვალებადობის გაპლანა ნაგებობის მდგომარეობაზე

მიწისქვეშა წყლების დონე დროში მუდმივად ცვალებადობს. ხშირად ამ ცვალებადობის ამპლიტუდა მეტად მნიშვნელოვანია. განსაკუთრებით ხშირია და საგრძნობი დონის ცვალებადობა მაშინ, რო-



ნახ. XVII. 1. შეტბორვის გავლენა მიწისქვეშა წყლების ღონეზე:

1 — მიწისქვეშა წყლების ღონე შეტბორვამდე; 2 — მიწისქვეშა წყლების ღონე შეტბორვისას; h_p — წყლის სიღრმე მდინარეში; Z_p — წყლის ღონის მატება მდინარეში; h_e — წყალშემცველი ჰორიზონტის სიმძლავრე შეტბორვამდე მდინარიდან l მანძილზე; Z_e — მიწისქვეშა წყლების ღონის აწევის სიმაღლე იმავე კვეთში შეტბორვის შედეგად.

დესაც გამომწვევ მიზეზს ადამიანის პრაქტიკული საქმიანობა წარმოადგენს. მაგალითად, მდინარის კალაპოტში კაშხლის მშენებლობის შედეგად წყლის შეტბორვა იწვევს მიწისქვეშა წყლების ღონეების მკვეთრ აწევას ხეობის ორივე ნაპირზე (ნახ. XVII.1), რაც ხშირად დიდ ფართობებს მოიცავს. თუ დატბორვის ზონაში აღმოჩნდა დასახლებული პუნქტები, რთულდება ნაგებობათა მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პირობები. წყალი აღწევს რა სარდაფებსა და ქვედა სართულებში, იწვევს მათ ინტენსიურ დანესტიანებას. წყლით იაჭერების გამო მკვეთრად მცირდება საძირკვლის გრუნტების ამტანუნარიანობა. ამის უშუალო შედეგი შეიძლება იყოს ნაგებობათა დამატებითი უთანაბრო ჯდომები. მიწისქვეშა წყლების ღონის ხელოვნური აწევა შეიძლება გამოიწვიოს სარწყავი წყლის არარაციონალურმა ხარჯვამ, მუდმივმა დანაკარგებმა წყალსადენისა და კანალიზაციის ქსელებიდან, ზედაპირული და ატმოსფერული წყლების ინტენსიურმა ჩადინებამ სიღრმეში და სხვა. მაგალითად, თბილისში, სანჯონის ტერიტორიაზე შემჩნეული გრუნტის წყლების ღონის აწევა 4—5 მეტრით საშუალო ღონესთან შედარებით, გამოწვეული იყო სამგორის სარწყავი სისტე-

მის მაგისტრალური არხიდან წყლის უყაირათო ხარჯვით ადგილობრივი მოსახლეობის მიერ საკარმიდამო ნაკვეთების მოსარწყავად.

მიწისქვეშა წყლების დონეების აწევა განსაკუთრებით მკვეთრ გავლენას ახდენს ლიოსებსა და ლიოსისმაგვარ ქანებზე, რომლებსაც მაღალი ფორიანობა აქვთ (55—64%). დასველების გამო მათი სტრუქტურა ირღვევა, ქანი შემკვრივებას განიცდის და ადგილი აქვს ზედაპირის ჯდომას, რასაც ნაგებობათა დაზიანება მოჰყვება.

მიწისქვეშა წყლების დონის მატება ფხვიერ ქვიშიან გრუნტებში, სადაც ნაწილაკებს შორის შეჭიდულობა არ არსებობს, იმის საშიშროებას ქმნის, რომ ფილტრაციულმა ნაკადმა შესაძლოა გამოიწვიოს საძირკვლის გრუნტი და გამოიწვიოს ნაგებობათა სერიოზული დაზიანება.

მიწისქვეშა წყლების დონეების ცვალებადობის კონტროლი და ამ დონეების ხელოვნური რეგულირება პრაქტიკული საინჟინრო ამოცანაა, რომლის წარმატებით განხორციელებაზე ბევრად არის დამოკიდებული ნაგებობათა მდგრადობა და ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა.

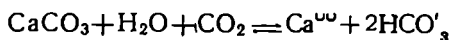
XVII.2. წყლის აგრესიული ზემოქმედება სამშენებლო მასალაზე

მიწისქვეშა წყლების ქიმიური ბუნება იანაპირობებს მათი აგრესიული ზემოქმედების ხარისხს სხვადასხვა ტიპის სამშენებლო მასალაზე. წყლის აგრესიულობა სამშენებლო თვალსაზრისით მნიშვნელოვანი ფაქტორია, რომელიც არსებითად განსაზღვრავს ნაგებობათა ექსპლუატაციის ვადებს და რიგ შემთხვევებში მშენებლობაში სერიოზული გართულებების მიზეზი ხდება. წყლის გამხსნელი მოქმედების შედეგად სამშენებლო მასალა (მაგალითად, ცემენტი) გამოირეცხება, იზლება და ამას მოჰყვება ნაგებობათა ცალკეული კონსტრუქციული ელემენტების დარღვევა. ეს პროცესი განსაკუთრებით თვალსაჩინოა საძირკვლებში, სხვადასხვა დანიშნულების მიწისქვეშა ნაგებობებში (გვირაბები, მიწისქვეშა სათავეები, მიწისქვეშა კომუნუნიკაციები და სხვა). ყველა კონკრეტულ შემთხვევაში მშენებელი ვალდებულია შეაფასოს წყლის აგრესიულობის ხარისხი და შეიმუშაოს ნაგებობათა დამცავი საინჟინრო ღონისძიებანი. აგრესიულობისადმი მედეგი სპეციალური შედგენილობის ცემენტის გარდა გამოიყენება ჰიდროფილატა, დამცველი გარსები, წყლის აგრესიული თვისებების ხელოვნურად შემცირება ქიმიურ შედგენილობაზე ზემოქმედების გზით, ზედაპირული და მიწისქვეშა დრენაჟი და სხვა. სამშენებლო პრაქტიკაში გამოიყენება წყლის აგრესიულობის შეფასების ნორმები და ტექნიკური პირობები, რომელთა მიხედვითაც, გარდა წყლის ქიმიზმისა, მხედველობაში მიიღება ქანების ფილტრაციული თვისებებიც, რად-

განაც აგრესიულობის ხარისხი იზრდება ფილტრაციის სიჩქარის შესაბამისად.

სამშენებლო თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია წყლის აგრესიულობის ორი სახე: ნახშირმჟავა აგრესიულობა და სულფატური აგრესიულობა.

ნახშირმჟავა აგრესიულობა არის ბეტონის შედგენილობაში მყოფი კალციუმის კარბონატის დაშლა აგრესიული ნახშირმჟავას ზემოქმედებით



წყალში თავისუფალ მდგომარეობაში მყოფი ნახშირორჟანგის ნაწილი საჭიროა მყარი კალციუმის კარბონატის ქიმიური წონასწორობისათვის. ჭარბი ნახშირორჟანგი კი განაპირობებს დაშლის პროცესს. რაც უფრო მეტია მისი რაოდენობა წყალში, მით უფრო სწრაფად მიმდინარეობს ეს პროცესი.

სულფატური აგრესიულობა დაკავშირებულია მიწისქვეშა წყლებში სულფატის იონის (SO_4^{--}) დიდი რაოდენობით შემცველობასთან. მაგალითად, ჩვეულებრივი ცემენტის დაშლისათვის საკმარისია სულფატ-იონის რაოდენობა ლიტრ წყალში სჭარბობდეს 250 მგ-ს. პორტლანდცემენტისათვის კი ეს სიდიდე 4 000 მგ-ს შეადგენს. სულფატის შემცველი წყალი შეიყონება რა ბეტონის სიღრმეში, იწვევს სულფატური მარილების (ძირითადად თაბაშირის) გამოკრისტალებას. ეს არღვევს ბეტონის მონოლითურობას, განაპირობებს მის დაშლას და პროცესის შემდგომ გააქტიურებას. წყალში სულფატის შემცველობა იწვევს აქტიურ კოროზიულ ზემოქმედებას სამშენებლო მასალის ლითონის ელემენტებზეც. აღსანიშნავია, რომ ქ. თბილისის ფარგლებში გავრცელებული მიწისქვეშა წყლები ხასიათდება მაღალი სულფატური აგრესიულობით, რაც მხედველობაში მიიღება მიწისქვეშა ნაგებობების, კერძოდ მეტროპოლიტენის მშენებლობის დროს.

XVII.9. მიწისქვეშა წყლებთან გრძელის მეთოდები. ღრუნები და მისი სახეები

მიწისქვეშა წყლების მიერ გამოწვეული გართულებების თავიდან ასაცილებლად მიმართავენ სპეციალურ ღონისძიებებს, რაც ძირითადად გამოიხატება წყლის ღონეების ხელოვნური ხერხებით დაწევასა და რეგულირებაში. ამ ღონისძიებებს დ რ ე ნ ა ე ი ეწოდება. ხელსაყრელი რელიეფის პირობებში ღონის დაწევა წყლის თვითღენით შე-

იძლება განხორციელდეს, სხვა შემთხვევებში კი მიმართავენ ამოტუმბვას. წყლის დონის დამწვევი გაყვანილობანი, ანუ ღრენები შეიძლება იყოს სრულყოფილი და არასრულყოფილი. პირველ შემთხვევაში ისინი კვეთენ მთლიანად წყალშემცველ შრეს და მათი ძირი წყალგუმტარ შრეზე მდებარეობს. არასრულყოფილი ღრენების ფსკერი კი თვით წყალშემცველ შრეში არის განლაგებული.

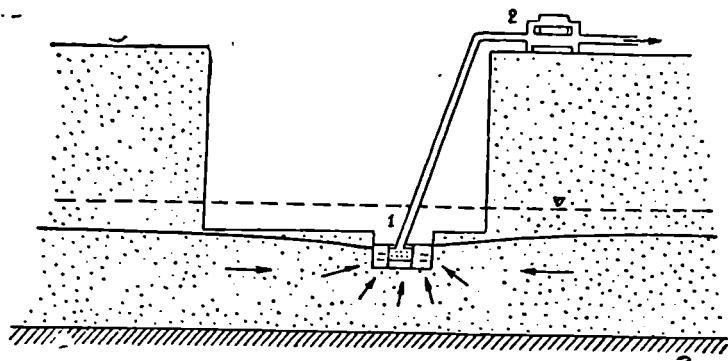
სადრენაჟო მოწყობილობების თანამედროვე კლასიფიკაცია მოცემულია XVII.1 ცხრილში.

ც ხ რ ი ლ ო XVII.1

№	ღრენის ტიპები	ღრენის კატეგორიები
1	ჰორიზონტალური	1. ღია — ჩვეულებრივი არხები, ჩაჭრილი გრუნტის წყლების დონეების ქვევით გარკვეულ სიღრმეზე 2. დახურული—სადრენაჟო მილები, ჩაწყობილი გრუნტის წყლების დონეების ქვევით
2	ვერტიკალური	1. თავისუფალი მოქმედების — ღრენები აღჭურვილია ფილტრით მთელ სიღრმეზე 2. განსაზღვრული მოქმედების—ფილტრი ჩასმულია გარკვეულ ინტერვალში
3	კომბინირებული	1. ვერტიკალური ღრენები ჰორიზონტალური განშტოებებით 2. ჰორიზონტალური ღრენები ვერტიკალური გამაძლიერებლებით
3	განსაკუთრებული ღრენები (გამოიყენება ძირითადად ირიგაციულ მშენებლობაში)	1. მცენარეული ღრენები 2. სავენტილაციო ღრენები 3. ელექტროღრენები

ჰორიზონტალური ღრენაჟი უზრუნველყოფს წყლის დონის დაწევას არხების, ტრანშეების ან მიწისქვეშა გალერეების საშუალებით; წყლის გადაადგილება თვითდენით ხდება. ღია ან დახურული ღრენების შერჩევა ძირითადად დამოკიდებულია გრუნტის წყლების სიღრმესა და დონის დაწვევის საანგარიშო სიდიდეზე. ღია არხების მაქსიმალური სიღრმე 5—6 მ არ აღემატება. ქალაქების ტერიტორიაზე ჰორიზონტალური ღრენაჟით დაშრობის ნორმის საშუალო სიდიდე 3,5—4 მ-ია.

ვერტიკალური დრენაჟის დროს მიწისქვეშა წყლების დონის დაწვევა ხდება სპეციალური ქაბურღილებიდან წყლის ამოტუმბვით ან წყლის ჩაშვებით სიღრმეში განლაგებულ შთამნთქმელ ჰორიზონტში. მცირე სიღრმის სამშენებლო ქაბურღილებიდან წყალი შეიძლება ამოიტუმბოს ღია წესით (ნახ. XVII.2). ამასთან, წყლის ამოტუმბვა ხდება პერიოდულად ან მუდმივად იმის მიხედვით, თუ როგორ მიიღწევა წყლის დონის საჭირო დაწვევა.

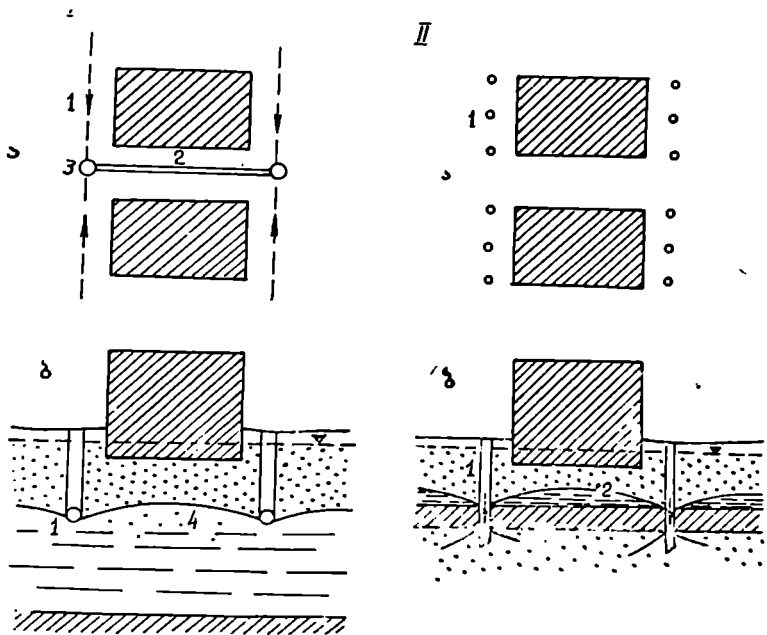


ნახ. XVII. 2. ღია ამოტუმბვა სამშენებლო ქაბურღიდან:
1 — ფილტრი, 2 — ტუმბო.

ვერტიკალური დრენაჟის დროს, გარდა წყლის დონის დამწვევი ქაბურღილებისა, იყენებენ დანადგარებს, რომლებიც ერთ ან რამდენიმე რიგად განლაგებულია ქაბურღების ირგვლივ ან ტრანშეების გასწვრივ.

არსებობს დრენაჟის სხვადასხვა სახე. სადრენაჟო მოწყობილობათა განლაგებისა და გრუნტის წყლების მოძრაობის მიმართ მათი მდებარეობის მიხედვით არჩევენ სისტემატურ, სათავე, სანაპირო, რგოლურ და ფენობრივ დრენაჟებს.

სისტემატურ დრენაჟს იყენებენ გარკვეულ ფართობზე წყლის დონის დასაწვეად. ამ ტიპის დრენაჟი კარგ შედეგს იძლევა წყალშემცველი ფენის მცირე სისქისა და გრუნტის წყლების არაღრმა განლაგებისას, როდესაც გრუნტის წყლების კვება ხდება ძირითადად ატმოსფერული ნალექების ინფილტრაციის ხარჯზე. ქალაქის ტერიტორიაზე ეს ისეთი უბნებია, სადაც არა გვაქვს ასფალტის საფარი. სამუშაო უბნის გეოლოგიური აგებულების მიხედვით სისტემატური დრენაჟი შეიძლება დავგეგმოთ ჰორიზონტალური, ვერტიკალური ან კომბინირებული (ნახ. XVII.3).

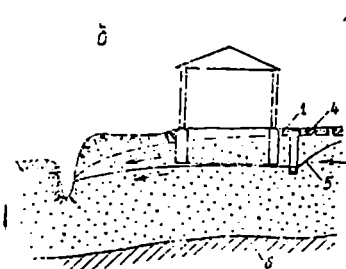
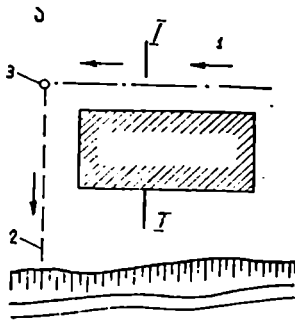


ნახ. XVII. 3. სისტემატური ღრენაეი:

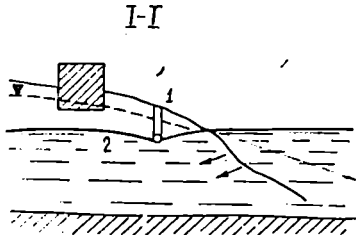
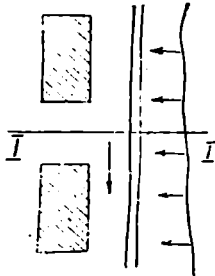
I—ჰორიზონტალური ტიპის: ა—გეგმაში, ბ—ჰრილზე: 1—ღრენები, 2—სადრენაეო კოლექტორი, 3—სათვალთვალო ჰა. II—ვერტიკალური ტიპის: ა—გეგმაში, ბ—ჰრილზე. 1—შთამნთქმელი ჰაბურღილები, 2—წყლის დაწეული ღონე.

სათავედრენაეის წარმატებით იყენებენ იმ შემთხვევაში, როდესაც გრუნტის წყლის მოდინება ხდება ფრონტული ნაკადის სახით ერთი რომელიმე მიმართულებით. ღრენის დანიშნულებას, ამ შემთხვევაში, წარმოადგენს ნაკადის მიტაცება ნაგებობასთან მიღწევამდე. ნაკადის არაღრმა განლაგებისას (4—5 მ) გამოიყენება ჰორიზონტალური ღრენები, უფრო ღრმა განლაგებისას კი — ვერტიკალური ღრენები. პრაქტიკაში გავრცელებულია II-სებრი ფორმის სათავე ღრენაეი, რომელსაც გეგმასა და ჰრილში ასეთი სახე აქვს (ნახ. XVII.4).

სანაპირო ღრენაეის ძირითადი დანიშნულებაა დაიცვას წყალსაცავებთან მიმდებარე ტერიტორია დატბორვისაგან, რაც შეიძლება მოხდეს წყალსაცავის ფერდობებიდან წყლის ინტენსიური ფილტრაციის გამო. ღრენაეის ამ ტიპის განხორციელება ყოველთვის აუცილებელია, თუ წყალსაცავის მიმდებარე ტერიტორია დასახლებუ-



ნახ. XVII. 4. სათავე ღრენაი: ა—გეგმა, ბ—განივი კრილი. 1—სათავე ღრენი, 2—განივი წყალგამშვები არხი, 3—სათვალთვალო კა, 4—მიწისქვეშა წყლების დონე ღრენაის განხორციელებამდე, 5—მიწისქვეშა წყლების დონე დაწვეის შემდეგ, 6—წყალგაუმტარი საგები.



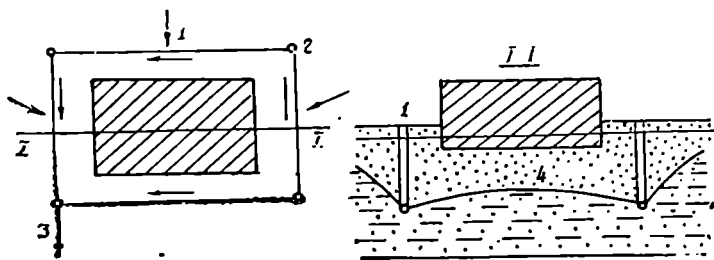
ნახ. XVII. 5. სანაპირო ღრენაი (გეგმა და კრილი): 1—სანაპირო ღრენი, 2—წყლის დაწვეული დონე.

ლია. მუშაობის პრინციპის მიხედვით სანაპირო ღრენაი სათავე ღრენაის ანალოგიურია (ნახ. XVII.5).

რგოლური ღრენაი იცავს ნაგებობის ცოკოლის ანსარდაფის სართულებს მიწისქვეშა წყლების მოდინებისაგან მთლიანი კონტურის ირგვლივ. ამ მიზნით ეწყობა ერთმანეთთან დაკავშირებული ღრენების სისტემა, რომელსაც განტვირთვა აქვს ერთი მიმართულებით. რგოლურ ღრენაეს უმეტესად მაშინ მიმართავენ, როდესაც აუცილებელია წყლის დონის დაწვევა მნიშვნელოვან სიღრმეზე (ნახ. XVII.6).

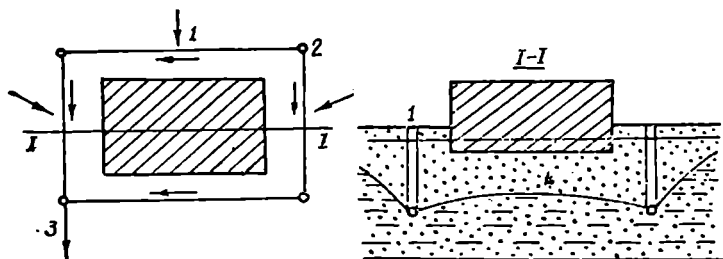
ფენობრივი ღრენაი განკუთვნილია ცალკეული ნაგებობისა და გზების დასაცავად დატბორვისაგან იმ შემთხვევაში, როდესაც გრუნტის წყლების დონე მაღლა იწევს. ნაგებობის კონტურის მიხედვით ეწყობა ქვიშის ან ხრეშის საღრენაეო ფენა და საღრენაეო მილი (ნახ. XVII.7).

ღრენაის ტიპის შერჩევა დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორ-



ნახ. XVII. 6. რგოლური ღრენაჲი (გეგმა და კრილი):

1 — ღრენები, 2 — სათვალთვალო კები, 3 — ღრენაჲის წყალსაგდები, 4 — დაწეული ღონე.



ნახ. XVII. 7. ფენობრივი ღრენაჲი:

1 — ღრენები, 2 — სათვალთვალო კები, 3 — წყალსაგდები, 4 — საღრენაჲო მილები, 5 — მსხვილმარცვლოვანი ქვიშა, 6 — საძირკვლის გრუნტი, 7 — საძირკველი (ფუნდამენტი).

ზე, რომელთაგან აღსანიშნავია: 1. გრუნტის წყლების განლაგების სიღრმე, მოძრაობის ხასიათი და დონის ცვალებადობა; 2. საინჟინრო ნაგებობის დანიშნულება და კონსტრუქციული თავისებურებანი, რომლებიც განსაზღვრავენ წყლის დონის დაწევის საპროექტო ნიშნულს; 3. დასახლებულ პუნქტებში მიწისქვეშა კომუნიკაციების ქსელის სიხშირე და მდებარეობის სიღრმე. დრენაჟის ტიპის შერჩევა ხდება სათანადო ტექნიკურ-ეკონომიკური გათვლებისა და ვარიანტების დაპირისპირების საფუძველზე.

გ რ უ ნ ტ მ ც ო ლ ნ ე ო ბ ის ს ა უ შ კ ვ ლ ე ბ ი

XVIII ტ ა ვ ი

ქ ა ნ ე ბ ი, რ ო გ ო რ ც ს ა ი ნ ლ ი ნ რ ო - გ ე ო ლ ო გ ი უ რ ი კ ვ ლ ე ვ ის ს ა ბ ა ნ ი,
ქ ა ნ ე ბ ის ს ა ი ნ ლ ი ნ რ ო - გ ე ო ლ ო გ ი უ რ ი კ ლ ა ს ი ფ ი კ ა ც ი ა

XVIII.1. გ რ უ ნ ტ ის ბ ა ნ ა რ ო ბ ა ა

ბუნებაში გავრცელებული ქანების წარმოშობას, მათი წოლის პირობებს, შედგენილობას და შინაგან აღნაგობას შეისწავლის გეოლოგიის დარგი, რომელსაც პეტროგრაფია ეწოდება. მისი კვლევის მიზანია დედამიწის ქერქში ქანების გავრცელების საერთო კანონზომიერებათა დადგენა სასარგებლო წიაღისეულის გამოვლინების და შესწავლის თვალსაზრისით.

საინჟინრო გეოლოგიაში ქანების კვლევას სხვა მიზანი და დანიშნულება აქვს, რომელიც მშენებლობის პრაქტიკული საკითხებიდან გამომდინარეობს. ცნობილია, რომ მშენებლობისას ქანებს იყენებენ როგორც ბუნებრივ ფუძეს, გარემოს ან სამშენებლო მასალას სხვადასხვა ტიპისა და დანიშნულების ნაგებობისათვის. ამიტომ საინჟინრო-გეოლოგიური თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია ქანების ვარგისიანობის დადგენა მშენებლობის ან ტერიტორიის სამეურნეო ათვისების მიზნით. ამ დროს ძირითადია ქანების სიმტკიცის, დეფორმაციისადმი წინააღმდეგობის უნარის, მდგრადობისა და წყალშეღწევადობის განსაზღვრა.

საინჟინრო გეოლოგიაში ფართოდ იხმარება ტერმინი გ რ უ ნ ტ ი. გრუნტი ქანის პირობითი, გამოყენებითი სახელწოდებაა. გრუნტს უწოდებენ საინჟინრო ნაგებობათა გავლენის ზეფეროში მოქცეულ ნებისმიერ ქანს, რომელიც შეისწავლება საინჟინრო-გეოლოგიური თვალსაზრისით.¹

გრუნტებს შეისწავლის საინჟინრო გეოლოგიის დარგი — გრუნტ-მცოდნეობა, რომელსაც თანამედროვე საინჟინრო-გეოლოგიურ ლიტერატურაში საინჟინრო პეტროლოგიასაც უწოდებენ.

¹ ქართულ ტექნიკურ ლიტერატურაში ზოგჯერ გრუნტის შესატყვისად ხმარობენ ყამირს, რომელსაც, როგორც ცნობილია, სხვა შინაარსიც აქვს: გაუტყეული, ანუ დიდი ხნის განმავლობაში დაუმუშავებელი მიწა, ნიადაგი.

გრუნტმცოდნეობა, როგორც საინჟინრო გეოლოგიის ერთ-ერთი ჯარგი, ჩაისახა ამ საუკუნის ოცდაათიან წლებში, როდესაც ფართო პასუხით დაიწყო გრუნტების სისტემატური შესწავლა. ამჟამად გრუნტმცოდნეობა მტკიცე თეორიულ საფუძველზეა დაძყარებული და საინჟინრო გეოლოგიის არსებითი შემადგენელი ნაწილია. მის ჩამოყალიბება-განვითარებაში დიდი წვლილი მიუძღვით პროფესორებს მ. ფილატოვს, თ. სავარენსკის, ვ. პრიკლონსკის, ე. სერგეევს, ვ. ლომთაძეს და სხვებს. ამჟამად გრუნტმცოდნეობა შინაარსობრივად უფრო ფართო ცნებაა, სახელდობრ, იგი არის მეცნიერება გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების, მათი წარმოშობის პირობებისა და მშენებლობის პროცესში ამ თვისებების შეცვლის კანონზომიერებათა შესახებ.

როგორც ითქვა, ქანი და გრუნტი ურთიერთშესატყვისი ტერმინებია და მათ თანაბარი მნიშვნელობით იყენებენ საინჟინრო გეოლოგიაში.

XVIII.2. ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური კლასიფიკაცია

ქანების სისტემატურ შესწავლას საფუძვლად უდევს მათი დაჯგუფება მსგავსი თვისებების მიხედვით. ქანების ცალკეული გენეტიკური და პეტროგრაფიული ტიპები თვალსაჩინოდ განსხვავდება ერთმანეთისაგან ფიზიკური, მექანიკური და, აქედან გამომდინარე, სამშენებლო თვისებებითაც.

ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური კლასიფიკაცია დაფუძნებულია მათ გენეტიკურ და პეტროგრაფიულ თავისებურებებზე და ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე, რომელთა მიხედვით ქანების დაყოფა ხელს უწყობს მათ კომპლექსურ საინჟინრო-გეოლოგიურ შესწავლას. ამ თვალსაზრისით ყველაზე უფრო სრულყოფილია პროფ. თ. სავარენსკის მიერ შემუშავებული ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური კლასიფიკაცია, რომელიც შემდგომ სრულჰყო ვ. ლომთაძემ. კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს ქანების დაყოფა ხუთ ძირითად ჯგუფად მათი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მიხედვით: 1. მტკიცე, კლდოვანი; 2. შედარებით მტკიცე, ნახევრად კლდოვანი; 3. ფხვიერი, შეუქავშირებელი; 4. რბილი, შექავშირებული; 5. განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობის და თვისებების ქანები.

ეს ჯგუფები აერთიანებს ქანების ყველა გენეტიკურ და პეტროგრაფიულ სახესხვაობას მათი ფიზიკური, წყლოვანი და მექანიკური თვისებების მოკლე დახასიათებით. აღნიშნული კლასიფიკაცია შემოკლებული სახით მოცემულია XVIII.1 ცხრილში.

ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური კლასიფიკაცია
(თ. სავარენსკის და ვ. ლომთაძის მიხედვით)

ქანების (გრუნტების) ჯგუფები	ქანების გენეტიკური ტიპები და პეტროგრაფიული სახეები	ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები
<p>I კლდოვანი</p>	<p>მაგმური: სიღრმული (ინტრუზიული)—გრანიტი, სიენიტი, გრანოდიორიტი, გაბრო. ზედაპირული, (ეფუზიური)—პორფირიტი, დიაბაზი, ლიპარიტი, ტრაქიტი, დაციტი, ანდეზიტი, ბაზალტი</p> <p>მეტამორფული: შარბარული, კვარციტი, გნეისი, კრისტალური ფიქალი</p> <p>დანალექი: ქვიშაქვა და კონგლომერატი მტკიცე ცემენტით. მყვრივი, მტკიცე კირქვა და დოლომიტი</p>	<p>მაღალი სიმკვრივე, ფორიანობა-უმნიშვნელო, წყალგაუმტარი, წყალშეღწევადი მხოლოდ ნაპარაკების საშუალებით</p> <p>მაღალი სიმტკიცე და დრეკადობა. კუმშვისადმი წინაღობა 500—4000 კგ/სმ². პრაქტიკულად უკუმშვადი, სიმაგრის კოეფიციენტი $f_{\text{სიმ}} > 8$</p>
<p>II ნახევრად კლდოვანი</p>	<p>I ჯგუფის გამოფიტული და ძლიერ დანაპარალიანებული ქანები შედარებით დაბალი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით.</p> <p>დანალექი: ვულკანური ტუფი, ტუფოგენური ქანები, ქვიშაქვა და კონგლომერატი თიხოვანი (ყმენტით, თიხიანი ფიქალი და არგილიტი, თიხიანი კირქვა და დოლომიტი, მერგელი</p>	<p>საშუალო სიმკვრივე, ფორიანობა 10—15%, ცალკეულ სახესხვაობებზე უფრო მეტიც. სუსტად წყალშეღწევადი. წყალშეღწევადობა დამოკიდებულია ნაპარაკებისა და გამოფიტვაზე. ფილტრაციის კოეფიციენტი 0,5-დან 30 მ/დღეამდე</p> <p>მტკიცე, კუმშვისადმი წინაღობა 150—500 კგ/სმ².</p> <p>სუსტად კუმშვადი ან პრაქტიკულად უკუმშვადი, სიმაგრის კოეფიციენტი $f_{\text{სიმ}} = 2—8$</p>
<p>III ფხვიერი შეუკავშირებელი</p>	<p>დანალექი: ქვიშა, ხვინჯა, რიყის ქვა</p>	<p>სიმკვრივე და ფორიანობა იცვლება ფართო საზღვრებში.</p> <p>უწულო ან სუსტად წყალშეღწევადი, პრაქტიკულად უხსნადი, წყალგაუმტარი. ფილტრაციის კოეფიციენტი 30 მ/დღე. და უფრო მაღალი ძლიერ წყალგაუმტარ ქანებში.</p> <p>სიმტკიცე დამოკიდებულია ნაწილაკების განლაგების სიმკიდროვეზე. მცირე სიმაგრე $f_{\text{სიმ}} < 2$, შიგა ხახუნის კოეფიციენტი $f = 0,25—0,60$</p>

1	2	3
<p>IV რბილი შეკვში- რებულო</p>	<p>დანალექი: ლიოსი, თიხა, თიხნარი, ქვიშნარი, ლიოსურა ქანები</p>	<p>სიმკვრივე, ფორიანობა და ტენიანობა იცვლება ფართო საზღვრებში. წყალშემცველი, უხსნადი, სუსტად წყალშეღწევადი. ფილტრაციის კოეფიციენტი 0.1 მ/დღე-ღამეში და უფრო ნაკლები სიმტკიცე ცვალებადობის ფართო საზღვრებში და დამოკიდებულია ტენიანობაზე და სიმკვრივეზე. სიმკვრე $\text{სივ} < 2$. კუმშვადი და ძლიერ კუმშვადი. შიგა ხახუნის კოეფიციენტი მცირეა: $f=0,15-0,35$</p>
<p>V განსაკუთრებული შეღვნი- ლობის, მდგომარეობისა და თვისებების ქანები</p>	<p>ზრალი ქანები, სიმტკიცის, დეფორმაციულობის და მდგრადობის მკვეთრი ცვალებადობით გაღზობისას დანალექი: მცურავი ქვიშები, ქვიშიანი ლამი, გამარილიანებული თიხოვანი ლამი. ტორფი, ნიადაგი, თაბაშირი, ანჰიდრიტი, ქვამარილი. ხელოვნური ნაყარი, ანტროპოგენული ქანები</p>	<p>ამ ჯგუფის ქანები ხასიათდება სპეციფიკური თვისებებით. საჭიროებს კვლევის სპეციალურ მეთოდებს და ინდივიდუალურ შეფასებას</p>

XIX თავი

ქანების ნივთიერი შედგენილობა და აღნაგობა, როგორც მათი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების განმსაზღვრელი ფაქტორი

XIX.1. ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების რაობა

ქანების ანუ გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების განსაზღვრა საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების აუცილებელი შემადგენელი ნაწილია. ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები წარმოდგენას იძლევა ქანების ფიზიკურ მდგომარეობაზე, წყალთან დამოკიდებულებაზე, სიმტკიცესა და დეფორმაციის უნარზე. არჩევენ ფიზიკურ, წყლოვან და მექანიკურ თვისებებს, რომელთა მაჩვენებლები ქანების ცალკეული ტიპისათვის ურთიერთგანსხვავებულია.

ფიზიკური თვისებები გამოხატავს ქანის ფიზიკურ მდგომარეობას, სახელდობრ, მის სიმკვრივეს, ტენიანობას, ფორიანობას, კონსისტენციას, გამოფიტულობას, ნაპრალოვნებას.

წყლოვან თვისებებში ვლინდება ქანის სიმტკიცისა და მდგრადობის შეცვლა წყალთან ურთიერთქმედებისას, რაც გამოიხატება ქანის მიერ წყლის შთანთქმავში, შეკაეებასა ან ფილტრაციაში. წყლოვანი თვისებები საშუალებას გვაძლევს ვიწინასწარმეტყველოთ ქანის სხვა თვისებების შეცვლის ხასიათი ან მოცემულ ქანებში რომელიმე გეოლოგიური პროცესის განვითარება წყლის ზეგავლენით.

მექანიკური თვისებები განსაზღვრავს ქანის შეცვლის ხასიათს მათზე დატვირთვით ზემოქმედებისას. ეს თვისებები გამოვლინდება და განისაზღვრება ქანების სიმტკიცით და დეფორმაციის უნარით. მექანიკური თვისებების მაჩვენებლებს იყენებენ სხვადასხვა საინჟინრო გაანგარიშების დროს, მაგალითად, ნაგებობის ჯდომის საანგარიშოდ. ფერდობების მდგრადობის, საყრდენ ნაგებობებზე ან სამაგრზე ქანების დაწოლის სიდიდის გამოსათვლელად და სხვა.

ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლა იძლევა ძირითადად ინფორმაციას ნაგებობათა დაპროექტებისა და მშენებლობის პირობების შესახებ, აგრეთვე სხვადასხვა გეოლოგიური პროცესის განვითარებისა და ნაგებობებზე მათი შესაძლო ზეგავლენის განსაზღვრისათვის. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ქანების ცალკეული ნიმუშების ლაბორატორიული შესწავლით განსაზღვრული ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, ჩვეულებრივ, განსხვავდება ბუნებრივი წოლის პირობებში მყოფი ქანის თვისებებისაგან. მასივში ქანები არაერთგვაროვანია, შეცვლილია გამოფიტვის პროცესების გამო, მათში ხშირია დანაპრალიანებული, შესუსტებული ზონები, განსაკუთრებით კლდოვან და ნახევრად კლდოვან ქანებში. ამის გამო ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური დახასიათებისა და შეფასებისათვის არსებითი მნიშვნელობა აქვს მათი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების სავსე პირობებში შესწავლას.

ქანების სიმტკიცის, მდგრადობის, დეფორმაციის უნარისა და წყალშეწვევადობის შესწავლისა და შეფასებისას აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს მათი ანიზოტროპულობა, ანუ ერთ და იმავე ქანში თვისებების განსხვავებულობა სხვადასხვა მიმართულებით.

ლაბორატორიული კვლევებისათვის ქანის ისეთი ნიმუში უნდა გამოვიყენოთ, რომელიც მაქსიმალურად შეესატყვისება ბუნებრივ პირობებში ქანის მასივის მდგომარეობას. ამისათვის აუცილებელია ნიმუშის ბუნებრივი აღნაგობისა და ტენიანობის შენარჩუნება. ნიმუში აიღება უშუალოდ ხელით ან სპეციალური ხელსაწყოთი — გრუნტსაღებით. აღების დროს საჭიროა მისი გარემოდან იზოლაცია, რათა არ დაირღვეს ქანის აღნაგობა და არ შეიცვალოს მისი ფიზიკური მდგო-

მარეობა. ამისათვის, განსაკუთრებით ფხვიერი და რბილი გრუნტების შემთხვევაში, ნიჟუმს შეფუთავენ რბილ ქსოვილში, მაგალითად, ნარმაში, და ამოაელებენ გამდნარ პარაფინში. ასეთნაირად მომზადებულ ნიჟუმს მონოლითი ეწოდება.

არსებობს ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლის ლაბორატორიული და საველე მეთოდები, რომლებსაც ფართოდ იყენებენ საინჟინრო-გეოლოგიურ სამუშაოებში.

XIX.2. ქანების ნივთიერი შედგენილობის და აღნაგობის შესწავლის მეთოდები

ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლის დაწყებამდე აუცილებელია გეოლოგიაში ცნობილი მეთოდების საშუალებით დაეადგინოს ქანის რაგვარობა, აღნაგობა და ყველა ის ნიშანთვისება, რომელიც საყურადღებოა საინჟინრო-გეოლოგიური თვალსაზრისით. პირველ რიგში ქანი შეისწავლება მაკროსკოპულად, ე. ი. შეუიარაღებელი თვალით განისაზღვრება მისი ფერი, აღნაგობა, მინერალური მარცვლებისა და ნამტკრევეების ზომა, ქანის შეცვლის ხარისხი და სხვა. საჭიროების შემთხვევაში ქანი უფრო დეტალურად მიკროსკოპის საშუალებით შეისწავლება, რასაც პეტროგრაფიაში ფართოდ იყენებენ. მიკროსკოპში შეისწავლება სპეციალური ხელსაწყოთა საშუალებით დამზადებული და მინაზე დაკრული ქანის ძლიერ თხელი, გამჭვირვალე ნიმუში, რომელსაც შლიფი ანუ თლილი ეწოდება. თლილი უმეტეს შემთხვევაში კლდოვანი ან ნახევრად კლდოვანი ქანებისათვის მზადდება. თიხოვანი ქანების ნივთიერი შედგენილობის შესწავლას ახდენენ თერმული და რენტგენული ანალიზით, შეფერვის მეთოდით და ელექტრონული მიკროსკოპის საშუალებით.

მშენებლობის პრაქტიკაში ყველაზე ხშირად საქმე გვაქვს წვრილ-მარცვლოვან ნაწილაკთა დანაგროვებთან, რომელიც გვეკონინება ქვიშიან, თიხნარიან ან თიხიან წარმონაქმნთა სახით. ეს ე. წ. დისპერსიული ქანებია, რომლებიც მრავალფაზურ სისტემებს წარმოადგენენ. საინჟინრო გეოლოგიაში ქანს შეისწავლიან მისი დისპერსიულობის ხარისხის, ე. ი. შემადგენელი ნაწილაკების ზომების დადგენის მიზნითაც. ამისათვის მიმართავენ ამ ქანების გრანულომეტრიული ანუ მექანიკური შედგენილობის განსაზღვრას.

XIX.3. გრანულომეტრიული შედგენილობა

ყოველი ფხვიერი და თიხიანი ქანი შედგება სხვადასხვა ზომის ნამტკრევეებისაგან. ზომითა და თვისებებით მსგავსი ნამტკრევეები (ნაწილაკები) გაერთიანებულია ჯგუფებში, რომლებსაც ფრაქციები

ეწოდება. ამ ფრაქციების რაოდენობრივ შემცველობას გრანულომეტრიული ანუ მექანიკური შედგენილობა ეწოდება. იგი მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე და ამიტომ დისპერსიული ქანების მნიშვნელოვანი რაოდენობრივი მახასიათებელია. მისი განსაზღვრა ხდება გრანულომეტრიული ანალიზის საშუალებით.

ფხვიერი ქანების (ქვიშა, ხრეში და სხვა) ანალიზისათვის გამოიყენება საცარული მეთოდი. გრუნტს თანმიმდევრობით ცრიან სხვადასხვა ზომის ნახვრეტებიან საცრებში. თიხის შემცველ ქვიშებს წინასწარ წყალში ასველებენ, აშრობენ და ამის შემდეგ ცრიან. ცალკეულ ფრაქციებს წონიან და ითვლიან თითოეული ფრაქციის პროცენტულ რაოდენობას.

უფრო შრომატევადი და რთულია თიხიანი ქანების გრანულომეტრიული ანალიზი, რომელიც სპეციალური მეთოდის გამოყენებას მოითხოვს.

დისპერსიულ ქანებში, გარდა ცალკეული ნაწილაკებისა, არის ე. წ. აგრეგატები, რომლებიც მიიღება მარცვლების ბუნებრივი შეცემენტებით. გრანულომეტრიული ანალიზის დროს აგრეგატებს წინასწარ შლიან, ან ისინი შენარჩუნებულია ცდის მსვლელობის დროს.

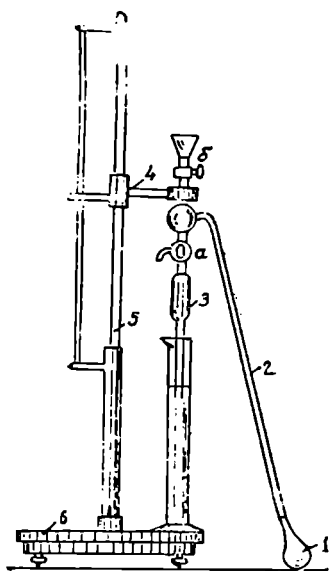
ამჟამად მიღებულია დისპერსიული ქანის ნიმუშის ანალიზისათვის მომზადების სამი ხერხი: მიკროაგრეგატული, ნახევრად დისპერსიული და დისპერსიული.

მიკროაგრეგატული მომზადებისას საცდელ ნიმუშში ტოვებენ ცალკეულ მარცვლებს და მიკროაგრეგატებს. ნახევრად დისპერსიულში მიკროაგრეგატები მნიშვნელოვანწილად დაშლილია, დისპერსიულში კი ყოველგვარი აგრეგატი უნდა დაიშალოს შემადგენელ მარცვლებად.

ანალიზის თითოეული ხერხის გამოყენებისას თიხიანი გრუნტის ნიმუში მექანიკურად იფხვენება სპეციალურ სანაყში. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების დროს უმეტესად ნახევრად დისპერსიულ მეთოდს იყენებენ. ქანის ფხვნილს ათავსებენ გამოხდილ წყალში, რომელსაც ადულებენ და უმატებენ ამიაკს ან ნატრიუმის პიროფოსფატს.

ნაწილაკებს ყოფენ სიმსხოს მიხედვით (ფრაქციებად) მას შემდეგ, რაც გრუნტი გადავა მდგრად თიხიან სუსპენზიაში. საბუშაო მიმდინარეობს შემდეგი თანმიმდევრობით: ჯერ საცარული მეთოდით გრუნტს მოაცილებენ 0,25 მმ-ზე უფრო მსხვილ მარცვლებს, შემდეგ კი უფრო წვრილ ფრაქციებად ყოფენ, რისთვისაც იყენებენ განლექვის, პიპეტურ ან არეომეტრულ მეთოდებს.

განლექვის მეთოდი ემყარება ნაწილაკების მღვრიე წყალში ჩაძირვის სიჩქარეს. როგორც ცნობილია, ჩაძირვის სიჩქარე დამოკიდებულია ნაწილაკის მასაზე და შესაბამისად სიმსნოზე. პიპეტის მეთოდი



ნახ. XIX. 1. დანადგარი პიპეტური მეთოდით ქანების გრანულომეტრიული შედგენილობის განსაზღვრისათვის:
 1—რეზინის ბურთი, 2—რეზინის მილი, 3—პიპეტი სამსკლიანი (ა) და ჩვეულებრივი ორსკლიანი (ბ) ონკანებით, 4—პიპეტის დამკერი, 5—შტატივი, 6—მბრუნავი მაგიდა.

ასევე დამყარებულია ნაწილაკის ჩაძირვის სიჩქარეზე მდგარ წყალში. არეომეტრული მეთოდით საზღვრავენ სუსპენზიის სიმკვრივეს დროის გარკვეულ ინტერვალში არეომეტრის საშუალებით.

წვრილი თიხოვანი ფრაქციის განსაზღვრისათვის ყველაზე უფრო ხშირად იყენებენ პიპეტურ მეთოდს. იგი მარტივია, საიმედო, ამასთან სწრაფია და არ მოითხოვს რთულ აპარატურას (ნახ. XIX.1).

ერთ სიმაღლეზე ფიქსირებული სპეციალური კონსტრუქციის პიპეტის საშუალებით იღებენ სუსპენზიის სინჯს, რომელიც გარკვეული ზომის მარცვლებს შეიცავს. დროის გარკვეულ ინტერვალში ცდას იმეორებენ. ახლა პიპეტში უფრო წვრილი მარცვლები აღმოჩნდება და ა. შ. ბოლოს ითვლიან თითოეული ფრაქციის პროცენტულ რაოდენობას.

გრანულომეტრიული ანალიზი საშუალებას იძლევა გავიგოთ ქანში ნაწილაკთა ჯგუფების პროცენტული რაოდენობა აბსოლუტურად მშრალი ქანის წონასთან შეფარდებით. ფრაქციის ზომები ჩვეულებრივად მილიმეტრებში გამოისახება. ამა თუ იმ ფრაქციის შედგენილობის გათვალისწინებით ხდება ნამტვრევი, მარცვლოვანი ან თიხიანი ქანების კლასიფიკაცია გრანულომეტრიული შედგენილობის მიხედვით (ცხრილი XIX.1). განსაზღვრის მონაცემები შეაქვთ სპეციალურ ქურნალეში.

ფხვიერი და თიხოვანი ქანების ფრაქციები

ფრაქციის დასახელება	ნაწილაკების დიამეტრი, მმ
ლოდები (დამარგვალბული) და ნატეხები (დაუმუშავებელი)	200-ზე მეტი
კენჭი (ღორღი)	200—20
ხრეში (ხვინჯა):	
მსხვილი	20—10
საშუალო	10—4
წვრილი	4—2
ქვიშის მარცლები:	
ძლიერ მსხვილი	2,0—1,0
მსხვილი	1,0—0,5
საშუალო	0,5—0,25
წვრილი	0,25—0,10
ძლიერ წვრილი	0,10—0,05
მტერისებრი ნაწილაკები:	
მსხვილი	0,05—0,01
წვრილი	0,01—0,005
თიხოვანი ნაწილაკები:	
უხეში	0,005—0,001
წმინდა	0,001-ზე ნაკლები

XIX.4. მინერალური შედგენილობა

დისპერსიული ქანების ცალკეულ ფრაქციებს შეისწავლიან მათი მინერალური შედგენილობის მიხედვით. ამ დროს გამოიყენება: იმერსიული, შეფერვის, თერამული ანალიზის, ელექტრონულ-მიკროსკოპული და სტრუქტურული ანალიზის მეთოდები.

იმერსიული მეთოდი ემყარება მინერალთა კრისტალების ოპტიკურ თვისებებს, კერძოდ, ამ კრისტალებში გამავალი სინათლის სხივის გარდატეხის მაჩვენებლის განსაზღვრას პოლარიზაციული მიკროსკოპის საშუალებით. ქანის ნაწილაკების მიკროსკოპული კვლევის დროს იყენებენ ე. წ. იმერსიულ სითხეებს. ეს არის წინასწარ უკვე ცნობილი გარდატეხის მაჩვენებლების მქონე სითხეების ერთობლიობა, რომელშიც ათავსებენ გამოსაკვლევ ნაწილაკებს. იმერსიული მე-

თოდი, რომელიც ცალკეული ფრაქციის მინერალური შედგენილობის განსაზღვრის საშუალებას იძლევა, მარტივია და მას ხშირად იყენებენ.

შეფერვის მეთოდს მიმართავენ თიხოვანი მინერალების განსაზღვრისას. მინერალების ტიპს ადგენენ ორგანული საღებავების საშუალებით. მეთოდი დამყარებულია იმაზე, რომ თიხოვანი ქანების სხვადასხვა მინერალური ტიპი ამ საღებავების ზემოქმედებით განსხვავებულ შეფერილობას იღებს. შეფერვის მეთოდი არ საჭიროებს რთულ აპარატურას, ძვირადღირებულ რეაქტივებს, შემსრულებლის მაღალ კვალიფიკაციას და იგი ფართოდ გამოიყენება როგორც საველე, ასევე ლაბორატორიულ პირობებში.

თერმული ანალიზი. მინერალთა უმრავლესობის გახურება იწვევს მათ ფიზიკურ-ქიმიურ გარდაქმნას სითბოს გამოყოფით ან შთანთქმით. ამ პროცესების ხარისხობრივად დახასიათება შეიძლება დიფერენციალური მრუდებით, რომლებიც ნიმუშის გახურების პროცესში ავტომატურად ჩაიწერება სპეციალური ხელსაწყოთა საშუალებით. სითბოს გამოყოფის რეაქციები გახურების მრუდებზე აღინიშნება ზევით მიმართული წვეტებით (ეგზოთერმული ეფექტი), ხოლო სითბოს შთანთქმის რეაქციები — ქვემოთ მიმართული წვეტებით (ენდოთერმული ეფექტი). მინერალების თითოეულ კლასს აქვს თავისი ზოგადი, ჯგუფური მახასიათებლები, ხოლო ამ კლასის თითოეულ მინერალს — ინდივიდუალური ეგზოთერმული და ენდოთერმული ეფექტები. მინერალების თერმული მახასიათებლებით შეიძლება განვსაზღვროთ საკვლევი ქანის მინერალური შედგენილობა.

ელექტრონულ-მიკროსკოპული მეთოდი ემყარება ნივთიერების შესწავლას ელექტრული ტალღების საშუალებით. ელექტრონულ მიკროსკოპში შესასწავლი ობიექტის გამოსახულების მისაღებად იყენებენ ელექტრონების მიმართულ ნაკადს, რომლითაც აშუქებენ პრეპარატს. გამოსახულების გასადიდებლად გამოიყენება ელექტრომაგნიტური ლინზების სისტემა. სხვადასხვა მინერალური ჯგუფების ნაწილაკებს აქვთ ურთიერთგანსხვავებული მორფოლოგიური თვისებები, რაც წარმოადგენს ელექტრონულ მიკროსკოპში მიღებული სურათების გაშიფვრის პრინციპს.

სტრუქტურული ანალიზის მეთოდი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს მინერალის სტრუქტურა და მოხდეს მისი ზუსტი დიაგნოზი. თიხოვანი მინერალების სტრუქტურის განსასაზღვრავად იყენებენ ორ მეთოდს: რენტგენოგრაფიულსა და ელექტრონოგრაფიულს, რომლებიც დამყარებულია, შესაბამისად, რენტგენისა და ელექტრონული ტალღების გამოყენებაზე.

ქანების ფიზიკური და წყლოვანი თვისებები

XX.1. ქანების ფიზიკური და წყლოვანი თვისებების ძირითადი მაჩვენებლები

ქანების ფიზიკური თვისებები ურთიერთდაკავშირებულია და მთლიანობაში გამოხატავს ქანის ფიზიკურ მდგომარეობას, ე. ი. თვისობრივ განსაზღვრულობას ბუნებრივ პირობებში და აგრეთვე ნაგებობათა სხეულში მათი განლაგების დროს (კაშხლებში, დამბებში, ყრილებში). ქანების სიმკვრივის, ფორიანობის, ტენიანობის, კონსისტენციის, ნაპარალოვნების და გამოფიტულობის მაჩვენებლები წარმოდგენას იძლევა მათ სიმტკიცეზე, დეფორმაციის უნარსა და მდგრადობაზე, აგრეთვე იმ ცვალებადობის ხარისხზე, რომელსაც ქანები განიცდიან გეოლოგიური პროცესების და ხელოვნური ფაქტორების ზეგავლენით.

ქანების წყალთან დამოკიდებულების განმსაზღვრელი ძირითადი თვისებებია: წყალმდგრადობა, ტენტევადობა, კაპილარობა და წყალშელწევადობა. ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური შეფასებისას წყალთვისებების დადგენა მეტად საჭიროა, მით უმეტეს, რომ თითოეული მათგანის მნიშვნელობა სხვადასხვაა იმის მიხედვით, თუ საინჟინრო-გეოლოგიური კლასიფიკაციის რომელ ჯგუფს მიეკუთვნება ესა თუ ის ქანი. მაგალითად, წყალმდგრადობა, რომლის მაჩვენებლებია დასველების სიჩქარე და ხასიათი, გაჯირჯვება-შეკლების სიდიდე და მათი შესაბამისი ტენიანობა, მნიშვნელოვანია ძირითადად თიხოვანი ქანებისათვის; კაპილარობა, კერძოდ, კაპილარული აწევის სიმაღლე — როგორც თიხოვანი ქანებისათვის, ასევე წმინდამარცვლოვანი ქვიშებისათვის, წყალშელწევადობა კი — ნებისმიერი ქანისათვის.

განვიხილოთ მოკლედ ქანების ძირითადი ფიზიკური და წყლოვანი თვისებები და მათი განსაზღვრის მეთოდები.

XX.2. ქანების კუთრი და მოცულობითი წონა*

ქანების კუთრი წონა არის მისი მინერალური, ე. ი. მყარი ნაწილის ერთეული მოცულობის წონა გ/სმ³-ში. რიცხობრივად იგი უდრის ქანის მყარი ნაწილის წონის შეფარდებას მის მოცულობასთან. კუთრი

* დღეისათვის გეოლოგიურ ლიტერატურაში კუთრი წონის ნაცვლად ხშირად იხმარება მინერალური ნაწილის სიმკვრივე, ხოლო მოცულობითი წონის ნაცვლად — სიმკვრივე.

წონა დამოკიდებულია ქანის მინერალურ შედგენილობაზე: თუ ქანში ბევრია „მძიმე“ მინერალები, მისი კუთრი წონა მაღალია.

კუთრი წონა განისაზღვრება პიკნომეტრის საშუალებით. იგი წარმოადგენს მინის წვრილყელიან, განსაზღვრული მოცულობის ქურქველს. მაგალითად, 100 სმ³. მას ავსებენ გამომხდელი წყლით და წონიან (g_1). ამავე პიკნომეტრში, რომლის წონა წინასწარ ცნობილია, ჩაყრიან და ახლოებით 15 გრამი წონის აბსოლუტურად მშრალ, გაფხვიერებულ ქანს (g). ამის შემდეგ პიკნომეტრს უმატებენ გამომხდელ წყალს მოცულობის აღმნიშვნელ ხაზამდე და აღუდებენ ქანიდან ჰაერის მოსაცილებლად. გაცივების შემდეგ კვლავ შეავსებენ სრულ მოცულობამდე და განსაზღვრავენ წყლიანი და ნიმუშიანი პიკნომეტრის წონას (g_2). კუთრ წონას გამოთვლიან ფორმულით

$$\gamma_{\text{კუთრ}} = \frac{g}{g_1 + g - g_2} \text{ გ/სმ}^3.$$

მოცულობით წონას უწოდებენ ბუნებრივი აღნაგობისა და ტენიანობის მქონე ქანის ერთეული მოცულობის წონას გ/სმ³. რიცხობრივად ის ტოლია ქანის წონის შეფარდებისა მის მოცულობასთან.

თუ არის საშუალება გამოიჭრას ქანის სწორი გეომეტრიული ფორმის ნიმუში, მაშინ მოცულობითი წონის განსაზღვრა უშუალოდ გაზომვით შეიძლება. რბილი ქანების მოცულობითი წონის გასაგებად ხმარობენ სპეციალურ მჭრელ რგოლებს, რომლებითაც ამოჭრიან საკვლევი ქანის ნიმუშს. იციან რა რგოლში მოთავსებული ქანის მოცულობა და რგოლის წონა, ადვილად გამოითვლიან მოცულობით წონას. ქანის ნებისმიერი ფორმის ნატეხის მოცულობითი წონის განსაზღვრა შეიძლება ე. წ. ჰიდროსტატიკური აწონით. ძაფზე მობმულ ნიმუშს ამოავლებენ გამდნარ პარაფინში, შემდეგ წონიან და გამოთვლიან მოცულობას იმის მიხედვით, თუ რამდენად ნაკლებია მისი წონა წყლიან გარემოში. მიღებულ რიცხვს გამოაკლებენ პარაფინის გარსის მოცულობას და ღებულობენ ნიმუშის მოცულობას, რომლის საშუალებით გამოთვლიან მოცულობით წონას

$$\gamma_{\text{მთლიან}} = \frac{g}{V} \text{ გ/სმ}^3.$$

g — ქანის წონა გრამებში, V — მისი მოცულობა კუბურ სანტიმეტრებში.

ზოგიერთ გამოთვლაში გამოიყენება ქანის მყარი ნაწილის, ე. წ. ჩონჩხის მოცულობითი წონის ცნება, რომელშიც იგულისხმება გამოშრალი ქანის ერთეული მოცულობის წონა.

$$\gamma_{\text{მგ}} = \frac{G_1}{V_1 + V_2} \text{ გ/სმ}^3, \text{ სადა } G$$

G_1 — ქანის მყარი ნაწილის წონაა ერთეულ მოცულობაში;

V_1 — მყარი ნაწილის მოცულობა;

V_2 — ერთეულ მოცულობაში ფორების ჯამური მოცულობა.

X X.3. ქანების ფორიანობა

ფორიანობა არის ერთეული მოცულობის ქანში არსებული ყველა ფორისა და სიცარიელის ჯამური მოცულობა

$$n = \frac{V_{\text{ფ}}}{V} \cdot 100\%.$$

n — ფორიანობა, $V_{\text{ფ}}$ — ფორების მოცულობა, V — ქანის მოცულობა. ფორიანობის სიდიდე დამოკიდებულია ქანების დისპერსიულობის ხარისხზე. რაც უფრო პატარაა ქანის შემადგენელი ნაწილაკების ზომა, მით მეტია ფორიანობა. მაგალითად, ქვიშების ფორიანობა უმეტესად ცვალებადობს 28—35% ფარგლებში, მაშინ როდესაც თიხებში იგი შეიძლება აღწევდეს 60%-სა და მეტს.

ფორიანობის კოეფიციენტს უწოდებენ ფორების მოცულობის შეფარდებას ქანის მყარი ნაწილაკების მოცულობასთან

$$\varepsilon = \frac{V_{\text{ფ}}}{V_{\text{მგ}}}.$$

ფორიანობასა და ფორიანობის კოეფიციენტს შორის არსებობს ასეთი დამოკიდებულება

$$n = \frac{\varepsilon}{1 + \varepsilon} \cdot 100\% \quad \text{ან} \quad \varepsilon = \frac{n}{100 - n}.$$

ქანის ფორიანობისა და ფორიანობის კოეფიციენტის გამოთვლა შეიძლება მისი კუთრი წონისა და მყარი ნაწილის (ჩონჩხის) მოცულობითი წონის საშუალებით:

$$n = \frac{\gamma_{\text{კუთ}} - \gamma_{\text{მგ}}}{\gamma_{\text{კუთ}}} \cdot 100\%; \quad \varepsilon = \frac{\gamma_{\text{კუთ}} - \gamma_{\text{მგ}}}{\gamma_{\text{მგ}}}.$$

$\gamma_{\text{კუთ}}$ — ქანის კუთრი წონაა.

$\gamma_{\text{მგ}}$ — ქანის მყარი ნაწილის (ჩონჩხის) მოცულობითი წონა.

ფორიანობის განსაზღვრა შეიძლება გაჯერების მეთოდით, რომლის დროსაც გამოთვლება ფორებში შექონილი სითხის, ე. ი. თვით ფორების მოცულობა.

X X.4. ჭანების ტენიანობა

ბუნებრივ მდგომარეობაში ქანში არსებულ ტენის რაოდენობას განსაზღვრავენ ნიმუშის გამოშრობით და მის მუდმივ წონაზე დაყვანით. წინასწარ გამოწონილ (G_1) ლითონის მრგვალ კოლოფში — ბიუქსში ათავსებენ დაახლოებით 15 გრამ ნიმუშს და წონიან (G_2). ჭურჭელს ნიმუშთან ერთად ათავსებენ თერმოსტატში და ახურებენ 105° ტემპერატურამდე, აცივებენ და კვლავ წონიან (G_3). ბუნებრივი ტენიანობა უდრის ტენის წონითი რაოდენობის შეფარდებას აბსოლუტურად მშრალი ნიმუშის წონასთან, პროცენტებში

$$W = \frac{G_2 - G_3}{G_3 - G_1} 100\%.$$

გარდა ბუნებრივი ტენიანობისა, არჩევენ აგრეთვე ჰიგროსკოპულ ტენიანობას. იგი გაპირობებულია ქანის ჰიგროსკოპულობით, ანუ ჰაერიდან ორთქლის მდგომარეობაში მყოფი წყლის მიერთების უნარით. იგი დამახასიათებელია წვრილდისპერსიული გრუნტებისათვის.

X X.5. ჭანების პლასტიკურობა

პლასტიკურობა მხოლოდ თიხებისა და თიხიანი ქანების დამახასიათებელი თვისებაა, რომელიც იმაში მდგომარეობს, რომ გარე ძალის ზეგავლენით ტენიანი ქანი დეფორმირდება (ფორმას იცვლის) მთლიანობის დარღვევის გარეშე და ამ ძალის მოხსნის შემდეგ ინარჩუნებს მიღებულ ფორმას. თიხიანი ქანები ძალიან მგრძნობიარეა ტენიანობის ცვალებადობის მიმართ. ტენიანობის მატებით ისინი ჯერ რბილდებიან, ხოლო შემდეგ დენად მდგომარეობაში გადადიან. პირუკუ, ტენიანობის განუწყვეტლივ შემცირებისას პლასტიკური თიხა ჯერ ნახევრად მყარ, ხოლო შემდეგ მყარ მდგომარეობაში (კონსისტენციაში) გადადის. მაშასადამე, თიხების პლასტიკური მდგომარეობა ვლინდება ტენიანობის განსაზღვრულ დიაპაზონში, რომლის საზღვრებია ე. წ. პლასტიკურობის ზღვრები. პლასტიკურობის ქვედა ზღვარი ($W_{\%}$) ის ტენიანობაა (%-ობით), რომლის ქვევით ქანი უკვე აღარ არის პლასტიკური, იგი მყარია. ზედა ზღვარი ($W_{\%}$) კი იმ ტენიანობას შეესაბამება, რომლის ზევით ქანი პლასტიკური მდგომარეობიდან დენად მდგომარეობაში გადადის.

პლასტიკურ ქანში წყალი შეკავშირებულ (აპკურ) მდგომარეობაშია. თუ წყლის აპკები გაქრება, მაშინ პლასტიკურობა მყარი მდგომარეობით იცვლება. თიხიანი ქანის დენადობა კი მასში თავისუფალი, ანუ გრავიტაციული წყლის არსებობაზე, მიუთითებს.

დენადობისა და პლასტიკურობის ზღვარს შორის სხვაობას პლასტიკურობის რიცხვი ეწოდება ($I_3 - W_{\text{ს}} = W_{\text{პ}}$). პლასტიკურობის ზღვრები და პლასტიკურობის რიცხვი დამოკიდებულია თიხიანი ქანების გრანულომეტრიულ და მინერალურ შედგენილობაზე და მათში გაცვლით-კათიონების არსებობაზე.

პლასტიკურობის რიცხვი თიხიანი ქანების საკლასიფიკაციო მაჩვენებელია. ნამდვილი თიხებისათვის იგი 17-ზე მეტია, თიხნარებისათვის 7-დან 17-ის ფარგლებშია, ხოლო ქვიშნარებისათვის — 1-დან 7-მდე.

თიხიანი ქანების მდგომარეობის მნიშვნელოვანი მახასიათებელია კონსისტენციის მაჩვენებელი (B), რომელიც მჭიდრო კავშირშია პლასტიკურობის მაჩვენებელთან

$$B = \frac{W - W_{\text{ს}}}{I_3},$$

სადაც W — ქანის ბუნებრივი ტენიანობაა.

დენადობის ზღვარს განვსაზღვრავთ ა. ვასილიევის კონსტრუქციის ბალანსირული კონუსით. 25 მმ სიმაღლის კონუსს, რომლის წვეროს კუთხე 30°-ია, თავის სიმძიმის ძალით უშვებენ თიხის პასტაში. კონუსი უნდა ჩაეფლოს პასტაში 10 მმ სიღრმეზე. ამის მზედვით ცვლიან თიხიანი პასტის ტენიანობას; თუ კონუსი ჩაიძირა უფრო ნაკლებ სიღრმეზე, სინჯს უმატებენ წყალს და პირიქით, თუ ჩაიძირა მეტ სიღრმეზე, უმატებენ მშრალ ფხვიერ გრუნტს, რათა ტენიანობა შემცირდეს. ზუსტი მაჩვენებლის მიღწევისას იღებენ სინჯს და განსაზღვრავენ მის ტენიანობას, რომელიც დენადობის ზღვარს შეესაბამება.

პლასტიკურობის ქვედა ზღვრის განსაზღვრისათვის იღებენ საცდელი გრუნტის პატარა ნაწილს და ხელით აგორგოლავენ მასსავე მინაზე მანამ, სანამ 3 მმ დიამეტრის ცილინდრული ღერო არ დაიშლება 5—10 მმ სიგრძის ნაწილებად. ამ მდგომარეობაში ნიმუშის ტენიანობა შეესაბამება პლასტიკურობის ქვედა ზღვარს.

ამის შემდეგ გამოთვლიან პლასტიკურობის რიცხვს ზედა და ქვედა ზღვრის შესაბამისი ტენიანობის სიდიდეთა სხვაობის მიხედვით.

წყალმდგრადობას, ე. ი. ქანების უნარს შეინარჩუნონ ფიზიკური მდგომარეობა და სიმტკიცე ტენიანობის მომატებისას ან საერთოდ წყლიან გარემოში მოხვედრისას, არსებითი მნიშვნელობა აქვს, განსაკუთრებით დისპერსიული ქანებისათვის. წყალმდგრადობის ერთ-ერთი მახასიათებელია დასველების სიჩქარე, რომელიც შეესაბამება წყლიან გარემოში ქანის დაშლის სიჩქარეს. ცდას ასე ატარებენ: იღებენ ქანის მონოლითს, ათავსებენ ბადეზე, რომლის ნასვრეტების ფართობია 1 სმ² და ფარავენ წყლით. ნიმუში თანდათანობით იშლება და ნაშალი მასა გადის ბადეში. აღნიშნავენ დროს, რომელიც დაიხარჯება ნიმუშის მთლიანად დაშლაზე. ზოგჯერ დაშლის პროცესი ხანგრძლივი დროით შეჩერდება და ნიმუში ინარჩუნებს თავის მდგომარეობას, რაც მის მექანიკურ სიმტკიცეზე მიუთითებს. ეს დრო დასველების სიჩქარეს გამოხატავს.

XX.7. ბურცვა და შეკლება

ბურცვა ანუ გაჭირვება ეწოდება გატენიანებისას ქანის მოცულობაში მომატებას. ეს თვისება დამახასიათებელია თიხიანი ქანებისათვის. ბურცვის მაჩვენებლებია: ბურცვის სიდიდე, რომელიც გამოისახება ქანის საწყისი მოცულობის ნამატით, პროცენტებში; ბურცვის ტენიანობა, ე. ი. ქანის ბურცვის მაქსიმალური სიდიდის შესაბამისი ტენიანობა; ბურცვის ძალა, ე. ი. ის დაძაბულობა, რომელიც განვითარდება ქანში ამ მოვლენის დროს.

ბურცვის დროს შეკავშირებული წყლის აკვი სქელდება, შესაბამისად იზრდება ნაწილაკებს შორის მანძილი. ერთდროულად წყლის ნაწილი შეიწოვება მონტმორილონიტის ტიპის თიხიანი მინერალის კრისტალური მესრის შიგნით, რაც იწვევს მთლიანად ქანის მოცულობის მატებას. ყველაზე თვალსაჩინოდ ეს მოვლენა გამოსახულია მაღალდისპერსიულ თიხიან ქანებში, რომელთა შედგენილობაში შედის გაცვლითი ნატრიუმის შემცველი ჰიდროფილური მონტმორილონიტის მინერალები.

ბურცვის პროცესში წარმოქმნილი ძალა მნიშვნელოვანია და ბუნებრივ პირობებში 5 კგ/სმ² და უფრო მეტსაც აღწევს. ხშირია შემთხვევა, როდესაც ამ მოვლენის უშუალო შედეგია წაგებობათა დეფორმაციები. ბურცვადი თიხების გამოყენება საძირკვლის გრუნტებად მხოლოდ იმ შემთხვევაში შეიძლება, როცა მათი ბურცვის ძალა დასაშვებ სიდიდეებს არ აღემატება.

ქანების ბურცვადი თვისებების განსაზღვრისათვის იყენებენ ა. ვასილევის ხელსაწყოს. მასში ათავსებენ ქანის ნიმუშს და მაქსიმალუ-

რად ატენიანებენ. მოცულობის მატებას სპეციალური ინდიკატორით აითვლიან.

თიხიანი ქანების შეკლება ეწოდება მათი მოცულობის შემცირებას გამოშრობის შედეგად. შეკლების მაჩვენებლებია შეკლების ხარისხი



ნახ. XX. 1.

თიხის გამოშრობისა და შეკლების შედეგად წარმოქმნილი პრიზმები.

(გ. ქართველიშვილის ფოტო).

და ტენიანობა. შეკლების ტენიანობად მიჩნეულია ქანის ტენიანობის მინიმალური მნიშვნელობა, რომლის შემცირებით ქანის მოცულობის შემდგომი კლება აღარ მიმდინარეობს. ბუნებაში შეკლების თვალსაჩინო მაგალითია ტალახის გუბეების ამოშრობის შედეგად თიხის ფენის დასკდომა და დაახლოებით თანაბარი ზომის ჩაზნექილზედაპირიანი პრიზმების წარმოქმნა (ნახ. XX.1). შეკლების ხარისხს განსაზღვრავენ ფორმულით

$$a_{\text{შ}} = \frac{V_0 - V_{\text{შ}}}{V_0} 100\%,$$

სადაც V_0 — ბუნებრივი ტენიანობის მქონე გრუნტის საწყისი მოცულობაა, სმ³; $V_{\text{შ}}$ — გრუნტის მოცულობა შეკლების ზღვრის მიღწევასა, ანუ შეკლების ტენიანობის დროს, სმ³.

შეკლების მაქსიმალური უნარი აქვთ ბურცვადი თვისებების მქონე ქანებს ბუნებრივი ტენიანობისა და შეკლების ტენიანობის დიდი სხვაობის დროს. შეკლების დროს თიხიანი ქანების სიმკვრივე შესამჩნევად მატულობს, რაც სამშენებლო თვალსაზრისით არ არის სასურველი, რადგან შემდგომი გატენიანება მათ მაქსიმალურ ბურცვას იწვევს. ბურცვა-შეკლება თიხიანი ქანების მოცულობის ცვლის ერთიანი პროცესია და მისი პარამეტრების დადგენა უშუალოდ გაზომვებით ხდება.

XX.8. ქანების ტენიანობა

ტენიანობა არის ქანის მიერ წყლის გარკვეული რაოდენობის დატევის და შეკალების უნარი. იმ შემთხვევაში, როდესაც ქანის ყველა ფორი შევსებულია წყლით, ქანი სრული გაჯერების მდგომარეობაშია. მისი შესაბამისი ტენიანობა კი ქანის სრულ ტენიანობას გამოხატავს. არჩევენ ტენიანობის სხვა სახეებსაც: კაპილარულს, აკურს, მაქსიმალურ-მოლეკულურს და ჰიგროსკოპულს. ტენიანობა დამოკიდებულია ქანის ფორიანობის სიდიდეზე. ტენიანობის სიდიდის მიხედვით გამოყოფენ მეტად ტენიანად (ტორფი, თიხარი, თიხა), სუსტად ტენიანად (მერგელი, ცარცი, ფხვიერი ქვიშაქვა, წვრილმარცვლოვანი ქვიშა, ლიოსი) და არატენიანად (რიყის ქვა, ხრეში, მსხვილმარცვლოვანი ქვიშა, გრანიტი, ბაზალტი) ქანებს.

სრული ტენიანობის განსაზღვრა შეიძლება ქანის მყარი ნაწილის მოცულობითი წონის $\gamma_{აგ}$ და ხვედრითი წონის $\gamma_{ბ}$ მონაცემების გამოყენებით

$$W_{სრ} = \frac{1}{\gamma_{აგ}} - \frac{1}{\gamma_{ბ}}$$

კაპილარული, მაქსიმალურ-მოლეკულური და სხვა სახის ტენიანობა შეიძლება განისაზღვროს სპეციალურ ხელსაწყოებში, სადაც ნიმუშს უნარჩუნებენ ტენიანობის გარკვეულ პირობებს და შემდგომ საზღვრავენ ტენიანობის მაჩვენებელს უკვე ცნობილი წესით.

XX.9. ქანების წყალგაცემა

წყალგაცემა არის წყლით გაჯერებული ქვიშებისა და სხვა ფხვიერი ნამტკრევი ქანების უნარი გასცეს წყლის გარკვეული რაოდენობა თავისუფალი გამონადენის სახით. მისი სიდიდე გამოისახება გამონადენი წყლის მოცულობის შეფარდებით ქანის მოცულობასთან ან წყლის იმ რაოდენობით, რომელიც 1 მ³ ქანიდან გამოედინება (ხვედ-

რითი წყალგაცემა). მაღალი წყალგაცემით ხასიათდება მსხვილნატე-
ხოვანი ქანები, აგრეთვე ქვიშები, რომელთა წყალგაცემის სიდიდე
45% აღწევს. თიხების წყალგაცემა კი, მიუხედავად მათი მაღალი წყალ-
შემცველობისა, პრაქტიკულად ნულის ტოლია, რადგან ფიზიკურად შე-
კავშირებული წყალი თავისუფალი გამონადენის სახით ქანს ვერ სცილ-
დება. ამით აიხსნება სამშენებლო პრაქტიკაში გავრცელებული ფაქტი,
როდესაც ქვიშებში ამოღებულ ქვაბულში მეტწილად წყლის მოდინე-
ბას აქვს ადგილი, ხოლო თიხებში ქვაბული პრაქტიკულად მშრალია.

წყალგაცემის განსაზღვრა შეიძლება სრული ტენტევალობისა და
მაქსიმალურ-მოლეკულური ტენტევალობის მაჩვენებლების სხვაობით.

XX.10. ქანების კაპილარობა

კაპილარობა ფიზიკური მოვლენაა, რომელიც იმაში მდგომარეობს,
რომ წყალი წვრილ ბეწვისებრ ფორებში ანუ კაპილარებში აიწევა
გარკვეულ სიმაღლემდე სიმძიმის ძალის საწინააღმდეგოდ. ბუნებაში
ხშირია შემთხვევა, როდესაც წყალშემცველი ფენის ზევით არსებული
ზონა გატენიანებულია ამ ფენიდან წყლის კაპილარული აწევის შე-
დეგად. წვრილმარცვლოვანი, წმინდამარცვლოვანი და თიხიანი ქანე-
ბი კაპილარული გატენიანების ზონაში მთლიანადაა გაჯერებული
წყლით, ამიტომ ამ ზონას კაპილარული გაჯერების ზონას უწოდებენ.
თუ ეს ზონა დედამიწის ზედაპირს აღწევს, მაშინ ადგილი აქვს დაჰა-
ობებას. კაპილარული აწევის სიმაღლე მით მეტია, რაც უფრო მაღა-
ლია წყლის ზედაპირული დაჭიმულობა, სიმკვრივე და მცირეა კაპი-
ლარების რადიუსი. ქვიშებში იგი 0,5 — 1 მეტრია, ხოლო თიხიან ქა-
ნებში შეიძლება 3—4 მეტრს მიაღწიოს. კაპილარული აწევის სიჩქა-
რე საწყის მომენტში მაქსიმალურია, შემდეგ კი თანდათანობით კლე-
ბულობს.

კაპილარული აწევის სიმაღლეს ქვიშებში უშუალო დაკვირვებით
ზომავენ. წვრილმარცვლოვანი ქვიშებისა და თიხიანი ქანებისათვის გა-
მოიყენება ხელსაწყო — კაპილარიმეტრი. სპეციალური მილის საშუა-
ლებით საკვლევ ნიმუშს ქვემოდან აწვდიან წყალს. წყალი ადის კა-
პილარებში გარკვეულ სიმაღლემდე. მთლიანი კაპილარული გაჯერე-
ბისას წყლის შეწოვა შეწყდება, რაც მიუთითებს, რომ მიღწეულია
კაპილარული აწევის მაქსიმალური სიდიდე.

ქანების კაპილარული თვისებების შესწავლას დიდი პრაქტიკული
მნიშვნელობა აქვს. მაგალითად, სამშენებლო პრაქტიკაში ხშირია თი-
ხოვან გრუნტებზე აგებულ ნაგებობებში სარდაფებისა და ქვედა სარ-
თულების დატენიანების შემთხვევები, რაც სწორედ კაპილარობის
მოვლენას უკავშირდება. გარდა ამისა, სოფლის მეურნეობაში ქანების

კაპილარობასთან არის დაკავშირებული ნიადაგების მეორეული დამარილიანება, რაც უკიდურესად არახელსაყრელი მოვლენაა, რადგან იწვევს მიწების ნაყოფიერების მკვეთრ დაქვეითებას.

XX.11. ქანების წყალშეღწევადობა

წყალშეღწევადობა. ანუ გარკვეული დაწნევის ქვეშ წყლის გატარების უნარი, ქანების ერთ-ერთი ძირითადი წყლოვანი თვისებაა. დისპერსიული ქანების წყალშეღწევადობის მაჩვენებლებს დიდი გამოყენება აქვს პრაქტიკაში ისეთი საკითხების გადასაწყვეტად, როგორცაა სამშენებლო ქვაბულებში და მიწისქვეშა სამთო გამონამუშევრებში წყლის მოძინების რაოდენობის დადგენა, პიდროტექნიკური ნაგებობებიდან წყლის ფილტრაციული დანაკარგების განსაზღვრა და სხვა. ქანების წყალშეღწევადობის უნარი ქანების ფორებისა და სიცარიელების ზომების პროპორციულად მატულობს. წყალშეღწევადობა დამოკიდებულია აგრეთვე დაწნევის სიდიდეზე. მაგალითად, თიხები ჩვეულებრივ პირობებში წყალშეღწევადი არიან, რადგან მათი ფორები მცირე განზომილებისაა, ისინი წყალს ატარებენ მხოლოდ მაღალი წნევის პირობებში.

მაღალი წყალშეღწევადობით ხასიათდება მსხვილნატეხოვანი ქანები — რიყის ქვა, ღორღი, ხრეში, უხეშმარცვლოვანი და მსხვილმარცვლოვანი ქვიშა. წყალშეღწევადია საშუალო და წვრილმარცვლოვანი ქვიშა, ხოლო სუსტად წყალშეღწევადი — წმინდამარცვლოვანი ქვიშა და ქვიშნარი. თიხნარი და თიხა ჩვეულებრივად ძლიერ სუსტად წყალშეღწევად, უმეტესად კი წყალშეუღწევად ქანებად ითვლება.

ქანების წყალშეღწევადობის ძირითადი მაჩვენებელია ფილტრაციის კოეფიციენტი, რომლის ფიზიკური არსი და განსაზღვრის მეთოდები გადმოცემული იყო წიგნის მეორე ნაწილში.

XXI თავი

ქანების მექანიკური თვისებები

XXI.1. ქანების მექანიკური თვისებების ძირითადი მაჩვენებლები

ქანების მექანიკური თვისებები განსაზღვრავს მათ ქცევას გარე ძალების ზემოქმედების პირობებში და გამოვლინდება დაშლისა და დეფორმაციისადმი ქანების წინააღმდეგობის უნარში.

სამშენებლო თვალსაზრისით ქანის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი მექანიკური თვისებაა სიმტკიცე. ეს არის ქანის უნარი წინააღმდე-

გობა გაუწიოს რაიმე დატვირთვის აღნაგობის დაუშლელად. დეფორმაცია კი არის ქანის თვისება შეიცვალოს დატვირთვის შედეგად ფორმა და მოცულობა.

ქანების სიმტკიცე რთული ბუნებისაა. ამა თუ იმ ფაქტორების ზეგავლენით იგი შეიძლება ფართო ზღვრებში იცვლებოდეს და შესაბამისად ქანებს გააჩნდეს სიმტკიცის სხვადასხვა მაჩვენებელი. ამასთან, სიმტკიცე ზოგ ქანში მყისიერად გამოვლინდება, ზოგში კი იგი დროში იცვლება.

ქანების სიმტკიცეზე უშუალოდ არის დამოკიდებული დეფორმაციის უნარი. დეფორმაციები შეიძლება იყოს შექცევადი და შეუქცევადი, მიმდინარეობდეს სწრაფად ან ხანგრძლივი დროის განმავლობაში.

კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების შემადგენელი ნაწილაკები ხისტი კავშირებით ხასიათდება. საღ მდგომარეობაში ისინი დიდი სიმტკიცით გამოირჩევა და ნაგებობებისათვის საიმედო საფუძველს წარმოადგენს. კლდოვანი და ნაწილობრივ ნახევრად კლდოვანი ქანებისათვის დამახასიათებელია დრეკადი თვისებები, ამიტომ მათთვის მნიშვნელოვანია იმ მახასიათებლების განსაზღვრა, რომლებიც დეფორმაციისადმი დრეკად წინააღმდეგობას გამოხატავს. ნახევრად კლდოვანი ქანებისათვის მნიშვნელოვანია აგრეთვე საერთო დეფორმაციებისადმი წინააღმდეგობის სიდიდის დადგენა.

ქანების დეფორმაციული თვისებების ძირითადი მაჩვენებლებია: დრეკადობის მოდული, განივი დეფორმაციის კოეფიციენტი, გვერდითი წნევის კოეფიციენტი, საერთო დეფორმაციის მოდული და კუმშვადობის კოეფიციენტი. კლდოვანი, ნახევრად კლდოვანი, მკვრივი, შეკავშირებული თიხოვანი ქანების სიმტკიცის ძირითადი მაჩვენებლებია დროებითი წინააღმდეგობა კუმშვაზე, ხლეჩაზე, ხოლო რბილი, შეკავშირებული და ფხვიერი შეუკავშირებელი ქანებისათვის — ძვრის წინააღმდეგობის მაჩვენებლები — შიგა ხახუნის კუთხე, შიგა ხახუნის კოეფიციენტი, შეჭიდულობა და ზოგიერთ შემთხვევაში ძვრის კოეფიციენტი.

XVI.2. ქანების სიმტკიცის მაჩვენებლები

კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების სიმტკიცეს ადგენენ კუმშვისას დროებითი წინააღმდეგობის სიდიდით. ზოგჯერ საზღვარეულ დროებით წინააღმდეგობას ახლეჩასა და გაჭიმვაზე.

კუმშვისადმი დროებითი წინააღმდეგობა ქანების მნიშვნელოვანი საინჟინრო-გეოლოგიური მახასიათებელია, რადგან ნაგებობათა ფუძე-საძირკვლები ჩვეულებრივად კუმშვაზე მუშაობენ და ბევრ შემთხვევაში სამშენებლო ტერიტორიის ვარგისიანობის შეფასებისათვის აუ-

ცილებელია ფუძის გრუნტების კუმშვისადმი სიმტკიცის წინასწარი განსაზღვრა.

ქანის სიმტკიცე ხასიათდება კუმშვისადმი დროებითი წინალობით ანუ კუმშვისადმი სიმტკიცის ზღვრით. კუმშვისადმი დროებითი წინალობა ის ზღვრული დატვირთვაა, რომლის ზემოქმედების შედეგად ქანის ნიმუში კარგავს მონოლითურობას და ირღვევა. იგი გამოითვლება ფორმულით

$$R = \frac{P}{F},$$

სადაც R — ქანის დროებითი წინალობაა კუმშვისადმი, კგ/სმ²;

P — დატვირთვის ის სიდიდე, რომელმაც გამოიწვია ნიმუშის დაშლა, კგ.

F — ნიმუშის საწყისი განივკვეთის ფართობი, სმ², რომელზედაც განაწილდა დატვირთვა.

კუმშვისადმი წინალობის სიდიდე დამოკიდებულია ქანის მინერალურ შედგენილობაზე, სტრუქტურულ-ტექსტურულ თავისებურებებზე, ცალკეული ნაწილაკების ურთიერთშეკემენტების ხასიათზე, ერთგვაროვნობაზე და სახეცვლის ხარისხზე. კუმშვისადმი წინალობის დიდი უნარი აქვთ წვრილ და თანაბარმარცვლოვან კრისტალურ ქანებს.

ზოგიერთი ნახევრად კლდოვანი ქანის (არგილიტები, მერგელები) კუმშვისადმი წინალობა მნიშვნელოვნად მცირდება წყლიან გარემოში. ქანის სიმტკიცეზე გავლენას ახდენს აგრეთვე მასში წყლის გარკვეული რაოდენობის არსებობა. ამიტომ საჭიროა, რომ ქანის კუმშვისადმი წინალობა განისაზღვროს გრუნტის მშრალ-ჰაეროვან, ბუნებრივი ტენიანობის და წყლით მაქსიმალურად გაჟღენთის მდგომარეობაში.

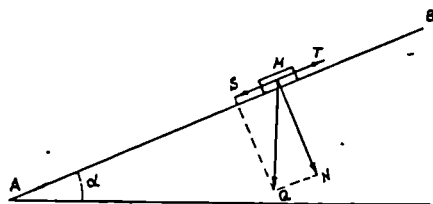
საცდელი გრუნტის ნიმუშის კუმშვისადმი წინალობა განისაზღვრება წნეხში ნიმუშის შეკუმშვით. სწორი კუბური ფორმის ნიმუშს, რომლის წიბო რამდენიმე სანტიმეტრია, ათავსებენ ჰიდრავლიკურ წნეხში და ავითარებენ წნევას ნიმუშის მთლიანობის დარღვევამდე. მანომეტრის საშუალებით ნიმუშის დაშლის მომენტში ზომავენ მუშა კამერაში არსებულ წნევას. ნიმუშის დამშლელი ძალის სიდიდის გაყოფით განიკვეთის ფართობზე საზღვრავენ საკვლევი ქანის კუმშვისადმი წინალობის სიდიდეს. ამ ცდის პროცესში გამოითვლება აგრეთვე ქანის დეფორმაციული თვისებების მაჩვენებლებიც.

ძვრის წინალობა. ძვრის წინალობა ქვიშიანი და თიხიანი ქანების სიმტკიცის მაჩვენებელია. იგი გამოხატავს ამ ქანების დაშლი-

სადმი წინააღმდეგობის უნარს, ხოლო დაშლა გამოვლინდება ქანის მთლიანობის დარღვევაში მისი ერთი ნაწილის გადაადგილებით (ძვრით) მეორის მიმართ რაიმე სიბრტყის გასწვრივ. ქანის მთლიანობა მაშინ ირღვევა, როცა ძვრის ძალები გადააჭარბებს წინააღმდეგობის შიგა ძალებს.

ქვიშიან და სხვა ფხვიერ ნატეხოვან ქანებში ძვრის წინააღმდეგობის შიგა ძალებია ხახუნის ძალები, რომლებიც წარმოიქმნებიან ძვრის მომენტში ქანის შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთგადაადგილების დროს. ვინაიდან ხახუნი ქანის შიგნით მოქმედებს, მას შიგა ხახუნს უწოდებენ. შეკავშირებულ (თიხიან) ქანებში შიგა ძალებს, გარდა ხახუნისა, წარმოადგენს შექვიდულობის ძალები, ე. ი. სტრუქტურული კავშირების ძალები. შექვიდულობა გამოხატავს ქანში ძვრის სიბრტყის გასწვრივ მოქმედი სტრუქტურული კავშირების სიმტკიცეს. ხახუნისა და შექვიდულობის ძალებს, რომლებიც წინააღმდეგობას უწევენ გრუნტზე მოქმედ ძვრის ძალას, ძვრისადმი წინააღმდეგობის მაჩვენებლები ეწოდება.

ძვრის წინააღმდეგობის დასახასიათებლად განვიხილოთ დახრილ სიბრტყეზე მოთავსებული სხეულის ზღვრული წონასწორობის პირობა (ნახ. XXI.1).



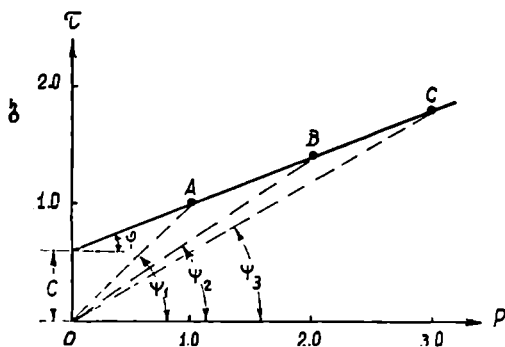
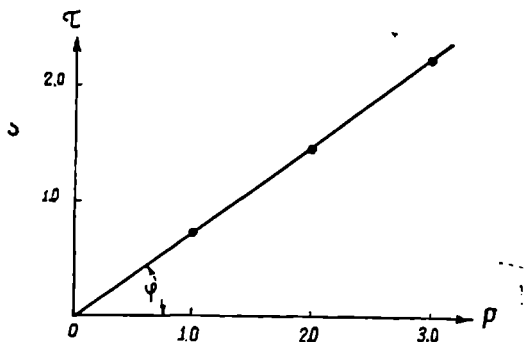
ნახ. XXI.1. დახრილ სიბრტყეზე სხეულის ზღვრული წონასწორობის პირობა.

Q წონის M სხეულზე, გარდა α კუთხით დახრილი AB სიბრტყის ნორმალური N და მხები S ძალებსა, მოქმედებს ხახუნის T ძალა. მხები ანუ მძვრელი ძალები ცდილობენ სხეული მოიყვანონ მოძრაობაში, ხახუნის ძალები კი, პირიქით, წინააღმდეგობას უწევენ მძვრელი ძალების მოქმედებას და მათ საწინააღმდეგოდ არიან მიმართული. სხეულის მოძრაობაში მოსაყვანად საჭიროა ძვრის ძალამ გადააჭარბოს ნორმალურ და ხახუნის ძალებს. რაც უფრო დიდია N , მით უფრო დიდი უნდა იყოს S , რომ სხეული მოძრაობაში მოვიდეს. თუ აბსცისთა ლერძზე გადავზომავთ ნორმალურ ძალებს, ხოლო ორდინატთა ლერძზე შესაბამის ძვრის ძალებს, გადაკვეთის წერტილების შე-

ერთება მოგვცემს კოორდინატთა სათავეზე გამავალ წრფეს (ნახ. XXI. 2ა), რომლის განტოლება იქნება

$$S = N \operatorname{tg} \varphi,$$

სადაც φ კუთხეა, რომელსაც წრფე აბსცისთა ღერძთან ადგენს.



ნახ. XXI. 2. ძვრის გრაფიკები:

ა — ქვიშნარი გრუნტებისათვის, ბ — თიხნარებისა და თიხებისათვის.

ზემოთ მოყვანილი ფორმულიდან $\frac{S}{N} = \operatorname{tg} \varphi = f$. ეს შეფარდება სხეულის ხახუნის უნარის მახასიათებელია, ხოლო f -ს ხახუნის კოეფიციენტს უწოდებენ.

ფხვიერ ქანებში და შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთხახუნის შედეგად წარმოქმნილი კუთხეა და იგი შიგა ხახუნის კუთხის სახელწოდებით არის ცნობილი.

თიხიან ქანებში ძვრის ძალების მოწინააღმდეგე ხახუნის ძალებს ემატება შეჭიდულობის ძალებიც

$$\tau = \sigma f \varphi + c,$$

სადაც τ არის თიხიანი ქანის ძვრის წინაღობა, კგ/სმ²;

σ — ქანის ნიმუშზე მოქმედი ვერტიკალური დატვირთვა, კგ/სმ²;

φ — ქანის შიგა ხახუნის კუთხე;

c — შეჭიდულობის ძალა, კგ/სმ².

ეს ფორმულა აგრეთვე წრფის მახასიათებელია, რომელიც φ კუთხით არის დახრილი აბსცისთა ღერძთან და ორდინატთა ღერძს გადაკვეთს c მანძილზე (ნახ. XXI.2 ბ).

თუ $c=0$, წრფე გაივლის კოორდინატთა სათავეზე და მაშინ იგი შეესაბამება ძვრის წინაღობის მაჩვენებელს ფხვიერი ქანებისათვის.

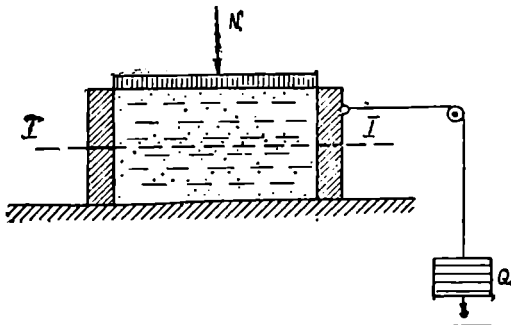
შიგა ხახუნის კუთხე φ და შეჭიდულობა c მნიშვნელოვანი საანგარიშო მაჩვენებლებია. მათ დიდი გამოყენება აქვთ ბუნებრივი და ხელოვნურად შექმნილი ფერდობების მდგრადობის შესაფასებლად. განსაკუთრებით ხშირად მიმართავენ მათ მეწყრული ფერდობების შესწავლის დროს. ეს მაჩვენებლები დამოკიდებულია ქანის მინერალურ და გრანულომეტრიულ შედგენილობაზე, სტრუქტურაზე, ტექსტურაზე. ერთი და იმავე ქანისათვის ისინი შეიძლება იცვლებოდნენ ფორიანობისა და ტენიანობის ცვლილებების შესაბამისად.

ზოგ შემთხვევაში ქანის ძვრის წინაღობის უნარს ახასიათებენ ძვრის კოეფიციენტით. XXI.2 ბ ნახაზე მოცემულ A , B და C წერტილებს უერთებენ კოორდინატთა სათავეს. ψ_1 , ψ_2 და ψ_3 კუთხეები ძვრის კუთხეებია, ხოლო მათი ტანგენსები k_1 — ძვრის კოეფიციენტები. ქვიშიან ქანებში ძვრის კოეფიციენტი შიგა ხახუნის კოეფიციენტის ტოლია და მათთვის მუდმივ სიდიდეს წარმოადგენს. თიხიანი ქანებისათვის k_1 — ცვლადი სიდიდეა. ქანის გამკვრივებისას ძვრის კოეფიციენტი მცირდება და პირიქით.

XXI.1 ცხრილში მოყვანილია ზოგიერთი ტიპური ქანის შიგა ხახუნის კუთხისა და შეჭიდულობის ძალის საშუალო მნიშვნელობანი.

ქანის დასახელება	შიგა ხახუნის კუთხე	შეჭიდულობის ძალა, კგ/სმ ²
რბილი თიხა	10	0,05
საშუალო სიმკვრივის თიხა	14	0,20
მკვრივი თიხა	16	0,40
რბილი თიხნარი	14	0,02
საშუალო სიმკვრივის თიხნარი	18	0,10
მკვრივი თიხნარი	20	0,20
წერილმარცვლოვანი ქვიშა	27	—
საშუალომარცვლოვანი ქვიშა	32	—
მსხვილმარცვლოვანი ქვიშა	35	—

არსებობს გრუნტების ძვრის წინააღმდეგობის განსაზღვრის რამდენიმე მეთოდი. ყველაზე მეტად გავრცელებულია გრუნტის გამოცდა ჭრის ხელსაწყოში. ცდის დროს საცდელ ნიმუშს ათავსებენ ორად გაყოფილ ლითონის ყუთში, რომლის ქვედა ნაწილი უძრავადაა მიმაგრებული საყრდენებზე, ზედა ნაწილს კი შეუძლია ჰორიზონტალურად გადაადგილება. ზედა ყუთზე მიმაგრებულია ბლოკზე გადაკიდებული ტროსი, რომლის ბოლოზეა საკიდი ტვირთისათვის (ნახ. XXI.3).



ნახ. XXI. 3. ჭრის ხელსაწყო სქემა.

ნიმუშზე ავითარებენ ვერტიკალურ დატვირთვას N , რის შემდეგ საკიდეზე ათავსებენ ტვირთს Q , რომელიც ძვრის ძალის შესაბამისია. ტვირთს თანდათანობით ზრდიან, ვიდრე არ მოხდება გრუნტის ჭრა. ჭრას ასეთი წესით ახდენენ სხვადასხვა სიღიღის ვერტიკალურ დატვირთვებზე, ამის შემდეგ აგებენ τ და σ ურთიერთდამოკიდებულებების გრაფიკს და საზღვრავენ φ და c მნიშვნელობებს.

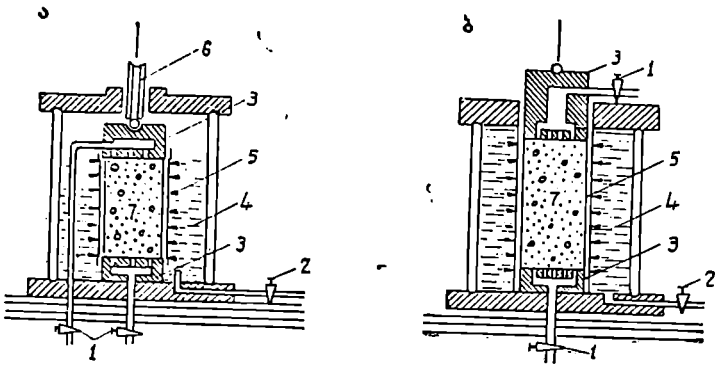
ვერტიკალური დატვირთვების დროს გრუნტი მკვრივდება, რის

შედგად იცვლება მისი ფორიანობა და ტენიანობა, ეს კი იწვევს ფ და c მნიშვნელობების ცვლილებას. იმისათვის, რომ დავადგინოთ ბუნებრივ პირობებში მყოფი გრუნტის სიმტკიცის ჰემპარიტი მნიშვნელობანი, საჭიროა ცდები ჩაატაროთ ტენიანობის და ფორიანობის იმ მნიშვნელობებისათვის, რომლებიც ბუნებრივ პირობებშია მოსალოდნელი.

საერთოდ, ქანების სიმტკიცის მაჩვენებლების განსაზღვრას მაშინ აქვს პრაქტიკული ღირებულება, როდესაც ცდისათვის აღებული ნიმუში ზედმიწევნით ზუსტად ასახავს ქანის ბუნებრივ მდგომარეობას. ქანები ბუნებრივ პირობებში ჩვეულებრივად იმყოფებიან დაძაბულ მდგომარეობაში, რომელიც გამოწვეულია ზემდებარე ქანების წონით, ტექტონიკური, ტემპერატურული და სხვა ფაქტორებით. ნაგებობას აგების შედეგად ეს დაძაბულობა გადანაწილდება; ამასთან, თუ მხები ძაბვები ქანების ძვრის წინალობის შიგა ძალებს გადააჭარბებს, მათი სიმტკიცე ირღვევა და იწყება დეფორმაციები. ამიტომ სიმტკიცის მაჩვენებლების განსაზღვრისას მნიშვნელოვანია ბუნებრივი პირობების ანალოგიური ან მსგავსი პირობების შექმნა. ამ პირობებს ყველაზე მეტად აკმაყოფილებს ქანების სიმტკიცის განსაზღვრა სამღერძა შეკუმშვის ხელსაწყოებში — სტაბილომეტრებში¹. რეზინის თხელი გარსაცმით შემოკრული ქანის ცილინდრული ნიმუში თავსდება ხელსაწყოთა კამერაში ზედა და ქვედა წნეხებს შორის. ხელსაწყოში წარმოიშობა ყოველმხრივი ან მხოლოდ გვერდითი წნევა. თუ სტაბილომეტრებში ყოველმხრივი ან გვერდითი წნევა მუდმივია, მაშინ ღერძული წნევის თანდათანობითი გადიდების შედეგად იწყება ნიმუშის დაშლა. სამღერძა შეკუმშვის ხელსაწყოებში შეიძლება გამოიყენოს კლდოვანი, ნახევრად კლდოვანი, ქვიშიანი და თიხიანი ქანები. განსაკუთრებით მიზანშეწონილია ასეთი ცდები ჩატარდეს სუსტი, რბილი თიხიანი ქანებისათვის. საინჟინრო გეოლოგიაში გამოყენებული სტაბილომეტრები სხვადასხვა ტიპისაა და მათში შეიძლება განვითარებულ იქნეს წნევა რამდენიმე ათეულ კგ/სმ²-მდე.

ბოლო წლებში საინჟინრო-გეოლოგიურ კვლევებში დიდი გავრცელება პოვა ქვიშიანი და თიხიანი ქანების ძვრის პირობითი წინალობის გაზომვის ე. წ. პენეტრაციის და ზონდირების მეთოდებმა. ეს მეთოდები გულისხმობს ქვიშიანი და თიხიანი ქანების წინალობის განსაზღვრას მათში გარკვეული ფორმისა და ზომის ლითონის ბუნიკის ჩასობის დროს. თუ ბუნიკის ჩასობის სიღრმე არ სცილდება მის ზომებს, მეთოდს პენეტრაცია ეწოდება. ზონდირების დროს გამოსაცდელი ხელსაწყო ღრმად იჭრება ქანში. ქვიშიანი და თიხიანი

¹ სიმტკიცის გაზომვი, stability — სიმტკიცე, მდგრადობა.



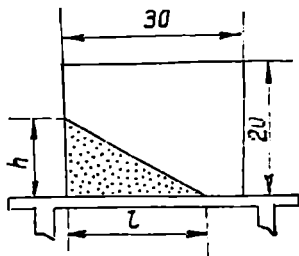
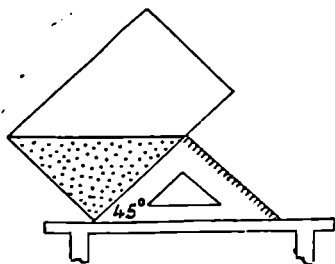
ნახ. XXI. 4. სტაბილომეტრების კონსტრუქციების სქემა:

ა — I ტიპის სტაბილომეტრი, რომელშიც წარმოიქმნება ყოველმხრივი წნევა;
 ბ — II ტიპის სტაბილომეტრი, რომელშიც წარმოიქმნება მხოლოდ გვერდითი წნევა;

1, 2 — ონკანები; 3 — ზედა და ქვედა დგუშები; 4 — კამერა; 5 — რეზინის გარსი;
 6 — შტოკი; 7 — ნიმუში.

ქანების სხვადასხვა მდგომარეობას შეესაბამება პენეტრაციის ზღვრული სიმტკიცის გარკვეული სიდიდეები, ამიტომ ეს მეთოდი ფართოდ გამოიყენება ქანების სიმტკიცის შედარებითი შეფასებისათვის, შესუსტებული ზონების, შუაშრეების, განსხვავებული უბნების გამოსავლინებლად და სხვა. პენეტრაციულ განსაზღვრებს ატარებენ პენეტრომეტრებით. ცდა მიმდინარეობს სხვადასხვა დატვირთვის დროს. კონუსური ბუნიკის ჩასობის სიღრმე 10 — 15 მმ-ს უნდა აღწევდეს. ზუსტად საზღვრავენ ჩასობის სიღრმეს დატვირთვის ცალკეულ ინტერვალებში. ამ მონაცემებით გამოთვლიან ქანის პლასტიკურ სიმტკიცეს, რომელიც ძვრის პირობით წინააღმდეგობასა და პენეტრაციის ხვედრით წინააღმდეგობას შეესაბამება.

ფხვიერი მარცვლოვანი ქანების, ძირითადად ქვიშების, შიგა ხახუნის კუთხის მიახლოებითი განსაზღვრა ხდება მათი ბუნებრივი ფერდის კუთხით, რომელშიაც იგულისხმება ფერდის ის ზღვრული დახრილობა, რომლის დროს ფხვიერი ქანის მარცვლები არ გადაადგილდება ფერდობის გასწვრივ. ფხვიერ ქანს ჩააყრიან პარალელურგვერდობიან ქილაში, რომელსაც 45°-ით დახრიან, შემდეგ ქილას დგამენ ჩვეულებრივად. ფხვიერი ქანის ზედაპირი ფსკერთან შექმნის კუთხეს, რომელიც ბუნებრივი ფერდის კუთხეს შეესაბამება.



ნახ. XXI.5. ბუნებრივი ფერდის კუთხის განსაზღვრა.

XXI.3. ქანების დეფორმაციული თვისებების მაჩვენებლები

დ რ ე კ ა დ ო ბ ი ს მ ო დ უ ლ ი არის პროპორციულობის კოეფიციენტი დაძაბულობასა და მის შესაბამის ფარდობით დეფორმაციას შორის

$$\sigma = E \varepsilon_z.$$

რიცხობრივად დრეკადობის მოდული უდრის დაძაბულობას კგ/სმ², რომელიც იწვევს ერთეულის ტოლ ფარდობით დეფორმაციას. იგი არის ქანის სიხისტის მახასიათებელი, ე. ი. გამოსახავს ქანის დრეკადი წინაღობის უნარს ხაზობრივი დეფორმაციისადმი.

ს ა ე რ თ ო დ ე ფ ო რ მ ა ც ი ი ს მ ო დ უ ლ ი დრეკადობის მოდულის მსგავსი მახასიათებელია. იგი ასახავს პროპორციულობას საერთო (შექცევად და შეუქცევად) დეფორმაციებსა და მათ გამომწვევ დაძაბულობებს შორის

$$\sigma = E_0 \varepsilon_z.$$

ქანების დეფორმაციული თვისებების მნიშვნელოვანი მახასიათებელია განივი დეფორმაციის კოეფიციენტი (პუასონის კოეფიციენტი), რომელიც გამოსახავს შეფარდებას განივ და გრძივ ფარდობით დეფორმაციებს შორის

$$\mu = \frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_z},$$

საიდანაც $\varepsilon_y = \mu \varepsilon_z$, ე. ი. განივი დეფორმაციის კოეფიციენტი ფაქტიურად პროპორციულობის კოეფიციენტია განივ და გრძივ ფარდობით დეფორმაციებს შორის. პროფ. ვ. ლომთაძის მიხედვით, კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანებისათვის ეს კოეფიციენტი 0,10-დან

0,40 ფარგლებში ცვალებადობს. ქვიშებისა და ქვიშნარებისათვის უდრის 0,30, ხოლო თიხებისათვის — 0,42. რაც უფრო მეტია ეს კოეფიციენტი, მით მეტია ქანის კუმშვადობა.

გვერდითი წნევის კოეფიციენტი. ქანების შეკუმშვისას იმ პირობებში, როდესაც არ არის მათი გვერდითი გაფართოების საშუალება, წარმოიქმნება გვერდითი წნევა $P_{გვ}$, ანუ განბჯენა. მისი შეფარდება გამომწვევ ვერტიკალურ წნევასთან P იძლევა გვერდითი წნევის კოეფიციენტის სიდიდეს

$$\xi = \frac{P_{გვ}}{P}.$$

ამ სიდიდეს გამოსახავენ განივი დეფორმაციის კოეფიციენტითაც

$$\xi = \frac{\mu}{1-\mu}.$$

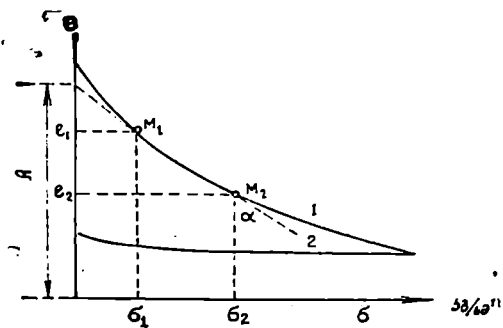
სხვადასხვა ქანისათვის გვერდითი წნევის კოეფიციენტი ასეთ ფარგლებში ცვალებადობს:

კლდოვანი ქანებისათვის	0 — 0,1
ნახევრად კლდოვანი ქანებისათვის	0,2 — 0,3
ქვიშებისათვის	0,35 — 0,41
თიხნარებისა და თიხებისათვის	0,25 — 0,75

კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების დეფორმაციული სიდიდეები განისაზღვრება წნეხზე ვერტიკალური წნევის პირობებში და აითვლება სპეციალური ტენზომეტრებით.

კუმშვადობის კოეფიციენტი. კუმშვადობა არის გარე ძალების ზემოქმედებით ქანის მოცულობაში შემცირების უნარი. ეს თვისება ახასიათებს დისპერსიულ და, პირველ რიგში, თიხოვან ქანებს. ამ პროცესის შედეგად გრუნტი იტკეპნება და მკვრივდება. ამ დროს იზრდება მისი მოცულობითი წონა ფორიანობის შემცირების ხარჯზე. ვინაიდან გრუნტის მყარი შემადგენელი და წყალი დატვირთვის იმ სიდიდეებზე, რომელსაც მშენებლობაში ვხვდებით (3—12 კგ/სმ²), პრაქტიკულად უკუმშვადია, გრუნტის შეკუმშვა ნაგებობის ფუძეში მხოლოდ ფორების შემცირების ხარჯზე ხდება. ამრიგად, თიხოვანი ქანების შეკუმშვის ხარისხი შეიძლება დახასიათდეს მათი ფორიანობით. რაც უფრო დიდია გრუნტზე მოქმედი წნევა, მით უფრო მეტად მცირდება მისი ფორიანობა. გრუნტზე მოქმედ წნევასა და ფორიანო-

ბას შორის დამოკიდებულება შეიძლება გრაფიკულად გამოისახოს. აბსცისთა ღერძზე ზომავენ ნიმუშზე მოქმედ წნევებს (σ), ხოლო ორდინატთა ღერძზე—შესაბამის ფორიანობის კოეფიციენტს (e). ბრუნდს, რომელიც ამ ორ სიდიდეს შორის დამოკიდებულებას ამყარებს, ეწოდება კუმშვადობის ან კომპრესიული მრუდი (ნახ. XXI.6).



ნახ. XXI.6. კომპრესიული მრუდი:

1 — შემკვრივების მრუდი, 2 — განმკვრივების მრუდი.

თუ გავზრდით ნიმუშზე მოქმედ წნევას σ_1 -დან σ_2 -მდე, შესაბამისად შემცირდება ფორიანობა e_1 -დან e_2 -მდე. თუ რომელიმე მცირე მონაკვეთზე მრუდს ჩავთვლით წრფედ, დამოკიდებულება შეიძლება ასე დაიწეროს

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{e_1 - e_2}{\sigma_2 - \sigma_1} = \frac{de}{d\sigma}$$

აღვნიშნოთ $\operatorname{tg} \alpha = a$, მაშინ $de = a d\sigma$, ე. ი. გრუნტის ფორიანობის ცვლილება მოქმედი წნევის ცვლილების პირდაპირპროპორციულია. a არის გრუნტის კუმშვადობის კოეფიციენტი, მისი განზომილებაა სმ²/კგ.

კუმშვადობის კოეფიციენტის სიდიდის მიხედვით გამოყოფენ გრუნტების სამ ჯგუფს:

- ა) ძლიერ კუმშვადი $a > 0,1$ სმ²/კგ;
- ბ) საშუალოდ კუმშვადი $a = 0,1 \pm 0,005$ სმ²/კგ;
- გ) სუსტად კუმშვადი $a < 0,005$ სმ²/კგ.

თიხოვან ქანებში დატვირთვის გამო მოცულობის ცვლილება ნელა მიმდინარეობს. მათი ფორიანობა და ტენიანობა შეიძლება მცირდებოდეს დროში ერთი და იგივე დატვირთვის დროს. მრუდს, რომელიც გვიჩვენებს გრუნტის ფორიანობის კოეფიციენტის შემცირებას

დროში უცვლელი დატვირთვისას, ეწოდება შეკუმშვის, ანუ კონსოლიდაციის მრუდი.

თუ წნევის ქვეშ მყოფ გრუნტს განვტვირთავთ, მაშინ პროცესი შებრუნდება და გრუნტი მოცულობაში მოიმატებს, რაც აიხსნება დისპერსიული ნაწილაკების პიდრატული აკის დრეკადი თვისებებით. რაც უფრო დიდია ამ აკების სისქე, მით მეტია გრუნტის დრეკადი დეფორმაცია. ეს მოვლენა კომპრესიის გრაფიკზე გამოისახება ე. წ. დეკომპრესიული მრუდით (ნახ. XXI.6). დეკომპრესიის დროს გრუნტი ვერაძდროს ვერ აღიდგენს საწყის მოცულობას. საწყის და დეკომპრესიის შედეგად მიღებულ მოცულობათა შორის სხვაობა არის გრუნტის ნარჩენი დეფორმაცია.

ქანების კომპრესიული თვისებები შეისწავლება სპეციალური კომპრესიული ხელსაწყოებით — ოდომეტრებით. ნიმუშს ათავსებენ ლითონის რგოლში, სადაც შემკვრივების დეფორმაცია მიმდინარეობს გვერდითი გაფართოების გარეშე. ამ ცდის არსი ის არის, რომ ნიმუშის შემკვრივება ხდება დატვირთვის საფეხურებით და თითოეულ საფეხურზე აითვლება ფორიანობის კოეფიციენტის ცვლილება. ამ მონაცემებით შემდეგ აიგება კომპრესიული მრუდი, რომელიც ქანის კუმშვადობას გამოსახავს. რაც უფრო მეტად შეიკუმშება, ე. ი. შემკვრივდება ქანი, მით მეტად იქნება დახრილი ეს მრუდი აბსცისთა ღერძის მიმართ და პირიქით.

XXII თავი

ქანების ცალკეული ჯგუფების დახასიათება

XXII.1. კლდოვანი ქანები

კლდოვანი ქანები ბუნებაში ფართოდაა გავრცელებული. მათთვის დამახასიათებელია მაღალი სიმტკიცე, დეფორმაციისა და წყალშეღწევადობის მცირე მაჩვენებელი, გარე ფაქტორების ზემოქმედებისაღმი წინააღმდეგობის გაწევის უნარი. გენეტიკურად ისინი იყოფა მაგმურ მასიურკრისტალურ, მეტამორფულ მასიურ, შრეებრივკრისტალურ და დანალექ მტკიცედ შეცემენტებულ ქანებად.

სხვადასხვა ტიპის საინჟინრო ნაგებობათა დაპროექტებისა და მშენებლობის დროს მაგმური და მეტამორფული ქანები ხშირად არიან საფუძვლის გრუნტები. მშენებლობის პირობების შეფასებისათვის აუცილებელია მათი მინერალური შედგენილობის, სტრუქტურულ-ტექსტურული თავისებურებების, წოლის პირობების, გამოფიტვის, ნაპრალიანობისა და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების დადგენა.

მინერალური შედგენილობის მიხედვით კლდოვანი ქანები დიდი მრავალფეროვნებით ხასიათდება. სტრუქტურის, ქანშეზღვევის შედგენილობისა და რაოდენობრივი თანაფარდობის მიხედვით გამოიყოფა კლდოვანი, საკუთრივ მაგმური და მეტაჰორფული ქანების ბევრი პეტროგრაფიული ტიპი.

კლდოვანი ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური შეფასებისათვის მნიშვნელოვანია მათი წოლის პირობების გათვალისწინება. ბაქნურ ოლქებში ისინი თანაბრად გავრცელებული და ნაკლებად სახეშეცვლილი არიან. მთიან — ნაოჭა ოლქებში კი კლდოვანი ქანები ძლიერაა სახეშეცვლილი, დეფორმირებული; ხშირია ნაპრალები, რომლებიც მათი მშენებლობისათვის ვარგისიანობის ხარისხს აუარესებს. კლდოვან ქანებს წოლის ნაირგვარი ფორმები აქვთ, ისინი წარმოქმნიან სხვადასხვა ზომისა და ფორმის მასივებს, დაიკებს, შტოკებს, ძარღვებს, განფენებს, ნაკადებს, გუმბათებს, შრეებს. სიღრმული წარმოშობის მაგმური ქანები უნეტეს შემთხვევაში დიდი ზომის ინტრუზიული სხეულების — ბათოლითების და ლაკოლითების სახით გვხვდებიან. არის შემთხვევები, როდესაც დიდი ნაგებობა მთლიანად ასეთ მასივებშია განლაგებული. მაგალითად, მსოფლიოს ერთ-ერთი უდიდესი კრასნოიარსკის პიდროელექტროსადგური გრანიტულ მასივზე მდებარეობს.

კლდოვანი ქანების მშენებლობაში გამოყენების დროს მხედველობაში უნდა იყოს მიღებული მათი ბუნებრივი დაძაბული მდგომარეობა. როგორც ცნობილია, საერთოდ ქანები ბუნებრივ პირობებში გრავიტაციული, ტექტონიკური, ტემპერატურული და გეოქიმიური პროცესების ზეგავლენით ყოველმხრივი შეკუმშვისა და დაძაბულობის პირობებში იმყოფება. ამ შიგა დაძაბულობას ქანები ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ინარჩუნებენ, მაგრამ თუ გარემო პირობები იცვლება, დაძაბულობაც შეიძლება შეიცვალოს, გადანაწილდეს, მოხდეს მისი განტვირთვა, რომლის შედეგადაც ქანებში არსებითი ცვლილებებია მოსალოდნელი. ასეთი მოვლენის შედეგია სამთო წნევები, სამთო დარტყმები, გამოსროლები და სხვა, რომლებსაც ადგილი აქვს მიწისქვეშა სამუშაოების დროს.

კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური შეფასების ერთ-ერთი გადამწყვეტი ფაქტორია ნაპრალიანობა, რომელიც განსაზღვრავს ამ ქანების დაშლა-დანაწილების ხარისხს. იგი დამოკიდებულია ქანების სივრცობრივ არაერთგვაროვნობაზე და თვისებების ანიზოტროპულობაზე. ასევე მეტად დიდი მნიშვნელობა აქვს გამოფიტვის ხარისხის დადგენას. გამოფიტვის ხელშემწყობი ფაქტორების ხანგრძლივი ზემოქმედების გამო კლდოვანი ქანების შემაღლებელი მინერალები ფიზიკურად და ქიმიურად იცვლებიან, რაც საბოლოო ჯამში მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მთლიანად ქანის

მდგრადობაზე, იწვევს მისი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მკვეთრ დაქვეითებას. სამშენებლო ნორმებითა და წესებით (СНУП II — Б. 1—72) კლდოვანი გრუნტები, გამოფიტვის ხარისხის მიხედვით, იყოფა მონოლითურ გრუნტებად, რომლებსაც გამოფიტვა პრაქტიკულად არ შეეხება, სუსტად გამოფიტულ, ნაპრალოვან გრუნტებად, ცალკეული ბლოკების გადაადგილების გარეშე, და გამოფიტულ, ძლიერ დასხვრეულ, დანაწევრებულ — წერილნატეხოვან გრუნტებად. თითოეული მათგანის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები თვალსაჩინოდ განსხვავდება ერთმანეთისაგან. კრასნოიარსკის ჰეს-ის კაშხლის უბნის მონოლითური გრანიტების დროებითი წინაღობა კუმშვაზე საშუალოდ 1080 — 1137 კგ/სმ² შეადგენს, ხოლო მათი გამოფიტული, კაოლინიზირებული სახესხვაობების — 401—834 კგ/სმ². ენგურის თალოვანი კაშხლის რაიონში კირქვების სიმტკიცე 800-დან 1200 კგ/სმ² ფარგლებში ცვალებადობს.

კლდოვანი ქანების სრული საინჟინრო-გეოლოგიური დახასიათებისათვის აუცილებელია მათი როგორც მონოლითური, ასევე შეცვლილი სახესხვაობების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ცოდნა. ცალკეული ქანის თვისებების შესწავლა სავსე პირობებში ან ლაბორატორიაში საშუალებას იძლევა განისაზღვროს სახეცვლის ამა თუ იმ პროცესის გავლენა მათ საწყის მდგომარეობაზე.

XXII.1 ცხრილში მოცემულია კლდოვანი ქანების ძირითადი სახესხვაობების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების საშუალო მაჩვენებლები (ვ. ლომთაძის მიხედვით).

ცხრილი XXII.1

ქანები	კუთონი წონა, გ/სმ ³	მოცულობითი წონა, გ/სმ ³	ფორანობა, %	დროებითი წინაღობა კუმშვაზე, კგ/სმ ²	წინაღობა, კგ/სმ ²		
					ხუნებაზე	კიშვებაზე	ღუნებაზე
გრანიტი	2,67—2,72	2,55—2,65	0,06—2,0	1000—2300	600—800	40—55	100—240
სიენიტი	2,65—2,70	2,60—2,65	0,1—3,5	1000—2000	—	35—50	40—200
დოლორეტი	2,70—2,92	2,67—2,90	0,1—3,5	1100—2600	—	45—60	—
გაბრო	2,87—3,10	2,85—3,05	0,02—1,5	1000—3000	—	50—60	180—260
კვარციტი	2,74—3,05	2,61—2,81	4,8—8,3	1600—4000	400—1600	40—65	130—230
გნეისი	2,67—2,72	2,62—2,70	—	800—2200	400—1600	40—50	60—120
ანდეზიტი	—	2,30—2,60	—	300—1500	—	—	—
ლიაბაზი	2,79—3,05	2,74—3,00	0,08—4,5	1100—3300	650—2300	50	—
ბაზალტი	2,82—2,95	2,46—2,67	3,0—6,0	800—2400	—	—	—
მტკიცე კირქვა	2,70—2,71	2,63—2,70	5,0—13,7	600—2000	100—1300	50	50—200
მტკიცე ქვიშაქვა	2,69—2,74	2,64—2,70	1,6—10,0	500—1800	200—750	20—60	15—215

როგორც ცხრილიდან ჩანს, კლდოვან ქანებს მაღალი სიმტკიცის მაჩვენებლები აქვთ. კლდოვან ქანებს იმ ქანებს აკუთვნებენ, რომელთა სიმტკიცის ზღვარი ერთლერძა შეკუმშვაზე წყალგაჭერებულ მდგომარეობაში 50 კგ/სმ² აღემატება.

ყველაზე მაღალი სიმტკიცით მაგმური ქანებიდან ხასიათდება: გაბრო (3000 კგ/სმ²-მდე), დიაბაზი (3300 კგ/სმ²-მდე), მეტამორფული ქანებიდან — კვარციტი (4000 კგ/სმ²-მდე).

კლდოვანი ქანების მაღალი სიმტკიცის თვისებებს ხსნიან მათ სტრუქტურებში კრისტალიზაციური კავშირების არსებობით, რომლებიც წარმოიქმნებიან მაგმის დაკრისტალების ან მეტამორფიზმის პროცესში. კლდოვანი ქანების ასეთი მაღალი სიმტკიცის თვისებები პრაქტიკულად სრულიად უზრუნველყოფს მათზე ნებისმიერი მასშტაბის და ტიპის ნაგებობათა მშენებლობას.

XXII.2. ნახევრად კლდოვანი ქანები

ნახევრად კლდოვანი ქანები განსხვავდებიან კლდოვანი ქანებისაგან ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების უფრო დაბალი მაჩვენებლებით, რაც მათი შედგენილობის, აღნაგობისა და ფიზიკური მდგომარეობის (ნაპრალიანობის, გამოფიტვის) თავისებურებებიდან გამომდინარეობს. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება: 1. მაგმური, მეტამორფული და დანალექი მტკიცედ შეცემენტებული, მაგრამ დანაპრალიანებული და გამოფიტული ქანები; 2. ნამტვრევი ქანები საშუალო სიმაგრის ცემენტი; 3. მყარ ქანად ქცეული ნალექები; 4. ორგანოგენული ქიმიური ქანები; 5. პიროკლასტური და ეფუზიურ-დანალექი შეცემენტებული ქანები. ეს ქანები საკმაოდ მდგრადია. მათი სიმტკიცის ზღვარი ერთლერძა შეკუმშვაზე წყალგაჭერებულ მდგომარეობაში 50 კგ/სმ²-მდე აღწევს. ბუნებრივი ტენიანობის პირობებში შეიძლება მიიღწიოს 500 კგ/სმ²-მდე, გამოფიტულ, ნაპრალოვან და დაკარსტულ სახესხვაობებში კი მცირდება 5—25 კგ/სმ²-მდე.

ისევე როგორც კლდოვანი ქანებისათვის, ნახევრად კლდოვანი ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური შეფასებისათვის არსებითია წოლის პირობების, ნაპრალიანობის და გამოფიტვის ხარისხის შესწავლა.

სიმტკიცის ზღვარი წარმოადგენს ამ ქანების ძირითად სამშენებლო მახასიათებელს, მაგრამ ზოგჯერ აუცილებელია აგრეთვე შემკვრივების კოეფიციენტის ან დეფორმაციის მოდულის და ძვრის წინალობის განსაზღვრა. ამ დროს გასათვალისწინებელია, რომ ძვრის პარამეტრების μ და c ფიზიკური არსი ნაპრალოვანი ნახევრად კლდოვანი ქანებისათვის სხვაა, ვიდრე თიხოვანი ქანებისათვის. ხახუნის ძალა განისაზღვრება

ამ ქანების ნაპრალების ზედაპირების გასწვრივ, ხოლო შექიდულობა შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც ქანის ცალკეული ბლოკის თავის ბუდადან ამოვდება — ამობრუნების წინალობა.

ნახევრად კლდოვანი ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს ძირითადად განსაზღვრავს მათი გარე ფაქტორების ზემოქმედების შედეგად სახეცვლის ხარისხი, ამიტომ საინჟინრო-გეოლოგიურ პრაქტიკაში ამ ქანების ყველაზე საიმედო პარამეტრების მისაღებად მეტწილად ეყრდნობიან ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების სავსე განსაზღვრის მეთოდებს. მაგალითად, ბრატსკის ჰიდროელექტროსადგურის რაიონში გავრცელებული დანაპრალიანებული დიაბაზების სავსე პირობებში განსაზღვრული დეფორმაციის მოდული ექვსჯერ ნაკლები აღმოჩნდა, ვიდრე ლაბორატორიული წესით წინაშეის გამოცდის დროს მიღებული.

ნახევრად კლდოვანი ქანები, უკუმშვადი კლდოვანი ქანებისაგან განსხვავებით, წნევის ჩვეულებრივი სიდიდებით ზემოქმედებისას პლასტიკური კონსოლიდაციის უნარს ამჟღავნებენ. ზოგიერთი გრუნტი შენობისა და ნაგებობის საძირკველში მკვრივდება (მერგელები, კაჟიანი ფიქლები და სხვ.). მნიშვნელოვანია მათი წყალთან ურთიერთქმედების ხასიათი. ზოგი ქანი წყალში იხსნება, ზოგი კი მხოლოდ რბილდება. განსაკუთრებით ძლიერ რბილდება თიხოვანი მინერალების შემცველი გრუნტები, აგრეთვე ანჰიდრიტი, რომელიც წყლის ზეგავლენით გადადის თაბაშირში და ამასთან ამ პროცესს თან სდევს ბურცვა და შექიდულობის შიგა ძალების შესუსტება. დარბილების შემდეგ გრუნტების ამტანუნარიანობა კლებულობს და შესაბამისად მცირდება გარე ფაქტორების ზემოქმედებისადმი წინალობის უნარი. ქანების დარბილების ხარისხის რაოდენობრივი შეფასებისათვის ერთმანეთს უფარდებენ წყალგაჯერებულ და ბუნებრივი ტენიანობის ქანის სიმტკიცის ზღვრის მაჩვენებლებს კუმშვაზე. თუ ეს ფარდობა, რომელიც დარბილების კოეფიციენტის სახელწოდებით არის ცნობილი, 0,9-ზე მეტია, ქანებს არ აქვს დარბილების უნარი; თუ ფარდობა 0,90-დან 0,75-მდე მერყეობს, მაშინ ქანებს აქვს დარბილების საშუალო ხარისხი, ხოლო 0,75-ზე დაბალი მაჩვენებელი ძლიერ დარბილებადი ქანებისთვისაა დამახასიათებელი.

ნახევრად კლდოვანი ქანების ზოგიერთი წარმომადგენლის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მაჩვენებლები მოყვანილია XXII.2 ცხრილში.

ქ ა ნ ე ბ ი	კუთრი წონა, გ/სმ ³	მოცულობითი წონა, გ/სმ ³	ფორიანობა, %	ღრობითი წი- ნალობა კუმუ- ლურად, R კუმ. კგ/სმ ²
სუსტი ქვიშაქვა	2,62—2,74	2,68—2,31	16,0—26,0	15—500
სუსტი კირქვა	2,40—2,60	1,80—2,30	10,0—22,0	70—500
სუსტი დოლომიტი	2,28—2,74	1,90—2,40	—	60—150
მერგული	2,65—2,80	2,20—2,60	—	5—100
ცარცი	2,63—2,73	1,30—1,40	—	5—150
არგილიტი	2,63—2,86	2,30—2,60	—	5—500
ლიტომიტი	—	0,4—0,9	—	5—100
ქვანახშირი	1,25—1,75	1,20—1,62	—	5—70
ვულკანური ტუფი	2,71—2,84	—	—	10—300
ტუფოვანური ქანები	2,65—2,79	2,49—2,54	—	10—600

ნახევრად კლდოვანი ქანების წყალშედლწევადობა, კლდოვანთან შედარებით, მაღალია. იგი გააზირობებულა ფორიანობით, უფრო მეტად მეორეული ნაპრალიანობით და კავერნების არსებობით. ზოგიერთ ქანში ფორების, ნაპრალეებისა და კავერნების რაოდენობა მისი მოცულობის 70—80% შეადგენს. განსაკუთრებით მაღალი წყალშედლწევადობით ხასიათდება დიდი ზომის ნაპრალეებისა და კარსტული საცარიელებების მქონე ქანები, რომელთა ფილტრაციის კოეფიციენტი ზოგჯერ აღემატება 100 მ/დღე-ღამეში.

ნახევრად კლდოვანი ქანები ხშირად არიან სხვადასხვა დანიშნულების ნაგებობათა ფუძის გრუნტები. მათზე დასაშვები დატვირთვები 5—15 კგ/სმ² ცვალებადობს, მაგრამ თითოეულ კონკრეტულ შემთხვევაში საჭიროა ამ გრუნტების ზედმიწევნით დაკვირვებული საინჟინრო-გეოლოგიური შესწავლა, ვინაიდან გარეგანი პროცესების ზეგავლენით ისინი ზოგჯერ იმდენად არიან სახეშეცვლილი, რომ იწვევენ მთელ რიგ გართულებებს, როგორც მშენებლობის, ასევე ექსპლუატაციის პროცესში. ამასთანავე, საყურადღებოა, რომ დანალექი ნახევრად კლდოვანი ქანები ანიზოტროპულობით ხასიათდებიან: ფიქლებრიობისა და შრეებრიობის გასწვრივ მათი სიმტკიცე შემცირებულია. ეს მხედველობაში უნდა იყოს მიღებული წინასწარი გამოკვლევის პროცესში

და განსაკუთრებით ფუძის გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების პარამეტრების განსაზღვრისა და შერჩევის დროს.

XXII.3. ფხვიერი შეუკავშირებალი ქანები

ფხვიერ შეუკავშირებელ ქანებში გაერთიანებულია დანალექი, უხეშ-დისპერსიული, ნამტვრევი წარმონაქმნების დიდი ჯგუფი. მათი განმასხვავებელი თვისებაა სიფხვიერე, ე. ი. შემადგენელ ნაწილაკებს შორის კავშირის არარსებობა. ისინი წარმოდგენილი არიან სხვადასხვა მარცვლოვანი ქვიშებით, ხრეშოვან-ლორლოვანი წარმონაქმნებით, რიყის ქვებით და ლოდებით, ე. ი. უმთავრესად ქანების მექანიკურად დაშლის პროდუქტებით, რომლებიც შემდგომ ზღვის ფსკერზე ან კონტინენტზე დალექვის დროს დახარისხდება.

ფხვიერი შეუკავშირებელი ქანების ჯგუფში ასხვავებენ: მსხვილნატეხოვან და ქვიშიან ქანებს. მათი მინერალური და პეტროგრაფიული შედგენილობა განისაზღვრება იმ საწყისი ქანების შედგენილობით, რომელთაგანაც ისინი წარმოიქმნენ. მათი თვისებები და დეფორმაციებისადმი მიდრეკილება დამოკიდებულია უმთავრესად შემადგენელი მარცვლების და ნატეხების ურთიერთგანლაგების სიმჭიდროვეზე, აგრეთვე გრანულომეტრიულ შედგენილობაზე. არჩევენ მარცვლების ფხვიერ, საშუალო სიმჭიდროვისა და მჭიდრო წყობას. მსხვილნატეხოვან ქანებში ყველაზე მეტ სიმტკიცეს ის სახესხვაობები ავლენენ, რომელთა ნატეხებს შორის შუალედები უფრო წვრილმარცვლოვანი მასალით არის შევსებული.

დატვირთვის ქვეშ მსხვილნატეხოვანი ქანები პრაქტიკულად არ შემჭიდროვდება. მათთვის დამახასიათებელია განსაკუთრებით მაღალი წყალშედწევადობა. წყალგაჭერებულ მდგომარეობაში ისინი სეისმურ ბეგავლენას სუსტად ეწინააღმდეგებიან.

ფხვიერი, შეუკავშირებელი ქანების ჯგუფში მნიშვნელოვანი ადგილი უკირავს ქვიშიან ქანებს. გატენიანებული ქვიშები ერთგვარად შეკავშირებულია და მეტი სიმკვრივით ხასიათდებიან. მათი სიმკვრივე განისაზღვრება სიმკვრივის ხარისხით, რომელიც გამოითვლება ფორმულით

$$D = \frac{\varepsilon_{\max} - \varepsilon_0}{\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}}$$

სადაც ε_{\max} , ε_{\min} , ε_0 ქვიშის ფორიანობის კოეფიციენტებია, შესაბამისად, ყველაზე ფხვიერ, მკვრივ და ბუნებრივ მდგომარეობაში. თუ D სიდიდე 0-დან 0,33-მდეა, გვაქვს ფხვიერი ქვიშები, 0,33-დან

0,66-მდე — საშუალო სიმკვრივის, ხოლო 0,66-დან 1-მდე — მკვრივი.

ქვიშიანი ქანები საშუალო და მაღალი წყალშედწევადობით ხასიათდება. კაპილარული აწვევის სიმაღლე წვრილმარცვლოვან ქვიშებში 0,9—1,0 მ-ია, საშუალომარცვლოვანში—0,4—0,5 მ, მსხვილმარცვლოვანში — 0,1—0,2 მ.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ქვიშები საფუძვლის გრუნტებია, მათში წნევა უშუალოდ ნაწილაკიდან ნაწილაკზე გადადის შეხების წერტილებში. ფხვიერი ქვიშები ადვილად მკვრივდება ვიბრაციული ზემოქმედებით ან წყლის ფილტრაციით. ქვიშებისათვის დამახასიათებელია წნევის ზეგავლენით უმნიშვნელო შემკვრივება. საკმარისია აღინიშნოს, რომ ამ შემთხვევაში მათი ფორიანობა მხოლოდ 1—2% მცირდება. შემკვრივების ინტენსიურობა თითქმის არ არის დამოკიდებული ტენიანობაზე. ყველაზე მტკიცე ქვიშებში სჭარბობს მაგარი, ქიმიურად მდგრადი მინერალები (კვარცი, ზოგიერთი მინდვრის შპატი და სხვა). მკვრივი ქვიშები საკმაოდ საიმედო საფუძველს წარმოადგენენ სხვადასხვა საინჟინრო ნაგებობისათვის.

XXII.4. რბილი შეკავშირებული თიხოვანი ქანები

რბილი შეკავშირებული ქანების ჯგუფში შემავალი თიხები, თიხნარები და ქვიშნარები მეტად საყურადღებო საინჟინრო-გეოლოგიური წარმონაქმნებია, რომლებთანაც დაკავშირებულია როგორც თანამედროვე ფიზიკურ-გეოლოგიური პროცესების მნიშვნელოვანი ნაწილი, ასევე მშენებლობისა და ნაგებობის ექსპლუატაციის პროცესში წარმოქმნილი გართულებანი.

თიხოვანი ქანები — წვრილდისპერსიული დანალექი ქანების განსაკუთრებული, ვრცელი ჯგუფია. ამ ქანებს გარდამავალი ადგილი უჭირავთ ტიპურ ნატეხოვან და ქიმიური წარმოშობის ქანებს შორის. თიხების უმთავრესი დამახასიათებელი ნიშანთვისებაა წმინდადისპერსიული ნაწილაკების (0,002 მმ-ზე ნაკლები დიამეტრის) მნიშვნელოვანი რაოდენობით შემცველობა, რომელთა ძირითად ნაწილს შეადგენს თიხოვანი მინერალები. სწორედ ეს გარემოება განსაზღვრავს თიხოვანი ქანის სპეციფიკურ, სხვა ქანებისაგან განსხვავებულ თვისებებს.

თიხოვან ქანებში არჩევენ საკუთრივ თიხებს და მრავალფეროვან თიხოვანი შედგენილობის ქანებს. თიხებს საინჟინრო-გეოლოგიურ პრაქტიკაში უწოდებენ წვრილდისპერსიულ დანალექ ქანებს, რომლებშიც 0,002 მმ-ზე ნაკლები დიამეტრის ნაწილაკები საერთო მასის 30%-ზე მეტს შეადგენს. მათ გააჩნიათ პლასტიკურობა და ნაწილაკების შეკავშირების მაღალი ხარისხი, როგორც ბუნებრივი ტენიანობის პირობებში, ასევე ხელოვნური გატენიანების დროს. გამოშრობის შემდეგ ისინი

თავდაპირველ ფორმას ინარჩუნებენ. თიხნარებსა და ქვიშნარებს საკუთრივ თიხების ზოგიერთი თვისება გააჩნიათ, მაგრამ განსხვავდებიან ნათვან მინარევების შემცველობით (უხეშდისპერსიული მასალა, კარბონატული ნივთიერება და სხვა), აგრეთვე შემკვრივების ხარისხით, ფიზიკურ-ქიმიური ცვალებადობის ხასიათით, მარილების შემცველობით და ნაწილობრივ ტექსტურით.

თიხოვანი ქანების განსაკუთრებულ თვისებებს ძირითადად განსაზღვრავს ამ ქანებში თიხოვანი მინერალების შემცველობა, რომელთაც დიდი ზედრიითი ზედაპირი აქვთ. ამ მიზეზით თიხოვან ნაწილას შეუძლია თავისი ზედაპირის გარშემო შეაკავოს აკური წყლის საკმაოდ სქელი ფენა. ეს არის ე. წ. მტკიცედ შეკავშირებული წყალი, რომელშიც მთავარ როლს ასრულებს ათასეული კგ/სმ² სიდიდის მოლეკულური ძალები. მინერალური ნაწილაკების ურთიერთკავშირი წყლის სხვადასხვა სიდიდის აკების საშუალებით განაპირობებს ამ ქანების შეკავშირებულობას და პლასტიკურობას. თიხოვანი ქანების მექანიკური სიმტკიცის საფუძველია მინერალურ ნაწილაკებს შორის არსებული კავშირის ძალები, რომლებიც განსაზღვრავენ ე. წ. პირველად შექმნილ უღობაჲს. ეს კავშირები წარმოიშობა თიხოვანი ნალექის ქანად გადაქცევის საწყის ეტაპზე და იზრდება ქანის სიმკვრივის ზრდის შესაბამისად. შემდგომ სტადიებზე თიხებში ჩნდება შეცემენტების კავშირები და მათი შესაბამისი შემტკიცებვის შექმნილ უღობაჲს. შეცემენტების კავშირების შემდგომი გაძლიერება იწვევს მაღალდისპერსიული თიხოვანი ქანების გარდაქმნას თიხა-ფიქლებად, არგილიტებად და ა. შ.

თიხოვანი ქანების თვისებები დიდად არის დამოკიდებული მათ ტენიანობაზე. თუ წყლის შემცველობა ქანში არ აღემატება მტკიცდებულ წყლის რაოდენობას, ქანს მყარი სხეულის თვისებები გააჩნია. წყლის აკების სისქის მატებისა და ბმის ძალების შესუსტებისას ქანში ჩნდება პლასტიკურობის თვისებები, ხოლო იმ შემთხვევაში, როცა თიხოვანი ქანის ფორებში მოექცევა თავისუფალი გრავიტაციული წყალი, ქანი დენად მდგომარეობაში გადადის.

მნიშვნელოვანი როლი ეკუთვნის აგრეთვე თიხოვანი ქანების მინერალურ შედგენილობას. მტვროვანი და უფრო დიდი ზომის ნაწილაკები უმეტესად წარმოდგენილია კვარცით, მინდვრის შპატებით და წყლისადმი სხვა ინერტული მინერალებით. თიხების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების რაგვარობაზე არსებითი გავლენა აქვს თიხოვან მინერალებს, განსაკუთრებით მონტმორილონიტის ჯგუფის მინერალებს, რომლებიც აქტიურად ურთიერთქმედებენ წყალთან. ეს მინერალები გამოიჩინებენ კრისტალურ მესერში ცალკეული შრეებრივი დასტების სიმეტრიული განლაგებით. ამასთანავე, მომიჯნავე დასტები აგებულია

ერთნაირი ნიშნის ქანგბადის ატომებით, რომლებიც ერთმანეთს განიზიდავენ და ამით ხელს უწყობენ დასტებს შორის წყლის ადვილად შეღწევას. ამით აიხსნება მონტმორილონიტიანი თიხების უნარი — მოიმატოს მოცულობაში ტენიანობის გაზრდისას, — ე.წ. გაჯირკვება. მიწერალურ შედგენილობასთან ერთად თიხოვანი ქანების თვისებებზე ფავლენას ახდენს მათში არსებული გაცვლითი კათიონების შედგენილობა. მაგალითად, ნატრიუმის კათიონის არსებობა ზრდის თიხების ჰიდროფილურობას, გაჯირკვებას, წებვადობას, კალციუმის კათიონი კი, პირიქით — ამცირებს ამ თვისებებს.

თიხოვანი ქანები მათში შემავალი დისპერსიული ნაწილაკების დიდი ზვედრითი ზედაპირის გამო მაღალი ფორიანობით გამოირჩევა. ზოგიერთი თიხოვანი ქანის ფორიანობა 70%-მდე აღწევს. მაგრამ ამავე დროს თიხები პრაქტიკულად წყალშეუღწევადია. თიხოვანი ქანების ტენიანობის მკვეთრი შემცირება ხშირად იწვევს შეკლების პროცესს, რომელსაც თან ახლავს ნაპრალების წარმოქმნა. ამავე დროს ქანი მყიფე ხდება. ტენიანობის მატებისას კი, პირიქით, ის გადადის პლასტიკურ მდგომარეობაში.

წარმოშობის მიხედვით თიხოვანი ქანები შეიძლება იყოს ზღვიური და კონტინენტური, ასაკით — მეოთხეულამდელი და მეოთხეული, ხოლო გრანულომეტრიული შედგენილობის მიხედვით არჩევენ თიხებს, თიხნარებსა და ქვიშნარებს. ზღვიური თიხები შემკვრივების უფრო მაღალი ხარისხით გამოირჩევა. ზოგჯერ ისინი ზემდებარე ქანების გრავიტაციული დაწოლის ან მეტამორფიზმის პროცესების ზეგავლენით იმდენადაა სახეშეცვლილი, რომ კლდოვანი ან ნახევრად კლდოვანი ქანების თვისებები აქვთ შექნილი. განსაკუთრებით ეს ითქმის მეოთხეულამდელი ასაკის ზღვიურ თიხებზე. შემკვრივებული თიხები მცირე კუმშვადობით ხასიათდებიან. 15—25 კგ/სმ² დატვირთვებისას ჯდომის მოძული შეადგენს 1—3 მმ/მეტრზე. შიგა ხახუნის კუთხე — 20—25°, თხელშრეებრივ თიხებში იგი შეიძლება 10—15°-მდე შემცირდეს. შეჭიდულობა თიხებში ფართო ინტერვალებში იცვლება — 0,1-დან 3,8 კგ/სმ²-მდე. მაღალი შეჭიდულობის მქონე თიხები წყალში ძნელად იშლება.

მეოთხეული ასაკის თიხები, როგორც ზღვიური, ასევე კონტინენტური, შედარებით უფრო ნაკლებადაა შემკვრივებული. ხასიათდებიან მაღალი ფორიანობით, 50—70%-მდე, კუმშვადობით (ჯდომის მოძული 100 მმ/მ-ზე და უფრო მეტიც) და პლასტიკურობით.

თიხნარები კონტინენტური წარმოშობის ისეთ თიხოვან ქანებს ეწოდება, რომლებშიც თიხოვანი ნაწილაკები (ზომით 0,002 მმ-ზე ნაკლები) საერთო მასის 10—30% შეადგენს. თიხნარები ხასიათდება სუსტი წყალშეღწევადობით, აქვთ მაღალი ტენტევალობა, პლასტიკურობის

რიცხვი 17-დან 7-მდეა. მყინვარული წარმოშობის თიხნარებს აქვთ მა-
ლალი სიმტკიცე, ჯდომის მოდული 4-დან 25 მმ/მეტრზე, შიგა ხაზუნის
კუთხე 23—26°, შეკიღელობა 0,4—0,6 კგ/სმ².

ქვიშნარებში თიხოვანი ნაწილაკების პროცენტული შემცველობა
3-დან 10-მდეა. ეს ქანები ხასიათდება მცირე წყალშედწვეადობით, და-
ბალი ტენტიუვადობით. პლასტიკურობის რიცხვი 7-ზე ნაკლებია. ისინი
ფხვიერ ქვიშიან ქანებში გარდამავალ ქანებს წარმოადგენენ.

რბალ შეკავშირებულ ქანებს ეკუთვნის ლიოსებიც, რომლებიც
მტვროვანი (ალევიტული) წარმონაქმნებია: მათში 0,05-დან 0,005-
მდე ზომის ნაწილაკების რაოდენობა 50%-ზე მეტია. ლიოსები და
ლიოსისმაგვარი ქანები კონტინენტურ პირობებშია წარმოშობილი.
ახასიათებთ მაღალი ფორიანობა, ერთგვაროვნობა, წყალშედწვეა-
დობა, ადვილად ირეცხებიან წყლის ნაქადის მიერ. ჭარბი ტენიანობა
მკვეთრად ამცირებს მათ მექანიკურ თვისებებს. ლიოსების დამახასია-
თებელი თვისებებია ჯდომადობა, გამოწვეული დასველების შედეგად
პირველადი სტრუქტურის დაშლით.

თანამედროვე პირობებში ზღვებისა და სხვა წყალსატევების
ფსკერზე დალექილი ლაქები შედგენილობით თიხოვანი ქანების ანალო-
გიურია, მაგრამ ხასიათებიან მაღალი ფორიანობით, სუსტი სტრუქ-
ტურული კავშირებით და მეტად დიდი კუმშვადობით.

საერთოდ, თიხები და თიხოვანი ქანები ხშირად გვევლინება ნაგე-
ბობის ფუძის გრუნტებად. მათზე განლაგებულია მრავალი საინჟინ-
რო ნაგებობა, საცხოვრებელი და სხვა დანიშნულების შენობა. ამ
გრუნტების ძირითადი ნიშანთვისებებია წნევის ზეგავლენით მნიშვნე-
ლოვანი შეკუმშვის უნარი და დროში ფიზიკურ-მექანიკური თვისე-
ბების ცვალებადობა. თიხოვან ქანებზე განლაგებული ნაგებობა ზოგ-
ჯერ ჯდება. ეს პროცესი ხანგრძლივია და შეიძლება მიმდინარეობდეს
თვეების და წლების განმავლობაში. თიხოვანი ქანების შეკუმშვა მათი
საერთო ფორიანობის შემცირების ხარჯზე ხდება. ნაგებობის საფუძ-
ველში ერთგვაროვანი თიხოვანი გრუნტის განლაგების შემთხვევაში
ჯდომა თანაბარია და დეფორმაციის საშიშროებას არ ქმნის.

XXII.5. განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობისა და თვისებების ქანები (ნიადაგი, ნაჰარი გრუნტი)

ნ ი ა დ ა გ ი დედამიწის ზედაპირული ფხვიერი ფენაა. შედგენი-
ლობითა და თვისებებით იგი თვალსაჩინოდ განსხვავდება წარმოშობი
ქანებისაგან, რომლებზედაც არის განლაგებული. ჰაერი, წყალი და ბი-
ოლოგიური გარემო იწვევს ქანების გამოფიტვას და შემდგომ ნიადა-
გად გარდაქმნას. ნიადაგებში კლიმატური ზონალობა შეიმჩნევა და

ამიტომ კლიმატი ნიადაგწარმოქმნის ერთ-ერთ არსებით ფაქტორად არის მიჩნეული. გარდა ამისა, ნიადაგის ფორმირებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ: დედა ქანის შედგენილობა, რელიეფი და მისი ასაკი, მცენარეული და ცხოველური სამყარო. ნიადაგს ნაყოფიერება გააჩნია და ამით განსხვავდება ყველა ზემოაღწერილი ქანისაგან. ნიადაგის შედგენილობაში შედის მეორეული თიხოვანი მინერალები, რომლებიც წერილნამსხვრევ და ხშირად კოლოიდურ მდგომარეობაში იმყოფებიან, აგრეთვე ორგანული ნაშთების დაშლის და სახეცვლის პროდუქტები. მათ შორის მთავარ როლს ასრულებს ჰუმუსი და ჰუმუსური ნივთიერება, რომელიც განსაზღვრავს ნიადაგის ნაყოფიერების ხარისხს. მინერალური შედგენილობის მიხედვით ნიადაგი შეიძლება იყოს ქვიშიანი, ქვიშნარიანი, თიხნარიანი და თიხიანი. ნიადაგს უმეტესად აქვს სუსტი მექანიკური თვისებები. ზოგადად ეს თვისებები დამოკიდებულია მინერალური და ორგანული ნაწილების ხარისხობრივ და რაოდენობრივ შემცველობაზე.

მშენებლობისათვის შედარებით ხელსაყრელი თვისებები აქვს ტყის ზონაში გავრცელებულ ეწეროვან და კორდოვან-ეწეროვან ნიადაგს. წაბლა ნიადაგი წყლით ადვილად ღებება და როგორც ნაგებობის საფუძველი — არახელსაყრელია. ტუნდრის ნიადაგს, აგრეთვე შავმიწა და რუხ ნიადაგს არადამაკმაყოფილებელი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები აქვს. ყველა ისინი რბილდება წყლის გავლენით, იზურცება, გაშრობისას კი იკლებს მოცულობაში. ამასთანავე, ზოგჯერ შეიცავს წყალში ხსნადი მარილების მნიშვნელოვან რაოდენობას.

ჰაობიან ტერიტორიებზე ფართოდაა გავრცელებული ტორფი. ტორფი თანამედროვე წარმონაქმნია, რომელიც შედგება ნაწილობრივ გახრწნილი მცენარეული ნარჩენებისაგან, ჰუმუსის და მინერალური ნივთიერებებისაგან. ტორფის მაღალი ფორიანობა და მცირე სიმტკიცე განაპირობებს მის დიდ კუმშვადობას. ყველაზე მკვრივი — ტყის ტორფის ფორიანობა 80—90%—ია, სრული ტენტევალობა 60—70%, ხოლო ჯდომადობის მოდული 40—80 მმ/მეტრზე. ტორფის შეჭიდულობა ცვალებადობს 0,08—დან 0,11 კგ/სმ²—მდე. წყლით მთლიანად გაჯერებული ტორფის ამტანუნარიანობა პრაქტიკულად ნულის ტოლია.

ნაყარი გრუნტის წარმოქმნა ადამიანის სამეურნეო საქმიანობასთან არის დაკავშირებული (დამბები, ყრილები, გრუნტის ბალიშები და სხვა). სამთამაღრო მრეწველობაში, მაგალითად, ნაყარი გრუნტია ფუჭი ქანის ნაყარი, ქალაქის ფარგლებში — საყოფაცხოვრებო და სამშენებლო ნაგვის დანაგროვები და ა. შ.

სამშენებლო ყრილების თვისებებს წინასწარ შეარჩევენ. მათთვის აუცილებელია განსაზღვრული სიმკვრივე, ტენიანობა, შედგენილობის ერთგვაროვნება. ასეთი საშუალებით ზოგჯერ ქმნიან ხელოვნურ სა-

ძირკველს, რომლისთვისაც გამოიყენება, მაგალითად, შემკვრივებული თიხნარი ან მონალექი ქვიშის ფენა. ქვიშის ხელოვნური დალექი: ხდება პიდრაავლიკური ხერხით, რაც უზრუნველყოფს მის მაღალ სიმკვრივეს. რაც შეეხება ქაოტურად დანაგროვებ გრუნტებს, ისინი განიორჩევიან განსაკუთრებული არაერთგვაროვნობით, შედგენილობის სიკრელით, განსხვავებული სიმკვრივით, წყალგაჭერებით, მაღალი კუმშვადობით და საერთოდ ყველა იმ თვისებით, რომლებიც მათ სამშენებლო თვალსაზრისით სრულიად უვარგისს ხდის. ძველი ქალაქების ტერიტორიებზე ფართოდაა გავრცელებული ე. წ. „კულტურული ფენა“. მისი წარმოქმნა დაკავშირებულია მშენებლობის დროს ჩატარებულ მიწის სამუშაოებთან, ტერიტორიის კეთილმოწყობისას სამშენებლო ნარჩენების დაგროვებასთან, სხვადასხვა ადგილებში საყოფაცხოვრებო ნაგვის დაყრასთან და ა. შ. „კულტურული ფენის“ სისქე ზოგჯერ საკმაოდ მნიშვნელოვანია, მაგალითად, მოსკოვში, თბილისში, კიევში, ნოვგოროდში იგი ათეულ მეტრებს აღწევს. „კულტურული ფენის“ გრუნტი არაერთგვაროვანია, აქვს განსხვავებული სიმკვრივე, წყალგაჭერება. მისი გავრცელების ფარგლებში ხშირად აუცილებელია მშენებლობის ჩატარება, მაგრამ წინასწარ საჭიროა გულდასმით იქნეს გამოკვლეული ამ ფენის გავრცელება, შედგენილობა და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, რათა შეიჩრჩეს ნაგებობის საძირკველის ტიპი, წინასწარ ჩატარდეს ღონისძიებანი, რომლებიც უზრუნველყოფენ შენობის მდგრადობას მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პროცესში.

XXIII თავი

ქანების თვისებების ხელოვნურად გაუმჯობესების მეთოდები

ბუნებაში ქანებს სხვადასხვა ფაქტორების ზეგავლენით ხშირად დაქვეითებული აქვთ სიმტკიცისა და მდგრადობის თვისებები, რაც ამცირებს მათ სამშენებლო მიზნებისათვის გამოყენების შესაძლებლობას. ასეთ შემთხვევაში მიმართავენ ქანების ტექნიკურ მელიორაციას, რაც გულისხმობს სხვადასხვა სახის საინჟინრო ღონისძიებათა განხორციელებას ქანების თვისებების გაუმჯობესების მიზნით. ეს ღონისძიებანი საშუალებას გვაძლევს საჭირო მიმართულებით შევცვალოთ ქანების თვისებები, რაც გამოისახება მათი სიმკვრივის, მონოლითურობის, სიმტკიცის, მდგრადობის გაზრდასა და წყალშეღწევადაობის და დეფორმაციის უნარის შემცირებაში.

ტექნიკური მელიორაცია სულ უფრო ფართოდ ინერგება სახალხო მეურნეობაში, განსაკუთრებით სამრეწველო და სამოქალაქო მშენებლობაში; ამასთანავე, სრულყოფილი ხდება ხერხები და მეთოდები, რომლებიც გამოიყენება ქანების თვისებების გასაუმჯობესებლად.

კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების სამშენებლო თვისებებს მკვეთრად აქვეითებს ნაპრალოვნება, კარსტულობა და გამოფიტვა, ამიტომ ამ ქანებში ტექნიკური მელიორაციის ღონისძიებანი მიმართულია, პირველ რიგში, მათი მონოლითურობის აღდგენისაკენ, რაც განაპირობებს სიმტკიცისა და მდგრადობის გაზრდას, წყალშედწველობის შემცირებას. ამ მეთოდებიდან აღსანიშნავია: დაცემენტება, თიხისა და ბიტუმის ჩაჭირხენა და გაყინვა (ეს უკანასკნელი გამოიყენება ქანების თვისებების დროებითი გაუმჯობესებისათვის სამშენებლო სამუშაოთა წარმოების პერიოდში).

დაცემენტების დროს ქანებში, სპეციალურად ამ მიზნისათვის გაბურღული ჭაბურღილების საშუალებით, ჩაჭირხნიან ცემენტის ხსნარს, რომელიც შეაღწევს ნაპრალებში და სიცარიელებში, მკვრივდება და ქანს მონოლითურს ხდის, ამასთანავე მნიშვნელოვნად ამცირებს მის ფილტრაციულ უნარს. ამ მეთოდს ფართოდ იყენებენ, მაგალითად, ენგურის თაღოვანი კაშხლის მშენებლობის უბანზე, კირქვებსა და დოლომიტებში, რომლებიც ხშირი ნაპრალიანობით გამოირჩევიან. იგივე პრინციპი უდევს საფუძვლად თიხისა და ბიტუმის გამოყენებას, ოღონდ იმ განსხვავებით, რომ ჩაჭირხნული თიხა და ბიტუმი ამცირებს ქანების წყალშედწველობას, სიმტკიცის თვისებებზე კი რაიმე არსებით გავლენას არ ახდენს. თიხის ხსნარს ჭირხნავენ 20—30 ატმოსფეროს წნევის ქვეშ. ჩაჭირხნის მაღალი წნევის გამო წყალი გამოიწურება და თიხა მტკიცედ იწინებება ნაპრალებში. ბიტუმი ცხელ მდგომარეობაში (150—180°) იჭირხნება. მისი გავრცელების რადიუსი ნაპრალოვან ქანებში 1 მ-ს არ აღემატება, ამიტომ ჩასაჭირხნ ქაბურღილებს შორის მანძილი მცირე უნდა იყოს.

ხელოვნურ გაყინვას მიმართავენ სამშენებლო ან სამთო სამუშაოების დროს, როდესაც საჭიროა ძლიერ წყალუხვი ნაპრალიანი ზონის გავლა, სადაც წყლის შემოჭრა პრაქტიკულად შეუძლებელს ხდის მუშაობის მიმდინარეობას. გარდა ნაპრალოვანი ქანებისა, ეს მეთოდი გამოიყენება არამდგრად წყალშემცველ ფხვიერ — შეუკავშირებელ და რბილ — შეკავშირებულ ქანებშიც. მეთოდის არსი შემდეგში მდგომარეობს: სამშენებლო ქვაბულის ან გვირაბის კონტურის ირგვლივ გავთვ 200—250 მმ დიამეტრის ჭაბურღილები (0,8—1,5 მ ურთიერთდაშორებით) და მათში ათავსებენ სპეციალურ მილებს. ამ მილებში ხდება CaCl_2 , NaCl ან MgCl_2 -ის შედგენილობის ხსნარების ცირკულაცია.

ხსხარებს, რომელთა ტემპერატურა -20°C -ს აღწევს, აცივებენ სპეციალურ სამაცივრო დანადგარებში. გარკვეული ხნის შემდეგ გამოწამუშევრის ირგვლივ შეიქმნება გაყინული, შეკრული კონტური და წყლის მოღინება შეწყდება. ამ მეთოდს ხშირად იყენებენ მოსკოვის მეტროპოლიტენის გვირაბების გაყვანის დროს.

ფხვიერი შეუქავშირებელი ქანების სამშენებლო თვისებების გაუმჯობესებისათვის, გარდა ზემოაღნიშნული მეთოდისა, მიმართავენ მათ დაშრობას, მექანიკურ გამკვრივებას, თიხის ტამპონაჟს და სხვა მეთოდებს.

მშენებლობაში თიხოვანი ქანების არახელსაყრელობის მიზეზი ხშირად არის მათი ჭარბი ტენიანობა, მცირე სიმკვრივე და არამდგრადი კონსისტენცია. ამიტომ მათი ტექნიკური მელიორაციის მიზანია მდგრადობის გაზრდა, ტენიანობის და დეფორმაციის უნარის შემცირება. თიხოვანი ქანების თვისებების გასაუმჯობესებლად გამოიყენება: ელექტროოსმოსური დაშრობა, ელექტროქიმიური გამაგრება, ერთხსნარიანი სილიკატიზაცია, თერმული გამაგრება და სხვა.

ელექტროოსმოსური დაშრობის დროს წყალნაჯერ თიხოვან გრუნტში ათავსებენ ელექტროდებს და ატარებენ მულმივ ელექტროდენს. ამ დროს წყალი იწყებს მოძრაობას კათოდისაკენ, რადგან წყლის მოლეკულებს უმეტესად დადებითი მუხტი გააჩნია. ამ წყალს აცილებენ სპეციალური ტუმბოებით. ანოდთან კი იქმნება გამოშრობის ზონა და ქანი მტკიცე ხდება.

ელექტროქიმიური გამაგრებაც ამავე პრინციპს ემყარება, იმ განსხვავებით, რომ აქ, გარდა ელექტროდენისა, გამაგრების პროცესში მონაწილეობს სხვადასხვა შედგენილობის ქიმიური ხსნარები, რომლებიც შეჰყავთ ანოდის ზონაში სპეციალური ჭაბურღილებით. მათი ქანზე ზემოქმედების და აგრეთვე გაცვლითი და ელექტროლიტური პროცესების საშუალებით ხდება ქანების გამკვრივება, შედუღაბება და სიმტკიცის გაზრდა.

თერმული გამაგრების დროს ქანებს დაამუშავებენ მაღალტემპერატურულ პირობებში, სახელობრ, გამოწვავენ, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის ქანების სიმტკიცეს. ეს მეთოდი უმეტესად გამოიყენება ლიოსებისა და ლიოსური ქანების ჯდომადი თვისებების მოსაცილებლად. გამოწვა ორი ხერხით ხდება. პირველი ხერხის გამოყენებისას სპეციალურ ჭაბურღილში ჩაქირხნიან $600-800^{\circ}\text{C}$ -მდე გახურებულ ჰაერს, ხოლო მეორე ხერხით ჭაბურღილში სწვავენ საწვავს (გაზს, ნავთს, ნახშირს, კოქსს). ჭაბურღილებს შორის მანძილი 2 მეტრს არ უნდა აღემატებოდეს. ზოგჯერ ქანების გამოწვას ახდენენ უკვე აგებული შენობის საძირკველში სუსტი გრუნტების ამტანუნარიანობის გაზრდის მიზნით.

**ბუნებრივი გეოლოგიური და საინჟინრო-გეოლო-
გიური პროცესები**

XXIV თ ა ვ ი

**ბუნებრივი გეოლოგიური და საინჟინრო-გეოლოგიური
პროცესების ურთიერთდაპირისპირება**

როგორც კურსის დასაწყისში აღვნიშნეთ, საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ერთ-ერთი ძირითადი ობიექტია გეოლოგიური პროცესები. ისინი არსებით როლს ასრულებენ დედამიწის რელიეფის ჩამოყალიბებაში და განაპირობებენ იმ გარემოს ხასიათს, რომლითაც ხდება ტერიტორიის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების შეფასება. ისეთი პროცესები, როგორცაა მდინარის ეროზიული მოქმედება, ზღვის აბრაზია, ქანების გამოფიტვა, სელები, მეწყრები, ზვავები, კარსტი, სუფოზია, თანამედროვე ტექტონიკური მოვლენები და სხვა, ძირითადი გეოლოგიური პროცესებია და მათი უმეტესობა გეოლოგიური თვალსაზრისით საკმაოდ სწრაფად მიმდინარეობს. ეს პროცესები ზეგავლენას ახდენენ საინჟინრო ნაგებობებზე და ხშირად განსაზღვრავენ მათ, კონსტრუქციულ თავისებურებებს, განლაგების ადგილს, სამშენებლო სამუშაოთა წარმოების თანმიმდევრობას, ხერხებს და ა. შ.

მშენებლობა, თავის მხრივ, ხშირ შემთხვევაში, იწვევს ბუნებრივი გარემოსათვის დამახასიათებელი წონასწორობის დარღვევას, რაც გამოიხატება ეგრეთწოდებული საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესების განვითარებაში. თანამედროვე გეოლოგიური და საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესების შესწავლა საინჟინრო გეოლოგიის ერთ-ერთი განხრის საინჟინრო გეოდინამიკის ძირითადი ამოცანაა.

XXIV.1 ცხრილში მოცემულია ზოგიერთი თანამედროვე გეოლოგიური პროცესის დაპირისპირება შესაბამისი ტიპის საინჟინრო-გეოლოგიურ პროცესებთან (ი. პოპოვის მიხედვით).

ბუნებრივი გეოლოგიური პროცესები	საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესები
<ol style="list-style-type: none"> 1. ნალექების შემკვრივება დიაგენეზის დროს ზემოთ განლაგებული უფრო გვიანდელი ნალექების სიმინის გავლენით 2. ლოკალური ქანების შემკვრივება ეპიგენეზის დროს „ისტეპური ჭაშების“ წარმოქმნით 3. მინაყინები, ყინულის ბორცვები, თერმოკარსტი და სხვა 4. მეწყურბო, ზევაები, შვავეები 5. ზღეებისა და ტბების სანაპიროების აბრაზია 6. ჩაქცევები კარსტულ სივრცეებში, ზელაპირის დეფორმაციები 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ქანების შემკვრივება ნაგებობის ფუფუნით 2. ჯღომადობა ლიოსებში წყალსადენიდან წყლის გაჟონვის ან არხებიდან ფილტრაციის შედეგად 3. გაყინვასთან დაკავშირებული ქანების დეფორმაციები ნაგებობის საფუძველში და ბურცობები გზებზე 4. ზელოვანი ფერდობების დეფორმაციები 5. წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავება 6. ზელაპირის ძვრები მიწისქვეშა სამუშაოების დროს

თუ მოვახდენთ ბუნებრივი გეოლოგიური პროცესების კლასიფიკაციას მათი წარმოქმნისა და განვითარების ნიშანთვისებების მიხედვით, შეიძლება გამოვყოთ პროცესების ჯგუფები, რომელთა გამომწვევი მიზეზებია:

1. გამოფიტვის ფაქტორების მოქმედება,
2. ზღეებისა და ქარის მოქმედება (აბრაზია, ეოლური პროცესები),
3. მიმდინარე ზედაპირული წყლების მოქმედება (ეროზია, სელები),
4. სიმინის ძალის გამოვლინება (ზევაები, შვავეები, მეწყურბო),
5. ჰიდროდინამიკური წნევა და მიწისქვეშა წყლის ქიმიური ბუნება (სუფოზია, კარსტი),
6. მიწისქვეშა წყლების გაყინვა-გალხობის პროცესში გამოვლინებული ძალები (გაყინვის დეფორმაციები, ბურცობები),
7. ენდოგენური ძალები (სეისმურობა, ტექტონიკური დეფორმაციები).

გეოლოგიური პროცესების შესწავლისას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა დაეთმოს მათი წარმოქმნის მიზეზებს, დროში მიმდინარეობას, რაოდენობრივ შეფასებას, იმ ღონისძიებების შერჩევას, რომლებიც თავიდან აგვაცილებს ამ პროცესების მავნე გავლენას მშენებლობაზე და უზრუნველყოფს ნაგებობათა ნორმალურ ექსპლუატაციას.

ქანების გამოფიტვა

XXV.1. გამოფიტვის პროცესის ზოგადი დახასიათება

გამოფიტვას უწოდებენ ქანების დაშლისა და მათი შედგენილობის შეცვლის პროცესს, რომელიც მიმდინარეობს დედამიწის ზედაპირზე მოქმედი სხვადასხვა ფაქტორების, ანუ გამოფიტვის აგენტების ზემოქმედების შედეგად. გამოფიტვას ძირითადად განაპირობებს: გარე-ჟოს ტემპერატურის მერყეობა, წყლის მექანიკური და ქიმიური ზემოქმედება, ჟანგბადის, ნახშირორჟანგის, მჟავების, ტუტეებისა და სხვა ქიმიური ნაერთების ზემოქმედება, ქარის მოქმედება, ცოცხალი ორგანიზმები და სხვა.

გამოფიტვის პროცესი ბუნებაში მიმდინარეობს ჩვეულებრივად რამდენიმე აგენტის ერთდროული ზემოქმედების პირობებში. მისი ინტენსიურობა დამოკიდებულია ქანების შედგენილობასა და აღნაგობაზე, რელიეფსა და ადგილმდებარეობის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ თავისებურებებზე.

გამოფიტვა ლითოსფეროზე მუდმივად მოქმედი პროცესია. იგი დედამიწის გეოლოგიური განვითარების ისტორიის არსებითი შემადგენელი ნაწილია. გამოფიტვის მთავარი თავისებურება ის არის, რომ მისი გავლენით ლითოსფეროს ზედა ფენები თანდათანობით იშლება, მიმდინარეობს ქანების დანაწევრება, დაქუცმაცება, მათი ქიმიურ-მინერალური შეცვლა, იქმნება რელიეფის ახალი ფორმები და ადგილმდებარეობა მნიშვნელოვნად იცვლის სახეს. გამოფიტვა არსებით როლს ასრულებს დედამიწის გარე დინამიკური ძალების გამოვლინებასთან დაკავშირებულ, — ე. წ. ე გ ზ ო გ ე ნ უ რ პ რ ო ც ე ს ე ბ შ ი, რომლებიც იწვევენ დედამიწის შიგა ანუ ენდოგენური პროცესების შედეგად წარმოქმნილი რელიეფის დადებითი ფორმების თანდათანობით მოსწორება-მოშანდაკებას.

გამოფიტვის პროცესი მოქმედებს არა მარტო ქანებსა და მინერალებზე, არამედ სამშენებლო მასალასა და ნაგებობებზე. ხშირია შემთხვევები, როდესაც ძველ საუკუნეებში აგებული ნაგებობების დეფორმაციის და დანგრევის ძირითადი მიზეზი გამხდარა კედლების მასალის ძლიერი გამოფიტვა.

გამოფიტვის აგენტები ყველაზე ინტენსიურად უშუალოდ დედამიწის ზედაპირზე მოქმედებენ, ამიტომ აქ გამოფიტვა თვალსაჩინოდ გამოვლინდება. სიღრმეში იგი შედარებით შესუსტებულია, ჩალწევის სიღრმე დამოკიდებულია ქანების დაშლა-დანაწევრების ხარისხზე. თუ

ზედაპირზე ქანი ინტენსიურად გამოიფიტა და ეროზიის პროცესების შედეგად გამოფიტვის პროდუქტები გადაირეცხა, მაშინ ეს პროცესი სიღრმეშიც ვრცელდება და თანდათანობით უფრო ღრმა ზონებს მოიცავს. სიღრმით გამოფიტვას განსაკუთრებით უწყობს ხელს ქანებში ტექტონიკური ნაპრალებისა და რღვევის ზოლების არსებობა. აქტიური გამოფიტვის სიღრმე საშუალოდ 5—10 მ-ს არ აღემატება, თუმცა ხშირია შემთხვევები, როცა მისი გავლენა რამდენიმე ათეულ მეტრზეც შეიმჩნევა. შედგენილობით მრავალფეროვანი ქანი უფრო აქტიურად იფიტება. მნიშვნელობა აქვს კრისტალების ზომასაც. დიდი ზომის კრისტალებისა და ნაწილაკებისაგან აგებული ქანის გამოფიტვა უფრო სწრაფად მიმდინარეობს. არსებითია ნაწილაკების შემაკავშირებელი ცემენტის შედგენილობაც. მაგალითად, ქვიშაქვა თიხიანი ცემენტით გაცილებით უფრო ადვილად იფიტება, ვიდრე ქვიშაქვა კირქვიანი ან კაჟიანი ცემენტით.

ქანების გამოფიტვის შედეგად წარმოიშობა ე. წ. გამოფიტვის ქეჩი, რომელიც ფიზიკურად და ქიმიურად სახეცვლილ ქანებს ან მათი დაშლის პროდუქტებს შეიცავს. გამოფიტვისას წარმოიშობილ და ადგილზევე დაჩენილ დანაგროვებს ელუვიონი ეწოდება. ელუვიონი სიღრმეში თანდათანობით გადადის იმ ქანში, რომლისგანაც წარმოიშვა. მასში, გარდა ძირითადი ქანების ნამტვრევებისა, დიდი რაოდენობით გვხვდება გამოფიტვის პროცესში წარმოქმნილი თიხოვანი მასალა. ელუვიონის ერთ-ერთი სახეა გამოფიტვის პროცესის საბოლოო პროდუქტი — ნიადაგი.

X XV.2. გამოფიტვის სახეები

ქანებზე ზემოქმედების ხასიათის მიხედვით არჩევენ ფიზიკურ ანუ მექანიკურ, ქიმიურ და ორგანულ გამოფიტვას. ქანების სახეცვლის ან დაშლის პროცესების ასეთი დაყოფა მეტად პირობითია, რადგან ისინი ერთულ ურთიერთდამოკიდებულებაშია და მათი განცალკევება პრაქტიკულად შეუძლებელია.

ფიზიკური გამოფიტვის დროს ძირითადად ხდება ქანების მექანიკური დანაწევრება მათი მინერალური შედგენილობის რაიმე არსებითი სახეცვლის გარეშე. ეს პროცესი შეიძლება გამოიწვიოს ტემპერატურის მერყეობამ, წყლის გაყინვამ, ქარის მექანიკურმა ძალამ, მცენარის ფესვების ზრდის პროცესში წარმოქმნილმა წნევამ და ა. შ.

მზის გამოსხივებასთან დაკავშირებულია ტემპერატურის მნიშვნელოვანი ცვლილება. ქანების თანმიმდევრული გახურება-გაცივება ტემპერატურის დღეღამური, სეზონური და წლიური მერყეობის გამო იწვევს მინერალებისა და ქანების მოცულობის მრავალგზის ცვალებას

დობას: გახურებისას — გაფართოებას, ხოლო გაცივებისას — შეკუმშვას. მზის სხივების ტემპერატურული ზემოქმედება დამოკიდებულია ქანის ფერზე, ზედაპირის ფორმაზე, ექსპოზიციასა და კლიმატურ პირობებზე. ქანების გახურების ცვლადი რეჟიმი, რომელიც ხანგრძლივად დროის განმავლობაში არსებობს, არღვევს მათ მონოლითურობას. მინერალების ურთიერთგანსხვავებული სითბური თვისებები, შეფერვა და ზომები განაპირობებს მათი კონტაქტის გასწვრივ მიკრონაპარალელის წარმოქმნას, რომელიც ქანის დაშლა-დანაწევრების საწყისი ფაზაა.

გამოფიტვა ტემპერატურის გავლენით განსაკუთრებით ინტენსიურია მსხვილმარცვლოვან პოლიმინერალურ ქანებში, რომელთა შემადგენელ მინერალებს გაფართოების სხვადასხვა ხაზობრივი და მოცულობითი კოფიციენტები გააჩნია, რის გამოც მათ კონტაქტზე წარმოიშობა სხვადასხვა მიმართულების წნევები, ირღვევა კრისტალიზაციური კავშირები და ქანი იშლება. ქანის მექანიკური დაშლის პროცესი უფრო ძლიერდება, თუ მიკრონაპარალელში შეღწეული წყალი გაიყინება. როგორც ცნობილია, წყალი გაყინვისას მოცულობაში 9—11%-ით მატულობს და მისი გაფართოების დროს წარმოქმნილი წნევა ზოგჯერ 1000 კგ/სმ² აღემატება. ეს პროცესი განსაკუთრებით თვალსაჩინოა ცივ, ნესტიან, პოლარული ჰავის პირობებში. გამოფიტვის ამ სახეს ზოგჯერ ყინვად გამოფიტვას უწოდებენ.

ქანის მექანიკურ გამოფიტვას ხელს უწყობს მისი პერიოდული დასველება-გაშრობა. ასეთ თვისებას ავლენს, მაგალითად, მერგელი და ზოგიერთი სხვა თიხოვანი ქანი.

მშრალი კლიმატის პირობებში ტენის ინტენსიური აორთქლებისას ქანების დაშლა შეიძლება მიმდინარეობდეს ნაპარალებში, ფორებსა და სიციარიელეებში მარილების გამოლექვისა და კრისტალიზაციის შედეგად. კრისტალიზაციური წნევა ამ დროს იმდენად მაღალია, რომ მას შეუძლია დაარღვიოს ნებისმიერი მტკიცე ქანის მთლიანობა. ცდებით დამტკიცებულია, რომ თუ ქანს გავაჯერებთ რომელიმე მარილის ხსნარით, შემდგომ გამოვავსრობთ და ამ ოპერაციას გავიმეორებთ დაახლოებით 10 ან 15-ჯერ, მისი მექანიკური თვისებები, კერძოდ, დროებითი წინაღობა კუმშვაზე, შეიძლება შემცირდეს რამდენიმე ათეული პროცენტით.

ქანებს შლის მცენარეთა ფესვებიც, რომლებიც ნაპარალების კედლებზე ავითარებენ მაღალ წნევას, აფართოებენ მათ და ხელს უწყობენ ქანის დანაწევრებას.

ქანები ინგრევა ქარის მოქმედებითაც, განსაკუთრებით, თუ ჰაერის ნაკადთან ერთად მოძრაობს ატაცებული ქვიშის მარცვლები.

ფიზიკური გამოფიტვა აქტიურად მიმდინარეობს მშრალი, მკვეთრი კონტინენტური ჰავის პირობებში (უდაბნოებში), აგრეთვე მაღალმთიან რაიონებში და არქტიკულ სარტყელში.

არაერთგვაროვანი შედგენილობის და სიმტკიცის ქანებზე ტემპერატურის, ქარის და გამოფიტვის სხვა ფაქტორების ზემოქმედების შედეგად ზოგჯერ წარმოიქმნება გამოფიტვის თავისებური ფორმები სხვადასხვა სიდიდისა და მოყვანილობის ღრმულების, ე. წ. კავერნების სახით (ნახ. XXV.1).



ნახ. XXV.1. გამოფიტვის კავერნები მესამეულ ქვიშაქვებში. კასპის მიდამოები (ფოტო. ვ. ქოიავასი).

ქ ი მ ი უ რ ი გ ა მ ო ფ ი ტ ვ ი ს პ რ ო ც ე ს შ ი ხ დ ე ბ ა ქ ა ნ ი ს დ ა შ ლ ა — გარდაქმნა, რასაც თან ახლავს მინერალური და ქიმიური შედგენილობის ცვლილება, ახალი, გამოფიტვის პროცესებისადმი უფრო მდგრადი მინერალების წარმოქმნა და მინერალური ნივთიერების დაჯროვება წმინდადისპერსიულ-კოლოიდური სახით. ქიმიური გამოფიტვის ძირითად აგენტებს წარმოადგენენ წყალი და მასში გახსნილი ნახშირორჟანგი, ორგანული და სხვა მჟავები, რომლებიც წარმოიქმნებიან სხვადასხვა მინერალის, მცენარეული ნარჩენების დაშლისა და ორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგად.

ქიმიური გამოფიტვის უმარტივესი სახეა ქანის წყალში გახსნა. ადვილ-
ხსნადი ქანია ქვამარილი, თაბაშირი. გარდა გახსნისა, ქანებში მიმდინარეობს
მიმოცვლის, ჩანაცვლების რეაქციები, ჟანგვა, ჰიდრატაცია
და დეჰიდრატაცია. ჰიდრატაციის მაგალითია ანჰიდრიტის გადასვლა
თაბაშირში: $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. მინერალთა უმრავლესობა,
რომლებიც შეიცავს რკინას, მანგანუმს, ნიკელს, კობალტს და
სხვა ელემენტებს, ჟანგვის პროცესს განიცდის. მაგალითად, პირიტი,
რომელიც შედის სხვადასხვა ქანის შედგენილობაში, ჟანგვის შედეგად
გარდაიქმნება რკინის ჟანგულის ჰიდრატად. ამ დროს წარმოიქმნება
გოგირდმჟავა, რომელიც, თავის მხრივ, აქტიურად ზემოქმედებს სხვა
მინერალზე. პირიტის ქიმიური გარდაქმნის საბოლოო პროდუქტია ლი-
მონიტი — რკინის საკმაოდ მდგრადი შენაერთი.

წყალში მყოფი ნახშირორჟანგი ხელს უწყობს კარბონატული ქანების
გახსნას და მაგმურ ქანებში მინდვრის შპატების გარდაქმნას თი-
ხოვან მინერალებად.

მეორეული თიხოვანი მინერალები ცხელი და ტენიანი ჰავის პირო-
ბებში ხანგრძლივად მიმდინარე ქიმიური გამოფიტვის შედეგად იშლე-
ბიან და გარდაიქმნებიან საბოლოო უმარტივეს პროდუქტებად — სი-
ლიციუმის, ალუმინისა და რკინის ჟანგულებად — გამოფიტვის ქერ-
ქის ყველაზე უფრო მდგრად შენაერთებად.

ქიმიური გამოფიტვის მიმართ ყველაზე ნაკლებმდგრადია მაგმუ-
რი ქანები, კერძოდ, მათი ინტრუზიული სახესხვაობანი. ისინი წარმო-
იქმნება დიდი წნევისა და მაღალი ტემპერატურის პირობებში, რომლის
დროსაც მიიღება მოცემული პირობებისათვის მდგრადი სტრუქტურე-
ბი და ნაერთები. დედამიწის ზედაპირზე გამოშვლებისას ეს ქანები მათ-
თვის სრულიად უჩვეულო თერმოდინამიკურ გარემოში ხვდება. გა-
რეშე ფაქტორები ადვილად მოქმედებს და იწვევს მათ ფიზიკურ და
ქიმიურ გარდაქმნას.

ქიმიური გამოფიტვის ინტენსიურობა დამოკიდებულია წყლებისა
და ხსნარების ქანთან შეხების ფართობზე, მათ ტემპერატურაზე და აგ-
რეთვე გამოფიტვის აგენტების მიმართ მინერალების მდგრადობის ხა-
რისხზე. ყველაზე მდგრად მინერალებს ეკუთვნის: კვარცი, მუსკოვიტი,
კორუნდი; ნაკლებად მდგრადია მინდვრის შპატები, რქატყუარა, კალ-
ციტი და სხვა. ქიმიური გამოფიტვა მით უფრო აქტიურად მიმდინარე-
ობს, რაც მეტია ქანის დაქუცმაცების ხარისხი. ამრიგად, მექანიკური
გამოფიტვა ხელს უწყობს ქიმიურ გამოფიტვას.

ორგანული (ბიოლოგიური) გამოფიტვა მიმდინარეობს
ცოცხალი ორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგად. გარდა ფესვე-
ბის მექანიკური ზემოქმედებისა, მცენარე ორგანული მჟავების გამო-

ყოფით მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ქიმიური გამოფიტვის პროცესის მიმდინარეობაზე.

ბევრი ცოცხალი ორგანიზმი, განსაკუთრებით მიწისმთხრელთა რიცხვიდან, აქტიურად შლის ქანებს, გამოფიტვის ქერქში ისინი აკეთებენ ხვრელებს, ორმოებს, აფხვიერებენ ქანებს. არსებითია აგრეთვე ბაქტერიების როლი, რომელთა ცხოველმოქმედების დროს შთაინთქმება და გამოიყოფა ნივთიერებათა გარკვეული ჯგუფები. მათი ზემოქმედება განსაკუთრებით აქტიურია ნიადაგის ფენის ფარგლებში. ბიოლოგიურ გამოფიტვას მთავარი ადგილი უჭირავს ნიადაგწარმოქმნის პროცესში.

სულ უფრო იზრდება ადამიანის როლი გამოფიტვის პროცესში. სამეურნეო საქმიანობა, სამშენებლო და სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოები, სასარგებლო წიაღისეულის დამუშავება — ყველაფერი ეს ხელს უწყობს ქანების ბუნებრივი მდგომარეობის შეცვლას, მათ დაშლა-დახაწევრებას და გამოფიტვის პროცესის განვითარებას.

XXV.3. გამოფიტვის ძირი და მისი საინჟინერო-ბიოლოგიური მნიშვნელობა

გამოფიტვის ქერქის სისქეზე და ფიზიკურ მდგომარეობაზე არსებითად არის დამოკიდებული მშენებლობის პირობები. რაც უფრო დიდ სიღრმეზეა ქანი სახეცვლილი და მალაღია ძირითადი ქანის ფიზიკურ-ქიმიური შეცვლის ხარისხი, მით უფრო მეტი მოცულობის მიწის სამუშაოებია ჩასატარებელი მშენებლობის ტერიტორიაზე საძირკვლის გრუნტების საიმედოობის და ნაგებობის მაქსიმალური სიმდგრადის უზრუნველსაყოფად.

საინჟინერო-გეოლოგიური თვალსაზრისით გამოფიტვის პროცესის მნიშვნელობა იმაში მდგომარეობს, რომ ამ დროს იცვლება ქანის ფიზიკური მდგომარეობა და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, რაც იწვევს მისი მდგრადობის დაქვეითებას ნაგებობის საფუძველში, ბუნებრივ და ხელოვნურ ფერდობებზე, მიწისქვეშა გამონამუშევრებში და ა. შ.

გამოფიტვის ქერქის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები დამოკიდებულია საწყისი ქანის გამოფიტვის ხარისხზე, მის პეტროგრაფიულ-მინერალოგიურ შედგენილობაზე, სტრუქტურასა და ტექსტურაზე. დიდი მნიშვნელობა აქვს ქანის წარმოქმნის პირობებს. სიღრმული წარმოშობის მაგმური ქანები გამოფიტვის აგენტებს აქტიურად ვერ ეწინააღმდეგება. ისინი სწრაფად კარგავენ მდგრადობას, ვითარდება ეგზოგენური ნაპრალები, ხდება არამდგრადი მინერალების ქიმიური გარდაქმნა და წარმოქმნება ქანის სახესხვაობა, რომლის თვისებები საწყისი

ქანისაგან მკვეთრად არის განსხვავებული. გრანიტის გამოფიტვის შედეგად მიღებულ პროდუქტში საწყისი მინერალებიდან ძირითადად მხოლოდ კვარცია დარჩენილი, რომელსაც მაღალი სიმდგრადის გამო შეეცვლა არ განუცდია, დანარჩენი მინერალები კი შეეცვლილა. ხშირად გამოფიტვის პროცესი იმდენად შორს არის წასული, რომ ოდესღაც სალი კლდე გათიხებულ ან შეტნაკლებად ფხვიერ მასად არის ქცეული, რომლის სიმტკიცის მაჩვენებლები რამდენიმე ათეულჯერ და უფრო მეტად არის დაქვეითებული. განსაკუთრებით ადვილად იფიტება ფუძე და ულტრაფუძე მაგმური ქანები, რომლებშიც კვარცი ან სრულიად არ არის, ან მცირე რაოდენობითაა. მაგმური ქანების ელუვიონი შეიცავს თიხად ქცეულ მასას, რომელშიც ჩართულია ძირითადი ქანების სახეცვლილი ნამტკრევები. ასეთი ქანის სიმტკიცის თვისებები დაბალია. თიხოვანი ელუვიონის შედგენილობა დამოკიდებულია საწყისი ქანის მინერალურ შედგენილობაზე. მაგალითად, გრანიტების გამოფიტვის ქერქში უმეტესად კაოლინის თიხებია გავრცელებული. ულტრაფუძე ქანებში კი მონტმორილონიტური შედგენილობის თიხები სჭარბობს. მაგმური ქანებისაგან მიღებული ელუვიური თიხებისათვის დამახასიათებელია ტენიანობის ცვალებადობის მიხედვით მოცულობის მატება ან კლება. ეს პროცესი ხშირად მნიშვნელოვნად ართულებს მშენებლობას და განაპირობებს სპეციალური ღონისძიებების ჩატარებას ამ გრუნტების სიმტკიცის გაზრდის მიზნით.

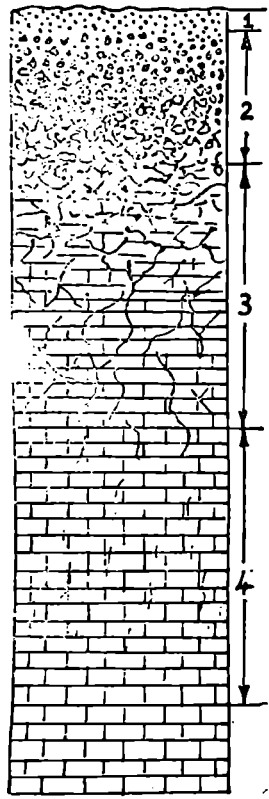
მეტამორფული ქანების ელუვიონი თავისი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით მაგმური ქანების ელუვიონის მსგავსია.

რაც შეეხება დანალექი ქანების ელუვიონს, იგი თვისებებით მნიშვნელოვნად განსხვავდება მაგმური და მეტამორფული ქანების ელუვიონისაგან. განსაკუთრებით აქტიურად მიმდინარეობს გამოფიტვის პროცესი იმ დანალექი ქანებში, რომელთა წარმოქმნის პირობები მკვეთრად განსხვავდება გამოფიტვის აგენტის ზემოქმედების გარემოსაგან. მაგალითად, ქიმიური და ორგანული წარმოშობის ქანები წყალში იხსნება და საკმაოდ სწრაფად მიმდინარეობს მათი დაშლა-დაქუცმაცება. შეცემენტებულ ქანებში შეიძლება ცემენტი გაიხსნას და ქვიშაქვა ისევე ქვიშად გადაიქცეს, კონგლომერატი — კენჭნარად ან ხრეშად.

განსაკუთრებით საყურადღებოა დანალექი (გადაადგილებული) თიხების და გამოფიტვის აგენტების ურთიერთქმედება. მართალია, ეს თიხები თვით არის მაგმური ქანების გამოფიტვის საბოლოო პროდუქტი. მაგრამ მათგან წარმოქმნილი დანალექი ქანი მაინც იფიტება. ქანი იფარება ნაპრალებით, ფხვიერდება, რაც ფორიანობის მატებას იწვევს. ზოგჯერ თიხოვანი ქანების შედგენილობაში მყოფი მინერალების შემდგომი გარდაქმნის პროცესი გრძელდება. ეს პროცესები მკვეთრად აქვე-

ოთებს თიხოვანი ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს, რაც გამოიხატება მათი ძვრის წინალობის შემცირებასა და კუმშვადობის გაზრდაში.

გამოფიტვის ქერქი საინჟინრო-გეოლოგიურად საკმაოდ კარგად არის შეაწავლილი როგორც შედგენილობის, ასევე ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ცვალებადობის თვალსაზრისით. პროფ. ნ. კოლომენსკი გამოყოფს ოთხ ძირითად ზონას, რომლებიც ყველაზე ხშირად კვხვდება გამოფიტვის ქერქის კრილში ზევიდან ქვევით (ნახ. XXV.2).



პირველი ზონა ხასიათდება მსხვრევის მაღალი ხარისხით. პირველადი მინერალები მტვრისებრი ნაწილაკების სახით უმეტესად გადასულია მეორეულ მინერალებად. ქანი მაქსიმალურად არის სახეცვლილი. დატვირთვის ქვეშ ძლიერ იკუმშება, მცირედ წყალშედწვევადია, ახასიათებს პლასტიკურობა, შეკავშირებულობა და გაჯირჯევა. ხშირად შეიცავს წყალში ხსნად მარილებს, სახელობრ, თაბაშირს. ამ ზონის სისქე ორსამ ათეულ სანტიმეტრს არ აღემატება.

მეორე ზონა წვრილი ნამტვრევების ან ლორღისაგან შედგება. ძირითადი ქანების დიდი ზომის ნატეხები იშვიათია და ისინი ადვილად იმსხვრევა ძალის ოღნავი მიყენებისას. წყალშედწვეადობა პირველ ზონასთან შედარებით უფრო მაღალია, ისევე, როგორც კუმშვისადმი წინალობა. ნამტვრევებს შორის არსებული სიცარიელები ზოგჯერ ამოვსებულია პირველი ზონიდან წყლის მიერ ჩალექილი მასალით. ამ ზონის სისქე 1 მეტრიდან 2—3 მ-მდე შეიძლება იცვლებოდეს.

მესამე ზონა შედგება ძირითადი ქანების დანაპრალიანების შედეგად მიღებული ლოდებისაგან. ეს ლოდები ჩვეულებრივ 10—15 სმ-ზე მეტი ზომისაა. ლოდებს შორის არსებული ნაპრალები სიცარიელები ქვიშიან-თიხიანი მასალით არის ამოვსებული. ამ

ნახ. XXV.2. გამოფიტვის ქერქის შემადგენელი ზონები (ნ. კოლომენსკის მიხედვით):

- 1—წინდანამსხვრევი ზონა, 2—მარცვლოვანი ანუ წვრილნატეხოვანი ზონა, 3—ლოდური ზონა, 4—მონოლითური ზონა.

ზონის წყალშედწევადობა მაღალია. ცალკეულ ლოდებს შორის შეკიდულობა არ არის. გარეგნული იერიით ლოდები არაფრით არ განსხვავდება ძირითადი ქანებისაგან. მათი ზომები შეიძლება შესამჩნევად მატულობდეს ზონის ქვედა ნაწილში. ამ ზონას ლოდურ ზონას უწოდებენ. მისი სიმძლავრე ჩვეულებრივად 4—5 მეტრამდეა, მაგრამ ტექტონიკური მსხვრევის უბნებში შეიძლება ათეულ მეტრებსაც მიაღწიოს.

მეოთხე ზონა მონოლითური ზონის სახელწოდებით არის ცნობილი. მასში არ შეიმჩნევა მექანიკური დანაწევრების კვალი, აღინიშნება ნხოლოდ ქანის მექანიკური ზემოქმედებისაღმი წინააღმდეგობის შესუსტების ნიშნები, რაც გაპირობებულია ფარული ნაპრალიანობის ზედაპირზე კონტაქტის დარღვევით და მათში თიხოვანი მინაცხების გაჩენით. იგი თანდათანობით გადადის საღ ქანში.

როგორც ვხედავთ, გამოფიტვის ზემოაღწერილი ზონების ფარგლებში ქანებს გააჩნია მათთვის დამახასიათებელი, სპეციფიკური ნიშანთვისებანი, რაც, ბუნებრივია, განსაზღვრავს საინჟინრო ღონისძიებათა ხასიათს და ტიპს.

XXV.4. ქანების ღაცვა გამოფიტვისაგან

გამოფიტვის აგენტების ზეგავლენისაგან ქანების ღაცვა უზრუნველყოფს მათი სიმტკიცის შენარჩუნებას. საინჟინრო პრაქტიკაში იყენებენ გამოფიტვის საწინააღმდეგო ღონისძიებებს, რაც მეტნაკლებ ფეფქტს იძლევა. ამ ღონისძიებათა ნაწილი საკმაოდ ძვირი და შრომატევადია და მათი განხორციელება ხდება მხოლოდ განსაკუთრებულ შემთხვევებში. ქანების გამოფიტვისაგან ღაცვის ღონისძიებები იყოფა შემდეგ ჯგუფებად: 1. ქანების დაფარვა გამოფიტვის აგენტებისათვის შეუღწევადი მასალით; 2. ქანების სხვადასხვა ნივთიერებებით გაყლენთა; 3. გამოფიტვის აგენტების ხელოვნური ნეიტრალიზაცია; 4. ტერიტორიის მოსწორება და წყლების მოცილება.

ღონისძიებათა შერჩევა დამოკიდებულია როგორც ქანების გამოფიტვისადმი მიდრეკილებაზე, ასევე გამოფიტვის ხასიათზე, ნაგებობათა კონსტრუქციულ თავისებურებებზე და სხვ.

გამოფიტვის აგენტებისაგან ქანების იზოლაციისათვის გამოიყენება: გულრონი, ცემენტი, ბეტონი, სილიკატები, თიხა, თიხნარი და ქვიშა. მასალის შერჩევისას, მათ თავისებებს გარდა, მხედველობაში უნდა მივიღოთ თვით გამოფიტვის აგენტების თავისებურებანიც. მაგალითად, გულრონი, ცემენტი და სხვა ხელოვნური საფარი ქანს საიმედოდ იცავს წყლის შეღწევისაგან, მაგრამ ვერ უზრუნველყოფს ტემპერატურული მერყეობის გავლენისაგან. დამცავი საფარის მოსაწყობად საუკეთესო მასალაა თიხნარი, რომელსაც თითქმის უნივერსალურ-

რი დამცავი თვისებები გააჩნია და, თუ იგი სათანადო სისქის ფენად გადაეფარება ქანს, არ ატარებს გამოფიტვის არც თხევად, არც აირად აგენტებს და შეიძლება გაანეიტრალოს ტემპერატურის ყველაზე მკვეთრი მერყეობაც კი: გარდა ამისა, თიხნარი, რომელიც თვითონ გამოფიტვის გვიანდელი სტადიისათვის დამახასიათებელი თიხოვანი მასალის შემცველობით გამოირჩევა, ნაკლებად იფიტება. კარგი დამცავი თვისებები გააჩნია ბეტონს, მაგრამ იგი საკმაოდ ძვირადღირებული მასალაა და. გარდა ამისა, თვითონ შეიძლება განიცადოს გამოფიტვის აგენტების ზეგავლენა. ხშირად მიმართავენ სამშენებლო ქვაბულების პილოროზოლაციას, განსაკუთრებით, თუ ისინი გარკვეული დროის განმავლობაში რჩება ღია მდგომარეობაში. ზოგ შემთხვევაში ქვაბული სპეციალურად არ დაჰყავთ საპროექტო სიღრმემდე და დარჩენილ ფენას იღებენ უშუალოდ საძირკვლის ჩაყრის წინ.

ქანების გაყენებისათვის ხმარობენ თხევად მინას, გუდრონს, ცემენტს, თიხასა და სხვას. თხევად მინას უმეტესად ქვიშიან და ქვიშნარ-თიხიან ქანებში იყენებენ. გუდრონი უფრო ეფექტურია ხრეშის-მაგვარი ქანებისათვის. ცემენტით გაყენებას მიმართავენ ნაპრალოვან-კლოვანი ქანების შემთხვევაში. ქვიშებში თიხის სუსპენზიასაც იყენებენ, რაც მათ წყალშელწვეადობას ამცირებს. უფრო ძნელია გამოფიტვის აგენტების ნეიტრალიზება, ამიტომ მას ნაკლებად მიმართავენ პრაქტიკულ საქმიანობაში. ასეთ მეთოდს წარმოადგენს მფილტრავი წყლის იმ მარილებით გაჯერება, რომლებსაც შეიცავს ქანი. ასეთი წყალი გამხსნელ უნარს კარგავს. მიწისქვეშა წყლების მოქმედების ნეიტრალიზება ხდება სადრენაჟო ქსელის მოწყობით.

გამოფიტვისაგან დაცვას მოითხოვს არა მარტო ქანები, არამედ სამშენებლო მასალა და ნაკეთობანი. ამისათვის იყენებენ სხვადასხვა დამცავ საფარებს: საღებავებს, ლაქებს, ბათქაშს, თხევად მინას, ორგანულ აკვებს და ა. შ. სამშენებლო მასალად საჭიროა შეირჩეს ქვის ისეთი სახესხვაობანი, რომლებიც ხანგრძლივად უძლებენ გამოფიტვის ზეგავლენას და არ კარგავენ სიმტკიცის თვისებებს.

XXVI თავი

ქარის გეოლოგიური მოქმედება

XXVI.1. ქანების დაზღა ქარის ზემოქმედებით

ქარის ზემოქმედებით გამოწვეულ გეოლოგიურ პროცესებს ეწოდება ეროზია (ბერძნულ მითოლოგიაში ქარის ღმერთის სახელწოდების მიხედვით). ქარი, გარდა იმისა, რომ შლის, აქუცმაცებს ქანს, გა-

დააქვს ნაშალი და გამოფიტული მასალა. ქარების სიჩქარე, ძალა და მიმართულება სხვადასხვაა. ზოგჯერ ქარი გრიგალისებრი ხასიათისაა და მისი სიჩქარე შეიძლება აღწევდეს რამდენიმე ათეულ მეტრს წამში. ასეთი ქარის ძალის წარმოსადგენად საკმარისია აღვნიშნოთ, რომ 16—18 მ/წმ სიჩქარის მქონე ქარს შეუძლია საკვამური მილებიდან აგურების მოცილება, ხოლო 19—21 მ/წმ სიჩქარის შემთხვევაში — ხეების ფესვიანად მოგლეჯა.

ყველაზე თვალსაჩინოდ ეოლური პროცესები გამოსახულია უდაბნოებში და ნახევრად უდაბნოებში. ქარი დენუდაციის მძლავრი ფაქტორია; მისი ზემოქმედების შედეგად წარმოიშობა მცენარეულის და ნიადაგის საფარმოცილებული ზეგანისებრი ამაღლებანი უსწორმასწორო ზედაპირებით, რომლებიც ხშირად ამოჩრილია ქვიშის უსაზღვრო სივრცეებში. მრავალი ათეული ათასი წლის განმავლობაში ქარი ხეხავს და აშანდაკებს ქანებს. უდაბნოს ქვიშები ამ ქანების დაშლისა და დაქუცმაცების პროდუქტია, რომელიც ხანგრძლივი დროის განმავლობაში გროვდება. ქარის გეოლოგიურ მუშაობას ხელს უწყობს მექანიკური გამოფიტვის პროცესი, რომელიც განსაკუთრებით აქტიურად მიმდინარეობს მშრალი და ცხელი კლიმატის რაიონებში.

ქანები, ჰაერის მასების მექანიკური ზემოქმედების გამო, უცნაურ მოხაზულობას იძენენ. განსაკუთრებით თვალსაჩინოდ ეს შეიმჩნევა არაერთგვაროვანი შრეებისაგან აგებულ ქანებში, რადგანაც ამ შრეებს გამოფიტვის აგენტების ზემოქმედებისადმი სხვადასხვანაირი წინააღმდეგობის უნარი აქვთ. უდაბნოებში ხშირია ე. წ. ეოლური სვეტები — მდგრადი ქანების ნარჩენები, რომლებიც ქარს ჯერჯერობით ვერ დაუნგრევია (ნახ. XXVI.1).

ქარის მოქმედების შედეგად ქანების გახეხას, ცვეთას კორაზია ეწოდება, ხოლო მონაცვეთი, წვრილმარცვლოვანი ქვიშური მასალის ჰაერში ატაცების და გამოტანის პროცესს — დეფლაცია. კორაზიის და დეფლაციის პროცესები თანადროულია. მათი ინტენსიურობა დამოკიდებულია ქარის მოქმედების სიძლიერესა და ხანგრძლივობაზე. საუკუნეში კორაზიის სიღრმე საშუალოდ 17—20 სმ შეადგენს. ზოგ ადგილებში კი (მაგალითად, ეგვიპტეში) — 60 სმ აღწევს. განსაკუთრებით ძლიერდება ეს პროცესები გრიგალისებრი ქარების დროს, როდესაც ჰაერის მოძრავ მასებში შერეულია ქვიშის უამრავი მარცვლები. მათი დარტყმითი ზემოქმედება ქანის ზედაპირზე აჩქარებს მის დაშლას და ნგრევას. აღნიშნულია შემთხვევები, როდესაც უდაბნოებში ტელეგრაფის ბოძები სწრაფად გამოსულა მწყობრიდან იმ მიზეზით, რომ ზედაპირთან ახლოს მოძრავი ქვიშის მარცვლების დარტყმითი ზემოქმედების გამო ისინი გაცვეთილა და გადატეხილა.



ნახ. XXVI.1. მკვრივი ქვიშაქვის სვეტები.

კორაზიას განიციდის აგრეთვე შენობის კედლები, ფანჯრის მიწები და სხვა ზედაპირები. ვიცით რა ნაგებობის აგების დრო, შეიძლება წარმოქმნილი ღრმულების სიდიდის მიხედვით ვიმსჯელოთ ამ პროცესის ინტენსიურობაზე.

ქარის მიერ ჰაერში ატაცებული მასალა ბუნებრივ დახარისხებას განიცდის: დიდი ნამტვრევები (3—4 სმ და მეტი) აიტაცება 2—3 მ სიმაღლეზე. ქვიშის მსხვილი მარცვლები — 8—10 მ სიმაღლეზე, უფრო წვრილი — რამდენიმე ათეულ მეტრზე, ხოლო მტვრისებრი ნაწილაკები — ათასეულ მეტრებზე. რაც უფრო წვრილია ნაშალი მასალა, მით უფრო მაღლა აიტაცება და შორ მანძილზე გადაიტანება იგი ქარის მიერ.

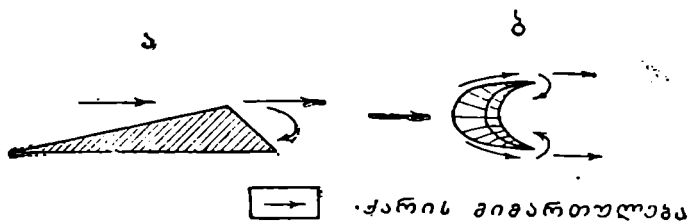
XXVI.2. ეოლური ნალექები

ჰაერში ატაცებული და გადაადგილებული ნაწილაკები ქარის სიჩქარის შემცირებისას ისევ ეცემა მიწის ზედაპირზე და ასე თანდათანობით ხდება ეოლური ნალექების წარმოქმნა. თანამედროვე ეოლური ნალექები ძირითადად ქვიშას, მტვერს შეიცავს. სამშენებლო თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა აქვს ქვიშების დამაგრებას. ამ ნიშნის მიხედვით არჩევენ მოძრავ ქვიშებს (დიუნებს, ბარქანებს) და დამაგ-

რებულ ქვიშებს, რომლებიც მცენარეთა ფესვებით არიან დამაგრებული და ქარის მოძრაობით არ გადაადგილდებიან.

დიუნები წარმოიქმნება მდინარეების და ზღვების სანაპიროებზე, როდესაც ქარი ქვიშას მიაყრის რაიმე წინააღმდეგობაზე (ბუჩქნარი, რელიეფის უსწორმასწორობანი, ნაგებობები და ა. შ.). გეგმაში იხილი წაგრძელებული გორაკებია; ხშირად წარმოიქმნება გორაკების მწკრივები ასიმეტრიული ფერდობებით. მათი სიმაღლე შეიძლება 20—40 მ აღწევდეს. განსაკუთრებით ფართო გავრცელება აქვს დიუნებს ბალტიის ზღვის სანაპიროზე. დიუნებისათვის დამახასიათებელია მოძრაობა ქვიშის მარცვლების გადაგორებით გორაკის ერთი ფერდიდან მეორეზე. ზღვის სანაპიროებზე დიუნების მოძრაობა ზღვიდან კონტინენტისაკენ ხდება. მოძრაობის სიჩქარე დამოკიდებულია გაბატონებული მიმართულების ქარების სიძლიერეზე და მერყეობს 0,5—1 მეტრიდან ორ ათეულ მეტრამდე წელიწადში.

ბარქანები უდაბნოებისათვის დამახასიათებელი რელიეფის მოძრავი ფორმებია. მათი წარმოშობა ხდება იქ, სადაც უმეტესად ერთი მიმართულების ქარებია გაბატონებული. ბარქანები ნამგლისებრი მოყვანილობის გორაკებია (ნახ. XXVI.2) ასიმეტრიული ფერდობებით. დამრეცი ფერდი ყოველთვის გამოხნეჭილია და დახრილია ქარის ქროლის საწინააღმდეგო მიმართულებით, ციკაბო ჩაზნეჭილ ფერდს კი ქარის



ნახ. XXVI.2. ბარქანის წარმოქმნის სქემა:

ა — პროფილი, ბ — გეგმა.

მიმართულების დახრილობა აქვს. შუა აზიის უდაბნოებში ბარქანების სიმაღლე 60—70 მეტრს აღწევს, ხოლო ფრთების სიგანე — ათეულ და ზოგჯერ ასეულ მეტრებსაც. საპარის უდაბნოში ბარქანების სიმაღლე 200 მეტრამდეა. უდაბნოში წარმოიშობა ბარქანების მწკრივები, რომლებიც ათეულ და ასეულ კვადრატულ კილომეტრზეა გადაჭიმული. ბარქანების, ისევე როგორც დიუნების მოძრაობის სიჩქარე, ქარის სიძლიერეზეა დამოკიდებული. აღსანიშნავია, რომ ქვიშების ინტენსიური მოძრაობა ყოველთვის როდის შეესაბამება ბარქანების მოძრაობის სიჩქარეს. გადაადგილებული ქვიშების ადგილს შეიძლება იკავებდეს ახ-

ლადმოტანილი ქვიშა და ბარქანი უძრავ მდგომარეობაში რჩებოდეს. მოძრავი ქვიშები დიდ საშიშროებას ქმნის, ვინაიდან ფარავს ნაყოფიერ ველებს, ნაგებობებს, შენობებს. მოძრავი ქვიშების დასამარებლად გააშენებენ ფესვთა ძლიერი სისტემის მქონე მცენარეულობას ან ქმნიან ხელოვნურ დიუნებს. ქვიშის მოძრაობის გზაზე დგამენ სპეციალურ ფარებს, მათ უკან წარმოიქმნება ხელოვნური დიუნი, რომელიც ქვიშის შემდგომ გადაადგილებას აბრკოლებს. ზოგჯერ ქვიშებს ჟღენთავენ ბიტუმიანი ემულსიებით, ცემენტის ხსნარებით. ეს მეთოდი საკმაოდ ძვირადღირებულია, ამასთანავე, დამცველი ქერქი სწრაფად იფიტება და იშლება ქარის მოქმედების შედეგად.

თიხისა და მტერის ნაწილაკები სიმჩატის გამო დიდ მანძილზე გადაიტანება, ჩვეულებრივად, უდაბნოს ტერიტორიების გარეთ. მათი გადაადგილება შეიძლება მოხდეს რამდენიმე ათასეულ კილომეტრზე. შემდგომში ქარის მიერ გადატანილი წვრილმარცვლოვანი მასალა გამოილექება ბალახთან საფარზე და წარმოიშობა დამახასიათებელი მაკროფორებიანი ეოლური ნალექი — ეგრეთწოდებული ლიოსი. შედგენილობის მიხედვით ეოლური თიხოვანი ნალექები უმეტესად მტერისებურ ფრაქციას (30—80%) შეიცავს და მსუბუქი თიხნარების ჯგუფს მიეკუთვნება.

XXVII ტ ა 30

ზედაპირული წყლის ნაკადების გეოლოგიური მოქმედება

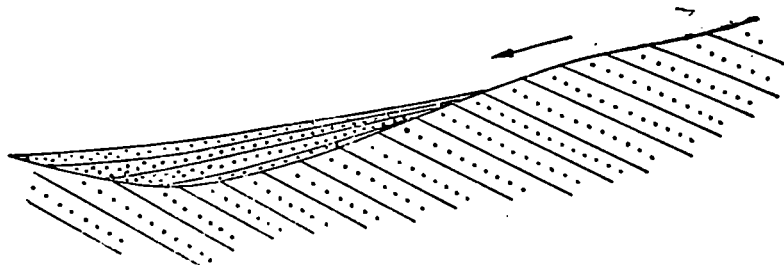
XXVII.1. ზედაპირული ჩამორეცხვა. დელუვიური ნალექები.

ნიადაგის ეროზია

ხმელეთის ზედაპირზე ყოველდღიურად დაახლოებით 305—310 კმ³ ატმოსფერული ნალექი მოდის წვიმის, თოვლისა და ყინულის სახით. ყველაზე ინტენსიურ გეოლოგიურ მოქმედებას მიმდინარე წყალი ახდენს. მოძრაობს რა რელიეფის დახრილობის შესაბამისად, წყლის ნაკადი შლის, ანგრევს ქანებს, გადააქვს და ლექავს დაშლის პროდუქტებს. მიმდინარე წყლის მიერ ქანების დამსხვრევას, დაშლასა და ჩამორეცხვას ეროზია ეწოდება. ატმოსფერული ნალექების სახით მოსული ან თოვლის დნობის შედეგად წარმოშობილი წყლები წვრილი ნაკადების სახით ჩამოედინება ფერდობების ზედაპირზე. წყლის მატების შემთხვევაში ეს ჭავლები ერთიანდება ზედაპირულ ნაკადად და წყლის ეროზიული მოქმედება მთლიანად ამ ზედაპირზე ხდება. ასე წარმოიშობა ზედაპირული ჩამორეცხვა ანუ ფართობუ-

ლი ე რ ო ზ ი ა. ეროზიის პროცესში ფერდობის გასწვრივ წყალთან ერთად გადაადგილდება გამოფიტვის პროდუქტები. ნაკადის სიძლიერისა და ფერდობის დახრილობის შესაბამისად გადაადგილდება ყველა ზომის ნაწილაკები: თიხოვანი, მტვროვანი, ქვიშური და უფრო დიდი ზომის ნამტვრევებიც კი, რომლებიც თანდათანობით გროვდება ფერდობის ძირში ან რელიეფის დადაბლებულ ადგილებში. ამ პროცესს დ ე ლ უ ვ ი უ რ ი პ რ ო ც ე ს ი ჰქვია, თვით ნალექებს კი დ ე ლ უ ვ ი უ რ ი ნ ა ლ ე ქ ე ბ ი, ან დ ე ლ უ ვ ი ო ნ ი (ნახ. XXVII.1). დელუვიური ნალექები ფართო გავრცელებით ხასიათდება. მთაგორიან ადგილებში დელუვიონი ყველა ფერდობის ძირში გვხვდება, ახასიათებს მრავალფეროვანი შედგენილობა და, ელუვიონისაგან განსხვავებით, ქვემდებარე ქანებს ან სრულებით არა ჰგავს, ან ძლიერ განსხვავდება. მინერალური შედგენილობის მიხედვით დელუვიონი ფერდობის ამგები ქანების მსგავსია. დელუვიური პროცესი იწვევს ფერდობის ზედა ნაწილის ჩამორეცხვა-გაშიშვლებას და ქვედა ნაწილების მოსწორება-მოვაკებას. ვინაიდან წყლის წვრილი ჭავლების ენერჯია ჩვეულებრივ მცირეა, გადაადგილდება უმეტესად ქანის წვრილდისპერსიული ნაწილი. ამიტომ დელუვიონის შედგენილობაში სჭარბობს თიხები, თიხნარები და ქვიშნარები.

ფართობულ ეროზიას საყოველთაო გავრცელება აქვს. ყველაზე ყურადსაღებია იგი ისეთ ფერდობებზე, რომლებიც ნაყოფიერი ნიადაგებით არის დაფარული. ხშირია შემთხვევა, როდესაც ეს პროცესი იწვევს ნიადაგის ნაყოფიერი ფენის ჩამორეცხვას. ინტენსიური ჩამორეცხვა შეიმჩნევა გაზაფხულზე, როდესაც ნიადაგი ლხვება, ქვემდებარე ფენა კი გაყინულია და წყალგაუმტარის როლს ასრულებს. წლის თბილ პერიოდში ნიადაგის ეროზიის უშუალო გამომწვევია კოკისპირული წვიმები. ნიადაგის ეროზია დიდ ზარალს აყენებს სოფლის მეურნეობას, ამიტომ მის წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებათა შემუშავება უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა. პირველ რიგში საჭიროა სოფლის მეურნეობის სამუშაოთა სწორი წარმართვა: თესვის სპეციალური მე-



ნახ. XXVII.1. დ ე ლ უ ვ ი ო ნ ი.

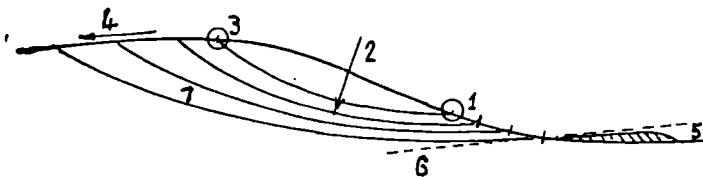
ოღების გამოყენება, ნიადაგში ორგანული და მინერალური სასუქის შეტანა, ზედაპირული ჩამონადენის რეგულირება სადრენაჟო სამუშაოებით, ტყის დამცავი ზოლების გაშენება და ა. შ. ამ ღონისძიებათა განხორციელება მნიშვნელოვნად ამცირებს ნიადაგის ეროზიას.

XXVII.2. ხრამების წარმოშობა

წყლის ზედაპირული ნაკადი რელიეფის მიხედვით, თანდათანობით ნაწილდება ცალკეულ ქაველებად, რომლებიც ნაკადულებად, ხოლო შემდგომ მდინარეებად იქცევა. წყლის ეს ნაკადები აწარმოებენ ხაზობრივ ან უსიღრმით ეროზიას, რაც იწვევს ლარტაფების, ხრამებისა და ხეობების წარმოქმნას.

ხრამები ინტენსიურად ჩნდება დანაწევრებული რელიეფისა და მშრალი ჰაის პირობებში, როცა ატმოსფერული ნალექები არ არის ხშირი, მაგრამ მოდის ხანმოკლე, ძლიერი კოკისპირული წვიმების სახით. ხრამების წარმოქმნას ხელს უწყობს მცენარეული საფარის არარსებობა, ფერდობების ამგები ქანების მცირე სიმაგრე და გადარეცხვისადმი დაბალი წინააღმდეგობა. ყველაზე ადვილად ლიოსური ქანები ირეცხება, ამიტომ მათი გავრცელების რაიონებში ხრამები ძალიან ხშირია. ხრამმა გაღრმავების პროცესში შეიძლება გადაკვეთოს გრუნტის წყლის პორიზონტი. ასეთ შემთხვევაში წარმოიქმნება ხრამში მიმდინარე წყლის მუდმივი ნაკადი, რომელიც, თავის მხრივ, აძლიერებს ხრამის ზრდას. ხრამის წარმოქმნისათვის ხელსაყრელი პირობები იქმნება ფერდობზე მცენარეული საფარის გაკაფვით, ნიადაგის ფენის მოცილებით და ა. შ.

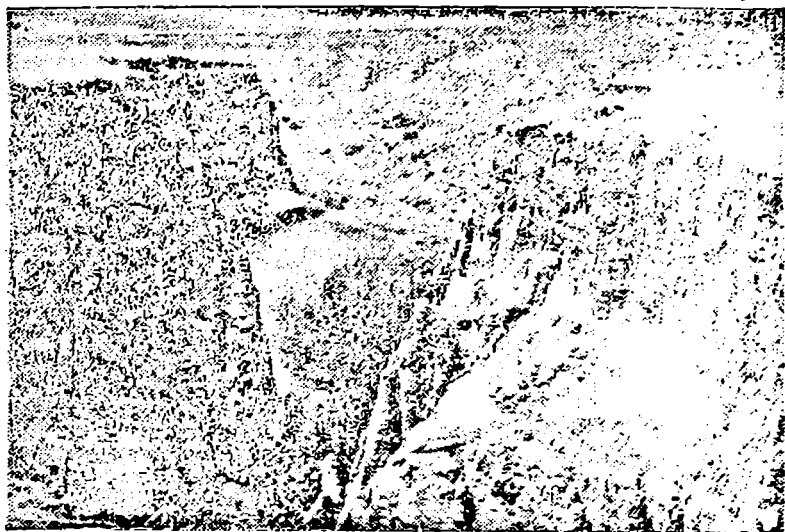
ხრამის წარმოშობა მიმდინარეობს სტადიებად: ჯერ წარმოიქმნება მცირე ზომის ლარტაფი, რომელიც შემდგომ თანდათანობით ღრმავდება. ადგილი აქვს ე. წ. უკუსვლით ეროზიას, ე. ი. ხრამის გაღრმავება სათაეიდან იწყება, შემდგომ ხრამი კვლავ ღრმავდება და ფართოვდება. არჩევენ ხრამის პირს, ფსკერს და სათავეს (XXVII.2).



ნახ. XXVII.2. ხრამის გასწვრივი კვეთა:

- 1 — შესართავი, 2 — ხრამის ძირი, 3 — წვერო, 4 — ხრამის ზრდის მიმართულება, 5 — გამორტანის კონუსი, 6 — ეროზიის ბაზისი, 7 — წონასწორობის ზღვრული პროფილი.

ზღვრული ღონე, სადამდეც შეიძლება ხრამის ფსკერის გარეცხვა-გალრმავება, შეესაბამება იმ აუზის (ტბის, მდინარის) ღონეს, რომელშიც ჩაედინება ხრამში მიმდინარე ნაკადი. ამ ღონეს ეროზიის ადგილობრივი ბაზისი ჰქვია. მას შემდეგ, რაც ხრამის გრძივი პროფილი ეროზიის ბაზისს მაქსიმალურად მიუახლოვდება, ეროზია თანდათანობით ქრება, ხრამის ზრდა წყდება, ფერდები ზღვრული დაფერდების კუთხის შესაბამის დახრას იძენს, იფარება მცენარეულობით და წარმოიშობა ხევი (ნახ. XXVII.3). ამის შემდეგ ადვილი შესაძლებელია



ნახ. XXVII.3. მშრალი ხევი სოფ. მეტეხის მიდამოებში
(ფოტო ვ. ქოიავასი).

ხრამი ისევ განვითარდეს, მაგალითად, შესართავის ღონის დაწევის შედეგად. ეს გარემოება გათვალისწინებული უნდა იქნეს ასეთ ადგილებში მშენებლობის დროს. ხრამის წარმოქმნის დროს მის პირთან, ე. ი. შესართავთან თანდათანობით გროვდება დაშლილი და ნაკადის მიერ გადატანილი მასალა, ე. წ. ხრამის ალუვიონი. შესართავთან ხრამის ალუვიონის დანაგროვებს გამოტანის კონუსი ეწოდება (ნახ. XXVII.4).

ხრამები და ხევეები სხვადასხვა ზომისაა. მათი სიგრძე ცვალებადობს ათეული მეტრებიდან რამდენიმე კილომეტრამდე, სიღრმე 30—40 მეტრამდე. ხრამები დიდ ზარალს აყენებს სახალხო მეურნეობას, ამცირებს სასარგებლო ფართობებს, აზიანებს საგზაო ნაგებობებს და ა. შ.



ნახ. XXVII.4. გამოტანის კონუსი მდ. ასას ხეობაში. ჩრდ. კავკასია
(ავტორის ფოტო).

ხრამწარმოქმნის წინააღმდეგ ბრძოლა გულისხმობს, პირველ რიგში, მათი წარმოქმნისა და განვითარების მიზეზების გამოვლინებასა და ლიკვიდაციას. ამისათვის საჭიროა გამოყენებულ იქნეს აგროტექნიკური, სატყეო-მელიორაციული და ჰიდროტექნიკური ღონისძიებანი. აკრძალულია ფერდობების მოხვნა, ფერდობის გასწვრივ მიმართული მოუპირკეთებელი არხების მოწყობა, მცენარეულობის გაჩეხა, ნიადაგის ფენის დაზიანება და სხვა. აქტიური ხრამების შემდგომი ზრდის თავიდან ასაცილებლად ხრამის სათავესთან აკეთებენ მოპირკეთებული არხებისა და წყალშემკავებელი ზვინულების ქსელს, რგავენ ხეებს და ბუჩქებს. აუცილებლობის შემთხვევაში აშენებენ განივ საყრდენ კედლებს, ჯებირებს და ა. შ.

XXVII.3. მდინარის გეოლოგიური მოკვლევა. მდინარეული ხეობის აგებულება

ხრამებსა და ხევებში მიმდინარე ნაკადები ერთმანეთს უერთდება და წარმოქმნის მუდმივ ნაკადებს — მდინარეებს. იმ ფართობს, რომელიც მდინარეს და მის შენაკადებს უჭირავს, მდინარის აუზი ეწოდება. ამ აუზების მიერ დაკავებული ფართობი ზოგჯერ უზარმაზარია. ყველაზე დიდი აუზი აქვს მდინარე ამაზონკას — 7 მილიონი კმ². მდ. ვოლგის აუზის ფართობი 1,4 მილიონი კმ²-ია.

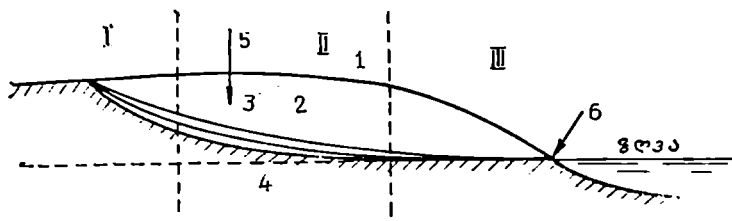
თავის მოძრაობის გზაზე მდინარე ასრულებს დიდ გეოლოგიურ სამუშაოს, რომელიც გამოიხატება ქანების ნგრევაში (ეროზია), ნგრევის პროდუქტების გადატანასა და დალექვაში (აკუმულაცია). რ

ეროზია ქანებზე წყლის დინამიკური ზემოქმედების შედეგია. მას ხელს უწყობს აგრეთვე წყალში ატივტივებული მყარი მასალის მცვეთავი ზემოქმედება ქანებზე და წყლის გამხსნელი მოქმედება. მდინარის ეროზიული მოქმედება გულისხმობს აგრეთვე გადატანილი მასალის დამუშავება-ცვეთას, რის გამოც ეს მასალა თანდათანობით წერილმარცვლოვანი ხდება და ჩაიტანება ზღვებსა და ოკეანეებში.

მდინარის მიერ მონგრეული და დამუშავებული მასალის გადატანა შეიძლება ხდებოდეს გახსნილი, ატივტივებული სახით ან ფსკერზე მსხვილი მასალის გადაგორებით. მდინარეს ზოგჯერ ძალიან დიდი ზომის ლოდები გადააქვს. ამ ნამტვრევების ზომები წყლის ნაკადის სიჩქარის შექცევს ხარისხის პროპორციულია. სიჩქარე კი, როგორც ვიცით, მდინარის კალაპოტის დახრის შესაბამისად იზრდება. ამიტომ არის, რომ მასალის გადატანის ყველაზე დიდი უნარი მთის მდინარეებს გააჩნიათ.

მდინარის გეოლოგიური მოქმედება ასახულია ხეობის აგებულებაში. ხეობის ფორმა, მისი განივი და გრძივი პროფილები დამოკიდებულია მდინარის ეროზიული მოქმედების სიძლიერეზე და იმ ქანებზე, რომლებიც მდინარის ზემოქმედების სფეროში არის მოქცეული. მდინარის ხეობის მოყვანილობა სათავეში, შუაწელსა და შესართავში თვალსაჩინოდ არის ერთმანეთისაგან განსხვავებული. სათავეში მდინარეს დიდი ენერგია გააჩნია და იგი აწარმოებს ე. წ. სიღრმით ეროზიას, ე. ი. აღრმავებს და ქრის ხეობას, უახლოვდება რა ამით თავის ეროზიის ბაზისს. ეროზიის ბაზისისადმი ლტოლვა ყველა მოძრავი ნაკადის თვისებაა. ამ პროცესში მდინარე ცდილობს მიაღწიოს ზღვრულ გრძივ პროფილს ან უწონასწორობის პროფილს, რომელიც შეესაბამება წონასწორულ პირობებს ნაკადის ენერგიასა და მის მიერ გადატანილ მასალას შორის. წონასწორობის პროფილის გამომსახველი წარმოსახვითი ხაზი ჰიპერბოლის მოყვანილობისაა, რომლის ჩაზნექილი მხარე ქვევით არის მიმართული და ეროზიის ბაზისი მისი მხებია. მდინარეთა ეროზიის ბაზისის ზღვიური აუზია, რომელშიც მდინარე ჩაედინება. მაგალითად, მდ. მტკვრის ეროზიის ბაზისის დონე კასპიის ზღვის ზედაპირია, მდინარეების — დნებრის, დონის, ენგურის, რიონის — შავი ზღვა და ა. შ. მდინარის გასწვრივი პროფილის შემადგენელ ელემენტებზე წარმოდგენას იძლევა XXVII.5 ნახაზზე მოყვანილი სქემა.

მდინარე თავის არსებობისა და განვითარების პროცესში რამდენიმე სტადიას გადის. პირველ სტადიაზე, რომელიც მდინარის ახალ-



სახ. XXVII.5. მდინარის გასწვრივი პროფილი:

I — ხეშო წელი; II — შუა წელი; III — ქვეშო წელი; 1, 2, 3 — მდინარის პროფილის გამომუშავების თანმიმდევრული სტადიები; 4 — გასწვრივი პროფილი; 5 — სილრმითი ეროზიის მიმართულება; 6 — ეროზიის ბაზისი — ზღვის დონე.

გაზრდობის ეტაპს შეესაბამება, მისი კალაპოტი მნიშვნელოვნად დახრილია და წყლის ნაკადს დიდი სიჩქარე აქვს. აქ ინტენსიურად მიმდინარეობს სილრმითი ეროზია. ხეობა ვიწრო და ღრმაა, ციცაბო, ზოგჯერ შევეული ფერდობებით. ეს არის ტიპური მთის მდინარე. კალაპოტის წონასწორობის პროფილთან თანდათანობით მიახლოებისას მდინარე ჯერ მოწიფულობის, ხოლო შემდეგ სიბერის სტადიაში გადადის. ამ დროს კალაპოტის დახრილობა თანდათანობით მცირდება, ნაკადის სიჩქარე მნიშვნელოვნად კლებულობს, სილრმითი ეროზია იცვლება გვერდითი ეროზიით. მდინარე რეცხავს და ამუშავებს ხეობის ფერდობებს. ხეობა განიერდება, მონგრეული მასალა უმეტესად ადგილზევე ილექება, წყლის ნაკადი მცირდება. მდინარე აკეთებს მეანდრებს — ნაკადი მოძრაობს დაკლავნილ კალაპოტში, მდინარის სიგრძე და სიგანე მატულობს, რაც იწვევს წყლის ნაკადის მოძრაობის კიდევ უფრო შემცირებას. ბოლოს, როდესაც მყარდება წონასწორობა ნაკადის ცოცხალ ძალასა და ნაპირების რეცხვას შორის, გვერდითი ეროზია წყდება.

მდინარეთა სტადიური განვითარების თანმიმდევრობა ხშირად ირრვევა დედამიწის ქერქის მოძრაობის შედეგად, რაც თანამედროვე ტექტონიკური პროცესების გამოვლინების შედეგია. ასეთი მოძრაობები იწვევს მდინარის ეროზიის ბაზისის ან სათავეების დონეების ცვლელბადობას. ეროზიის ბაზისის დაწევა ან სათავეების აწევა იწვევს სილრმითი ეროზიის გააქტიურებას, მდინარე ახალგაზრდავდება, ხეობა ისევ ღრმავდება. ეროზიის ბაზისის აწევა ან სათავეების დაწევა კი აკუმულაციურ პროცესებს აძლიერებს და მდინარე სწრაფად ბერდება.

დაკვირვებები გვიჩვენებს, რომ მერიდიანული მიმართულების ხეობები ასიმეტრიული აგებულებისაა. ჩრდილო ნახევარსფეროში უფ-

რო ძლიერად მარჯვენა ფერდი განიცდის გვერდითი ეროზიის გავლენას, სამხრეთში კი — მარცხენა. ეს აიხსნება წყლის ნაკადზე დედამიწის ბრუნვის გავლენით. ბრუნვის პროცესში ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში მდინარის წყალი მუდმივად ებჯინება მარჯვენა ფერდს, სამხრეთში კი — მარცხენას. ეს მოვლენა მცირდება, რაც უფრო შორდება მდინარის ხეობის მიმართულება მერიდიანის მიმართულებას. რა თქმა უნდა, ხეობების ასიმეტრიულობის მიზეზი, გარდა აღნიშნულისა, შეიძლება იყოს ფერდობებზე შრეების განლაგების პირობები, ხეობის ექსპოზიცია, ძველი რელიეფის ფორმა და სხვა.

მდინარის ხეობა შედგება შემდეგი ელემენტებისაგან: ხეობის ფსკერი, ტალვეგი, კალაპოტი, ჭალა, ტერასები.

ფსკერი ხეობის ყველაზე დაბალი ადგილია, რომელიც მთლიანად ან ნაწილობრივ წყლით არის დაფარული. ფსკერზე უმეტესად დაგროვილია მდინარის მიერ ნაშალი და დამუშავებული მასალა.

ტალვეგი ხეობის ფსკერის ყველაზე დაბალი ნიშნულების შემერთებული წარმოსახვითი ხაზია.

კალაპოტი ხეობის ის ნაწილია, რომელიც წყლის ნაკადს უკავია. ნაკადის განივკვეთს ცოცხალი კვეთი ეწოდება. კალაპოტს მდინარის ხეობაში არ აქვს ერთი მუდმივი ადგილი. იგი შეიძლება ხეობის ფსკერზე გადანაცვლებას განიცდიდეს.

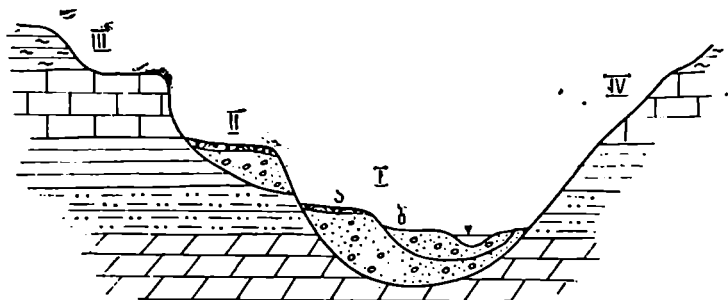
ჭალა მდინარის ხეობის ის ნაწილია. რომელიც წყლით იფარება წყალუხვობის პერიოდში. ამასთან, განასხვავებენ დაბალ და მაღალ ჭალას. დაბალი ჭალა ყოველწლიურად იფარება წყლით, ხოლო მაღალი ჭალა — 10—15 წელიწადში ერთხელ.

ტერასები ხეობის მეტად თვალსაჩინო მორფოლოგიური ელემენტია და გამოხატავს მდინარის განვითარების სხვადასხვა ეტაპს. თითოეული ტერასა არის ძველი ჭალა, რომელიც ეროზიის ბაზისის დაბლობების შედეგად მოსწორებულია მდინარის მიერ. წარმოშობისა და აღნაგობის მიხედვით მდინარის ტერასები სამი ტიპისაა: 1. ეროზიული, 2. აკუმულაციური, 3. შერეული.

ეროზიული ტერასები მაშინ წარმოიშობა, როდესაც მდინარე წარეცხავს ალუვიურ ნალექებს, შეიჭრება ძირითად ქანებში და გამოიმუშავებს მასში კალაპოტს. ასეთი ტიპის ტერასები უმეტესად მდინარის ახალგაზრდობის სტადიაში წარმოიქმნებიან, როდესაც სიღრმითი ეროზიის პროცესები სჭარბობს: ნალექდაგროვების პროცესებს. მსგავსი სახისაა სკულპტურული ტერასები, რომლებიც მხოლოდ ძირითად ქანებში არიან გამოკვეთილი. სკულპტურული ტერასების წარმოშობაში მდინარის გარდა არსებით როლს ასრულებს ეგზოგენური პროცესები, როდესაც ხდება მდინარის ხეობის შემადგენელი ძირითადი ქანების ე. წ. შერჩევითი დენუდაცია, ცალკეული

შრეების არათანაბარი სიმტკიცისა და გამოფიტვისადმი სხვადასხვა წინააღმდეგობის გამო.

აკუ მუ ლ ა ც ი უ რ ი ტერასები მთლიანად ალუვიურ ნალექებში არიან განვითარებულნი და მათი წარმოშობა მდინარის მიერ ადრე და-ნაგროვები ალუვიონის შემდგომი გარეცხვის შედეგია. ასეთი ტერასები ორი სახისაა: 1. მიბჯენილი და 2. ჩაღმული (ნახ. XXVII.6). მდინარის ხეობის მიმართ მდებარეობის მიხედვით ტერასები არის გასწვრივი და განივი.



ნახ. XXVII.6. მდინარის ხეობის ტერასები:

I — აკუ მუ ლ ა ც ი უ რ ი ტერასები; ა — მიბჯენილი, ბ — ჩაღმული; II — ეროზიული; III — სკულპტურული; IV — ხეობის ძირითადი ქანებისაგან აგებული ფერდი.

გასწვრივი ტერასები განლაგებულია ხეობის ფერდობის გასწვრივ პორიზონტალური ან თითქმის პორიზონტალური მოედნების სახით. მათ ხშირად ჰალისზედა ტერასებს უწოდებენ. ჰალისზედა ტერასების ათვისება იწყებენ ახლიდან ძველისაკენ. ტერასების რიცხვი მდინარის ხეობაში სხვადასხვაა და იგი მიუთითებს, თუ რამდენჯერ განუცდია მდინარეს ეროზიის ბაზისის ცვალებადობა. მდინარე მტკვარს თბილისის მიდამოებში აქვს 5 ჰალისზედა ტერასა, რომელთაგან ყველაზე ძველი მახათის მთის დონეს შეესაბამება. 5 ტერასა აქვს მდინარე დონსაც როსტოვის მახლობლად.

მდინარის მიერ გადაადგილებული და დამუშავებული ნამტვრევი მასალა ხეობაში წარმოდგენილია დამრგვალებული ლოდების, რიყის ქვების, ქვარგვალების, კენჭების, ხრეშისა და სხვადასხვა მარცვლოვანი ქვიშიან-თიხიანი ნალექის სახით. ამ მასალას ალუვიონი ეწოდება. დალექვის პირობების მიხედვით არჩევენ ალუვიონის რამდენიმე სახეს. იგი შეიძლება დაგროვდეს წყალდიდობის დროს ჰალაში და ჰალისზედა ტერასებზე. ეს იქნება ჰალის ალუვიონი. ხშირად ალუვიონი გროვდება მდინარის კალაპოტის ქვედა ნაწილში — კალაპო-

ტის ალუვიონი, და მდინარის შესართავში — დელტური ალუვიონი.

ჭალის ალუვიონი უფრო წვრილმარცვლოვანი მასალის შემცველობით ხასიათდება, ვიდრე კალაპოტის ალუვიონი. მისთვის დამახასიათებელია პორიზონტალური შრეებრივობა, ფენების მცირე სისქე და ქასალის კარგი დახარისხება. დელტური ალუვიონი ზღვისკენ დახრილ შრეებით არის შედგენილი, ამასთან შესართავთან ახლოს უფრო მსხვილი მასალაა დალექილი. ზღვისკენ კი მასალის ზომები მცირდება. მდინარის დელტებს დიდი ფართობები უკავია და ზღვისკენ სწრაფად იზრდება. მაგალითად, მდინარე თერგის დელტის ფართობი კასპიის ზღვაში ყოველწლიურად 0,5 კმ²-ით იზრდება.

მთის მდინარეების ალუვიონი ხასიათდება მსხვილი მასალის შემცველობით, რადგან ტალღეების დიდი დახრილობა ხელსაყრელ პირობებს ქმნის ქანების მსხვილი ნამტვრევების გადასატანად. ფსკერზე თანდათანობით გადაადგილებით ეს ნამტვრევები იშლიფება, გლუვდება და რიყნარ ლოდებად და ქვარგვალებად იქცევა. მთის მდინარეების ალუვიონი მასალის მრავალფეროვნებით და მაღალი ფილტრაციული თვისებებით გამოირჩევა. ცალკეულ შემთხვევაში ფილტრაციის კოეფიციენტის სიდიდე სჭარბობს 150 მ/დღელამეში.

მდინარეების გეოლოგიური განვითარების მსვლელობაზე არსებით გავლენას ახდენს ადამიანის საქმიანობა. მდინარის რომელიმე უბანზე წყლის ინტენსიურმა ექსპლუატაციამ წყალმომარაგების მიზნით შეიძლება გააძლიეროს ალუვიური მასალის აკუმულაცია. იგივე შედეგი შეიძლება იქნეს მიღებული მდინარეში სამთამადნო მრეწველობის ნარჩენი ფუჭი ქანის ჩაყრის შედეგად. სარწყავი ფართობებიდან წყლის დიდი რაოდენობით ჩაღვრამ მდინარეში შეიძლება გააძლიეროს ეროზიული პროცესი. მდინარის რეჟიმზე არსებით გავლენას ახდენს ჰიდროტექნიკური მშენებლობა. წყალსაცავების შექმნა, წყლის გადაგდება ბუნებრივი კალაპოტიდან სადერივაციო არხში ან გვირაბში მდინარის გეოლოგიური მოქმედების მკვეთრ თვისობრივ შეცვლას იწვევს. ცნობილია, რომ სევანის ტბის წყლის გამოყენებამ ჰიდროტექნიკური მიზნებისათვის მკვეთრად დაადაბლა ტბის საწყისი დონე და გამოიწვია იმ მდინარეების სიღრმითი ეროზია, რომლებიც ტბას ერთვის.

ტერიტორიის საინჟინრო-გეოლოგიური შეფასებისას მდინარეების გეოლოგიური მოქმედების შესწავლის დროს განსაკუთრებით საყურადღებოა ისეთი საკითხების გარკვევა, როგორიცაა კალაპოტის და ფერდობების გარეცხვის ინტენსიურობა და ალუვიური მასალის დალექვის სიჩქარე.

მდინარის ხეობა ძალიან ხშირად არის სხვადასხვა სახის მშენებლობის, განსაკუთრებით ჰიდროტექნიკური მშენებლობის ადგილი. ხე-

ოიის გეოლოგიური აგებულებისა და მასში მიმდინარე თანამედროვე გეოლოგიური პროცესების დეტალური შესწავლა მშენებლობის აუცილებელ წინაპირობას წარმოადგენს. ერთ-ერთი არსებითი ამოცანაა ალუვიური ნალექების საინჟინრო-გეოლოგიური თვისებების დადგენა. ამ ნალექების ამტანუნარიანობის განსაზღვრისას უნდა გავითვალისწინოთ მათი ახალგაზრდა ასაკი და ხისტი სტრუქტურული კავშირების არარსებობა. მშრალ მდგომარეობაში ალუვიური ნალექები ფხვიერი, შეუკავშირებელია. წვრილდისპერსიული, თიხური მასის შემცველობის შემთხვევაში ეს ნალექები ოდნავ შეკავშირებული ხდება. ალუვიურ ქვიშებს ფორიანობა ახასიათებს და მათი დინამიკური მდგრადობა ძლიერ დაბალია. ალუვიონის თიხოვანი სახესხვაობების სიმტკიცე და მდგრადობა დამოკიდებულია მათ მექანიკურ შედგენილობასა და ტენიანობაზე. ჩვეულებრივ ასეთი ქანები მაღალი კუმშვადობით ხასიათდება. ალუვიური რიყის ქვა და ხენჭა დატვირთვის პროცესში თითქმის არ მკვრივდება, მაგრამ ძალიან სუსტად ეწინააღმდეგება დინამიკურ დატვირთვებს. ალუვიურ ნალექებს ახასიათებს ლითოლოგიური შედგენილობის ხშირი ცვალებადობა მცირე ფართობებზე. ამიტომ მათზე ნაგებობის აგებისას მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული არათანაბარი ჯდომის შესაძლებლობა.

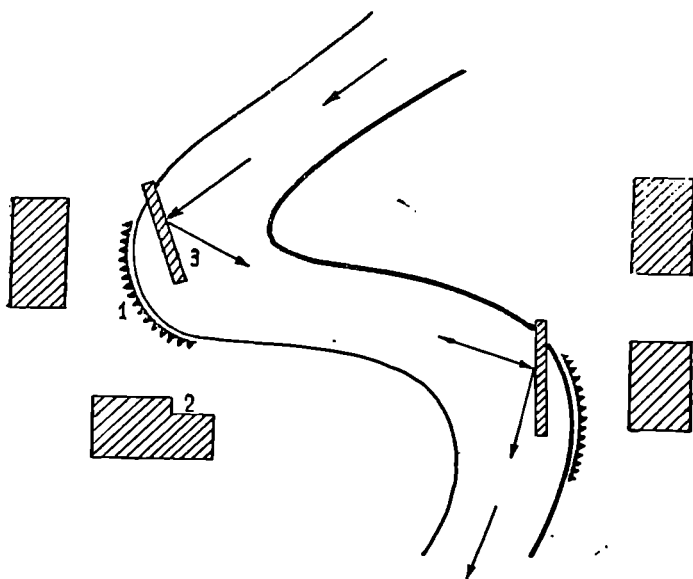
ალუვიური რიყის ქვა და ქვიშა კარგი სამშენებლო მასალაა და მათ ხშირად იყენებენ მშენებლობაში. განსაკუთრებით ფართოდ გამოიყენება ისინი როგორც ინერტული მასალა ბეტონის წარმოებაში.

XXVII.4. ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებანი

მდინარის ეროზიული მოქმედების შედეგად მნიშვნელოვნად მცირდება მშენებლობისათვის გამოსადეგი ფართობი. განსაკუთრებით საგულისხმოა ეროზიის შედეგები ისეთი ადგილებისათვის, რომლებიც მაქსიმალურად არის ათვისებული და გამოყენებული ადამიანის მიერ. ამიტომ მდინარის ეროზიის წინააღმდეგ ბრძოლა არსებითი, პრაქტიკული ამოცანაა. მდინარის როგორც სიღრმითი, ასევე გვერდითი ეროზია ფერდობების წონასწორობას არღვევს. ფერდობის დახრის კრიტიკული კუთხის გაზრდა კი მიწის მასების მოძრაობის გამომწვევ მიზეზად გვევლინება. ამიტომ არის, რომ მდინარის აქტიური ეროზიის ზოლში ხშირია მეწყრები, ზვავები და მსგავსი გრავიტაციული პროცესები.

გვერდით ეროზიას ებრძვიან ნაპირების გამაგრებით და მდინარის დინების რეგულირებით. ნაპირის მორფოლოგიისა და გეოლოგიური პირობების გათვალისწინებით ხდება გამაგრების ცალკეული სახეების შერჩევა. ქალაქების და დასახლებული პუნქტების ფარგლებში აგებენ

სახაპიროებს, საყრდენ კედლებს, სხვა ადგილებში — ქვის ყორეებს, დამბებს და ა. შ. ნაკადმიმმართველი კედლები, დამბები და ბუნები არეგულირებს მდინარის დინების მიმართულებას და მნიშვნელოვნად ამცირებს ეროზიის პროცესს (ნახ. XXVII.7).



ნახ. XXVII.7. მდინარის ეროზიული ნაპირების დაცვა ნაკადმიმმართველი კედლებით: 1 — ეროზიული ნაპირები; 2 — შენობები; 3 — ნაკადმიმმართველი კედლები.

ზოგჯერ აუცილებელია მდინარის წყალქვეშა ნაწილში კალაპოტის გამაგრება. ამისათვის იყენებენ სპეციალურ ლითონის ბადეებს, რომლებშიც ჩატვირთულია სიპი ქვის ლოდები. წყალზედა ნაწილის გასამაგრებლად იხმარება რკინა-ბეტონის ბლოკები და ფილები, საყრდენი კედლები.

სიღრმითი ეროზია განსაკუთრებით საშიშია ხიდების ბურჯებისათვის. ამიტომ ეს უკანასკნელნი საკმაოდ უნდა იყოს ჩალრმავებული მდინარის კალაპოტის ქვევით. საჭიროა ყინულის მოძრაობის გათვალისწინებაც. ხიდის ბურჯებთან ყინულის ჩახერგვამ შეიძლება გამოიწვიოს მდინარის დონის მკვეთრი აწევა და ახლომდებარე რაიონების დატბორვა.

მდინარის ეროზიული მოქმედება განსაკუთრებით ძლიერდება წყალდიდობის პერიოდში, ამიტომ საჭიროა ხეობის ფერდობებისა და ნაგებობების დაცვა მიწის დამბებით, ქვის ყორეებით და სხვა ნაგე-

ბობებო. რომელთა მიზანია წყალდიდობისას წყლის ეროზიული ძალის მნიშვნელოვნად შემცირება. ამ თვალსაზრისით მშენებლობისათვის ხელსაყრელია შეიარჩეს ხეობის ისეთი უბნები, რომლებიც არ იტბორება და აქტიურად არ ირეცხება.

გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ ეროზიისაგან ნაპირების დაცვის მაქსიმალური ეფექტი მიიღება მაშინ, როდესაც კაპიტალური და პროფილაქტიკური ღონისძიებანი შეიარჩევა კომპლექსურად, მათი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების გათვალისწინებით.

XVII.5. სელური ნაკადები

ს ე ლ ე ბ ს ანუ ღვარცოფებს უწოდებენ მთაგორიან რაიონებში კოკისპირული წვიმების ან თოვლის სწრაფად დნობის შედეგად წარმოშობილ დროებით ნაკადებს, რომლებშიც დიდი რაოდენობით არის ქანების ნაშალი მასალა. ასეთ ნაკადებს გააჩნია მნიშვნელოვანი სიჩქარე, დიდი დამანგრეველი ძალა და წარმოქმნის მათთვის დამახასიათებელ დანაგროვებს ხეობის შესართავთან. ციკაბო ფერდობებიდან დაშვებული მძლავრი ნაკადი თან წაიტაცებს ქანების ნამტვრევებს და ზოგჯერ უზარმაზარ ლოდებსაც. ეს ქვალორიანი მასა გადაადგილებისას ანგრევს ფერდობის ამგებ ქანებს, მონგრეულ მასალას იერთებს და მიემართება ხეობის შესართავისაკენ, სადაც გამოიტანს ამ ნაშალ მასალას და გაფენს გამოტანის კონუსის სახით. სელის მიერ გამოტანილი მასალა შედგება თითქმის მთლიანად დაუმუშავებელი ნატეხები-საგან და სრულიად დაუხარისხებელია; დიდ ლოდებს შორის შეიძლება ჭვიშიან-თიხიანი მასალაც იყოს. სელური ნაკადების გამოტანის კონუსებში დაგროვილ მასალას ეწოდება პ რ ო ლ უ ვ ი უ რ ი ნ ა ლ ე ქ ე ბ ი ანუ პ რ ო ლ უ ვ ი ო ნ ი.

ცნობილია ბევრი სელური კატასტროფა. მაგალითად, 1938 წელს ქალაქ ლოს-ანჯელესში სელმა შემოიტანა 11 მილიონ მ³-ზე მეტი ქვალორიანი მასა, რომელმაც გამოიწვია კოლოსალური ზარალი, ადამიანთა მსხვერპლმა 200-ს გადააჭარბა. 1970 წელს პერუში მოსულმა ინტენსიურმა წვიმებმა წარმოშვეს მძლავრი სელური ნაკადები, რომლებმაც დაფარეს დასახლებული პუნქტები. ამ დროს დაიღუპა 50 ათასზე მეტი ადამიანი.

სელურმა ნაკადმა რამდენიმეჯერ მნიშვნელოვანი ზარალი მიაყენა ქალაქ ალმა-ატას. უკანასკნელად ყველაზე დიდი სელი აქ აღინიშნა 1973 წლის 15 ივლისს, როდესაც ნაკადის მაქსიმალურმა ხარჯმა შეადგინა 2—3 ათასი მ³/წმ.

საქართველოს სსრ-ში ყველაზე მნიშვნელოვანი სელური კერა არის მდინარე დურუჯის ხეობაში, ყვარელთან. ამ მთის მდინარეს ყოველ-

წლიურად გამოაქვს იურული ასაკის თიხა-ფიქლების ნაშალი დიდძალი მასალა და ალაზნის ველზე ლექავს, რითაც მნიშვნელოვან საშიშროებას უქმნის ქალაქ ყვარელს.

საერთოდ, სელები გავრცელებულია თითქმის ყველა მთაგორიან რაიონში. საბჭოთა კავშირში იგი უფრო ხშირია შუა აზიაში, ჩრდილო კავკასიაში და ამიერკავკასიაში, ყირიმში, კარპატებში, ბაიკალისპირეთში, შორეული აღმოსავლეთის მთიან რაიონებში.

სელების წარმოქმნისათვის, გარდა ხანგრძლივი კოკისპირული წვიმებისა, აუცილებელია მთის მდინარის აუზის საკმაოდ დიდი ფართობი, მცენარეულობით დაუფარავი ფერდობები, სადაც ინტენსიურია ქანების გამოფიტვა, რაც იძლევა დიდი რაოდენობის ნაშალ მასალას.

არჩევნ სტრუქტურულ და ტურბულენტურ სელურ ნაკადებს. სტრუქტურული ანუ შეკავშირებული სელური ნაკადი დიდი რაოდენობით შეიცავს მყარ მასალას, მათ შორის თიხოვან მასალასაც, რაც ამ ტიპის სელებს ბლანტ-დენადი მასის იერს აძლევს; სტრუქტურული ნაკადების მოცულობითი წონა მაღალია — 1,6—1,9 ტ/მ³. მართალია, ამ ბლანტი მასის მოძრაობის სიჩქარე წყლის ნაკადის სიჩქარეზე ნაკლებია, მაგრამ მას დიდი დამანგრეველი ძალა აქვს. მოძრაობის გზაზე სტრუქტურულ სელს ყველაფრის წალეკვა შეუძლია. ტურბულენტური სელები შედარებით უფრო ნაკლებ მყარ მასალას შეიცავს და მათი მოძრაობის სიჩქარე ჩვეულებრივ წყლის ნაკადის სიჩქარისაგან ბევრად არ განსხვავდება. ამ ტიპის სელებში თიხოვანი მასალის შემცველობა მცირეა, მათი მოცულობითი წონა 1,3—1,6 ტ/მ³ უდრის.

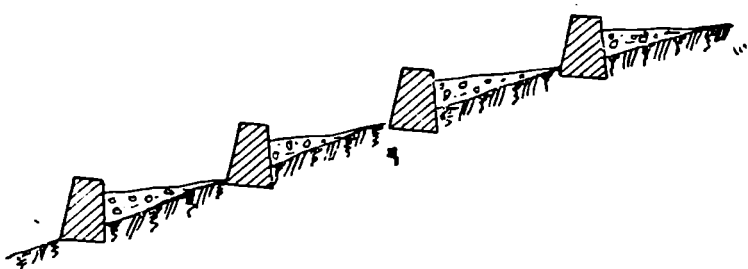
სელები დიდ ზარალს აყენებს სახალხო მეურნეობას, სპობს სათეს ფართობებს, ბალებს, ანგრევს შენობებს და სხვადასხვა საინჟინრო ნაგებობებს, საავტომობილო გზებსა და რკინიგზებზე ხერგავს ხიდებქვეშა გასასვლელებს, რეცხავს ან ავსებს მყარი მასალით გზის ვაკისს, აზიანებს ხიდებს, საყრდენ კედლებს. ამ შედეგების სალიკვიდაციოდ საჭირო ხდება დიდი მოცულობისა და ღირებულების აღდგენითი სამუშაოების ჩატარება. სელური ნაკადების შესწავლა და პროგნოზი რთული კომპლექსური ამოცანაა, ვინაიდან ამ დროს საჭიროა ყველა ბუნებრივი პირობის გათვალისწინება, რომლებიც ხელს უწყობენ ამ პროცესის წარმოქმნას.

საინჟინრო-გეოლოგიური ძიების დროს დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს საშიში უბნების გამოვლინებას. სელურ კერებში არჩევნ: 1. წყალშეკრების მოედანს, 2. სელის მოძრაობის შესაძლო გზას, 3. სელური მასალის აკუმულაციის უბანს.

სელის წარმოქმნას ზოგჯერ ხელს უწყობს მთიან რაიონებში ტყეების გაკაფვა და მთაგორიან ადგილებზე მცენარეული საფარის და ნიდაგის ფენის მოსპობა, ამიტომ სელსაში რაიონებში დიდი ყურად-

ლება უნდა მიექცეს საძოვრების რაციონალურად შერჩევას, ტყის დაცვას და საერთოდ სატყეო-მელიორაციულ და აგროტექნიკურ ღონისძიებებს.

სელების საწინააღმდეგოდ ტარდება სპეციალური პროფილაქტიკური ღონისძიებანი და მათ შორის საინჟინრო ნაგებობათა მშენებლობა. ღონისძიებები შეირჩევა აუზის ზონების მიხედვით. მაგალითად, წყალშეკრების ზონაში მიზანშეწონილია ტყე-მცენარეულობის გაშენება, ტრანზიტის და აკუმულაციის ზონაში — საყრდენი კედლების და მსგავს ნაგებობათა აგება. პროფილაქტიკური ღონისძიებები ერთის მხრივ ტარდება სელის წარმოქმნის თავიდან ასაცილებლად ან მისი მოქმედების შესაკავებლად წარმოქმნის მომენტშივე. მცენარეულობის გაშენება ძირითადი პროფილაქტიკური ღონისძიებაა. მცენარის ფესვები ამაგრებს ელუვიონს, ასუსტებს გარეცხვის პროცესს. ტყე არეგულირებს ჩამონადენს. სელის მოძრაობის გზაზე ხეობის კალაპოტში აგებენ სპეციალურ განივ ჯებირებს, რომლებიც აკავებენ სელურ ნაკადს და აგროვებენ მყარი მასალის გარკვეულ რაოდენობას (ნახ. XXVII.8). ენოშენელოვან ეფექტს იძლევა ფერდობების დატერასებაც.



ნახ. XXVII.8. სელური ნაკადის შემაკავებელი განივი ჯებირები.

ბოლო ხანებში სელური ნაკადების წინააღმდეგ იყენებენ კაშხლებს, რომლებიც წარმოიქმნება მიმართული აფეთქებებით. 1966 წელს ასეთი კაშხალი შეიქმნა მედლოს მაღალმთიან ხეობაში ალმა-ატასთან. კარგ ეფექტს იძლევა სელდამკერი ქვაბურების და აუზების მოწყობა სელის მოძრაობის გზაზე. სელის მასა ჩადის ამ ნაგებობებში, წყალი იფილტრება და მყარი მასა თანდათანობით ავსებს მათ. სელური ნაკადის დარტყმის ძალისაგან ნაგებობათა დასაცავად აგებენ ნაპირგასამაგრებელ საყრდენ კედლებს. მათი ზომები და კონსტრუქცია გათვლილი უნდა იყოს მაქსიმალური სიძლიერის სელურ

ნაკადზე. საგზაო ნაგებობის დასაცავად ყველაზე რაციონალურია სელ-
გადამშვებების მოწყობა რკინა-ბეტონის ან ქვის ღარების სა-
ხით, რომლებიც გაატარებს სელურ მასას ნაგებობის ზევით ან ქვე-
ვით.

XXVIII თავი

ზღვების გეოლოგიური მოქმედება

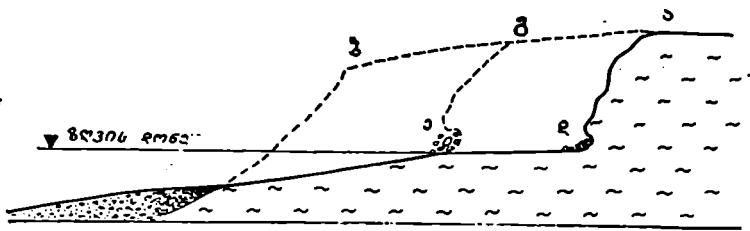
XXVIII.1. აბრაზიის პროცესი

ზღვა უდიდეს როლს თამაშობს დედამიწის გეოლოგიურ განვითარებაში. ძველ ზღვებსა და ოკეანეებში წარმოქმნილმა ნალექებმა დედამიწის დანალექი საფარი შექმნა. ნალექების დაგროვებაში მეტად მნიშვნელოვანია თანამედროვე ჰიდროსფეროს როლიც. ატმოსფერულ წყლებს, ჰაერის ნაკადებს, კონტინენტურ ყინულის მასებს და ძირითადად კი უამრავ მდინარეს ყოველწლიურად ზღვაში ჩააქვს დაახლოებით 10 კმ³ მყარი მასალა, რომელიც ზღვას გადააქვს, ახარისხებს და ლექავს ფსკერის უზარმაზარ სივრცეზე. ამრიგად, ზღვიურ აუზებში, როგორც უწოდებენ ზღვებსა და ოკეანეებს, მიმდინარეობს ნგრევის, დაშლილი მასალის გადატანის, ნალექების დაგროვებისა და დანალექი ქანების წარმოქმნის რთული პროცესები.

ეს პროცესები ყველაზე აქტიურად სანაპირო თხელი ზღვის ზონაში, ეგრეთწოდებულ შელფის ზონაში, მიმდინარეობს 0-დან 200 მ სიღრმეზე. შელფი ყოველი მხრიდან ეკვრის ხმელეთს სხვადასხვა სიგანის ზოლის სახით და წარმოადგენს კონტინენტების წყალქვეშა გაგრძელებას. შელფის ფართობი ზღვებისა და ოკეანეების ფართობის 7,6% შეადგენს. უშუალოდ ხმელეთთან შეხების ადგილას ზღვა ახდენს დამანგრეველ მოქმედებას, რომელიც გამოწვეულია ტალღების მექანიკური დარტყმებით ხმელეთზე.

ზვირთცემის შედეგად ნაპირის გასწვრივ წარმოიშობა ღრმული, რომელიც თანდათან დიდდება და მის ზევით დაკიდებული კლდოვანი ნაპირი ჩამოინგრევა სიმძიმის ძალით. ტალღები აიტაცებს ქანების ნამსხვრევებს და ამრიგად, ტალღის დარტყმით ძალას ემატება მყარი ნამსხვრევი მასალის დარტყმის ძალაც.

ზღვის გეოლოგიურ მოქმედებას, რომელიც გამოიხატება სანაპირო ზოლის ამგები ქანების დაშლაში, აბრაზია ეწოდება (ლათინურად ჩამოჭრა, ჩამოფხეკა) (ნახ. XXVIII.1).



ნახ. XXVIII.1. ზღვის ნაპირის ნგრევა ტალღის მოქმედების შედეგად:
 აბ — სანაპირო ფერდის საწყისი კონტური; ვდ — სანაპიროს დამლის შედეგად წარმოქმნილი მოედანი — პლაჟი.

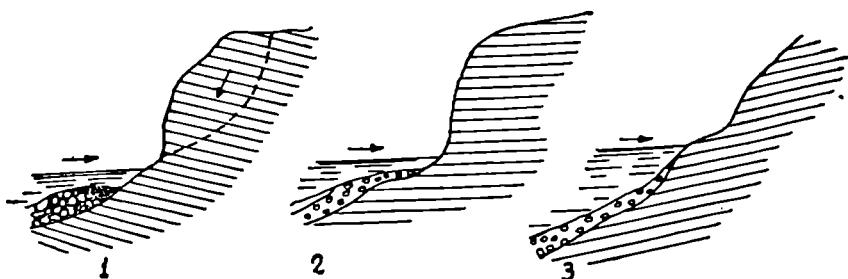
აბრაზიის პროცესი პირდაპირ დამოკიდებულებაშია წყლის მოძრაობის თავისებურებებთან, ქარების ინტენსიურობასა და მიმართულებასთან, დინებებთან და ა. შ.

ნაპირის ნგრევისა და მასალის აკუმულაციის პროცესი დამოკიდებულია სანაპიროს რელიეფზე. დიდი მნიშვნელობა აქვს ნაპირის დახრას, ვინაიდან იგი განსაზღვრავს ტალღის ენერგიის ჩაქრობის ხასიათს. ციკაბო ნაპირზე ტალღის მექანიკური ზემოქმედების ძალა მაქსიმალურად ვლინდება და ამ დროს წარმოიქმნება აბრაზიული სანაპირო პროფილი. თუ ნაპირი დამრეცია, ტალღის ენერგია მის ზედაპირზე წყლის მასის გადაადგილებაზე იხარჯება, რომლის პროცესში ხდება ნაშალი მასალის გადაადგილება, დახარისხება და დალექვა, წარმოიქმნება აკუმულაციური სანაპირო პროფილი.

საინჟინრო-გეოლოგიური თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია აბრაზიული სანაპირო პროფილის წარმოქმნა, ვინაიდან ეს პროცესი დაკავშირებულია ნაპირების ნგრევასთან, რაც სერიოზულ საფრთხეს უქმნის საინჟინრო ნაგებობებს. აბრაზიის პროცესს ძირითადად განაპირობებს ზვირთვება და შედარებით უფრო ნაკლებად — სხვადასხვა დინებანი (სანაპირო, ფსკერის, აგრეთვე მოქცევა-უკუქცევა).

ზღვის ტალღის დარტყმის ძალა მნიშვნელოვანია. მაგალითად, შავ ზღვაზე ძლიერი შტორმის დროს აღრიცხული იყო დარტყმის ძალა 12 ტ/მ². ოკეანის სანაპიროზე იგი გაცილებით მეტია და შეიძლება აღწევდეს 10—30 ტ/მ²-ზე. ზღვის დიდი ლეღვის დროს შეიძლება გადაადგილდეს უზარმაზარი ლოდები და ბეტონის ბლოკები 30—40 ტ წონით და ამ დროს ტალღის სიმაღლემ ორ ათეულ მეტრს გადააჭარბოს. ზღვის სიღრმის ზრდასთან ერთად ტალღის ზემოქმედების ინტენსიურობა მნიშვნელოვნად მცირდება. ზღვის სანაპიროების აბრაზიის სიჩქარე სხვადასხვაა და დამოკიდებულია მთელ რიგ ფაქტორებზე. ძირითადი ფაქტორებია ზვირთვემის ძალა, მისი სიხშირე და ნაპირის ამგები ქანების მექანიკური თვისებები. ოდესის რაიონში ნა-

პირის გარეცხვის სიჩქარე 1,5—2 მეტრია წელიწადში, სოჭის რაიონში 3—4 მ; ხოლო აზოვის ზღვის თიხოვანი სანაპირო ირეცხება 12 მ/წელიწადში სიჩქარით. არსებითი მნიშვნელობა აქვს შრეების განლაგებასაც (ნახ. XXVIII.2). მაგალითად, ყველაზე სწრაფად იშლება ქანე-



ნახ. XXVIII.2. ზღვის სანაპიროს მდგრადობა შრეების დახრის შესაბამისად:
1 — მინიმალური; 2 — საშუალო; 3 — მაქსიმალური.

ბი, რომელთა შრეები მცირე კუთხით არის დახრილი ხმელეთისაკენ, ხოლო ყველაზე ნაკლებად, — როცა ასეთივე დახრა აქვთ ქანებს ზღვისაკენ. ამ შემთხვევაში ტალღები ასრიალდება შრეებრივობის ზედაპირზე და ნგრევა მინიმალურია, თუმცა თიხოვან ქანებში შრეების ასეთი განლაგებისას შეიძლება წარმოიშვას მეწყერი, როგორც, მაგალითად, სოჭი-ტუაფსეს რაიონში. ნაპირები, სადაც შრეები თარაზულად არის განლაგებული, გარეცხვის მიმართ უმეტესად მდგრადია.

აბრაზიული პროცესის ხანგრძლივი ზემოქმედების გამო ნაპირები გარკვეულ მოხაზულობას იძენს. იქ, სადაც ნაპირის ამგები ქანები სხვადასხვა შედგენილობისაა და გარეცხვისადმი წინააღმდეგობის უნარი სხვადასხვა აქვთ, ნაპირების მოხაზულობა უსწორმასწოროა, ერთგვაროვან ქანებზე აბრაზიული ზემოქმედების დროს კი სანაპირო ხაზი მდოვრება.

ზღვის აბრაზიული ზემოქმედების შედეგად მიიღება მოსწორებული ზედაპირები — ზვირთეშის ტერასები, რომლებიც შეიძლება აგებული იყოს ძირითადი ქანებითაც და ზღვიური (აკუმულაციური) ნალექებითაც. ზღვის სანაპირო ზოლში ჩვეულებრივ ასეთი ტერასების რამდენიმე საფეხურია როგორც ზღვის თანამედროვე დონის ზევით, ასევე წყალქვეშაც. ეს მიუთითებს ზღვის დონის ცვალებადობაზე, რომლის დროსაც ხდებოდა ზღვის ხმელეთზე შეპოქრა, ან პირიქით — უკანდახევა. თანამედროვე ზღვიური ტერასა უშუალოდ ზღვისა და ხმელეთის გამყოფი ხაზის მიმართულებას ემთხვევა და იგი ვრცელ-

დება როგორც ნაპირზე, ასევე წყალქვეშ. ტერასის წყალზედა ნაწილი პლაჟს უჭირავს. პლაჟი ეწოდება ნაპირის იმ მოსწორებულ ნაწილს, რომელიც მაქსიმალური ზვირთცემის დროს წყლით იფარება. პლაჟი, მასზე განლაგებული კენჭების ან ქვიშის საფარით, აბრაზიისაგან ნაპირის საიმედო დამცველია. თუ პლაჟის სიგანე საკმაოდ დიდია (20 მ-ზე მეტი), ზვირთცემის ენერგია მის ფარგლებში იხარება და ძირითადი ქანებით აგებული ნაპირის აბრაზია არ მიმდინარეობს. ნაპირზე პლაჟის შემადგენელი საფარის მოცილება ხელს უწყობს აბრაზიის გააქტიურებას.

მექანიკური ნგრევის გარდა ზღვის წყალი ქანებსა და სამშენებლო მასალაზე ქიმიურ ზეგავლენასაც ახდენს. პირველ რიგში ალსანიშნავია გახსნა. ზოგ შემთხვევაში საკმაოდ მნიშვნელოვანია ზღვიური ორგანიზმებისა და მცენარეების გავლენაც. მაგალითად, პლანქტონი, ფარავს რა კლდის ან ბეტონის წყალქვეშა ნაწილს, იწვევს მის თანდათანობით დაშლას.

ზღვის გეოლოგიურ მოქმედებაში გარკვეულ როლს ასრულებს მოქცევა-უკუქცევის პროცესი, რომელიც იწვევს სანაპირო ზოლის პერიოდულ დატბორვას და დაშრობას. მოქცევა-უკუქცევის ზომიერ ოკეანეებსა და გაშლილ ზღვებში ზოგჯერ 10 მეტრს აჭარბებს. მაგალითად, ოხოტის ზღვის სანაპიროზე იგი 12—13 მეტრია. სანაპირო ზოლის სიგანე, რომელიც ამ პროცესის ზეგავლენას განიცდის, ზოგჯერ რამდენიმე კილომეტრს აღწევს. ჩაკეტილ ზღვებში მოქცევა-უკუქცევა ძალიან სუსტადაა გამოსახული და მას პრაქტიკული მნიშვნელობა არც აქვს.

ზღვის ნგრევით მოქმედებას თან ახლავს ამ მასალის გადატანა — ტრანსპორტირება და დალექვა. ზღვას უხდება მის აუზში ჩატანილი დიდძალი მყარი მასალის გადატანა-დალექვა. ზვირთცემისას მსხვილი მასალა პლაჟზე ან ფსკერზე გადაგორდება, იცვითება და ქუცმაცდება. შედარებით წვრილი მასალა ატივტივებული სახით გადაიტანება ნაპირიდან უფრო მოშორებით. ნაშალი მასალის ანუ ნარიყის გადაადგილება სწრაფად ხდება, თუ ტალღები ნაპირისადმი გარკვეული კუთხით არის მიმართული. ამ შემთხვევაში ნაშალი მასალა გადაადგილება ნაპირის გასწვრივ. ძლიერი ზვირთცემისას ასეთი გადაადგილება სიჩქარე მნიშვნელოვანია. მაგალითად, შავი ზღვის სანაპიროზე, სოჰის რაიონში, აღნიშნულია შემთხვევები, როდესაც წვრილი ნამტვრევი მასალა გადაადგილებულია ნაპირის გასწვრივ დღელამეში 700 მ მანძილზე, ხოლო მოზრდილი კენჭები — 100 მეტრზე. მასალის ასეთი გადაადგილება გავლენას ახდენს პლაჟების სიდიდეზე, კერძოდ, ზრდის ან ამცირებს მას.

ზღვის გეოლოგიური მოქმედების დასკვნითი სტადიაა ე. წ. წონასწორობის პროფილის მიღწევა, როდესაც მყარდება დინამიკური წონასწორობა ქანების გარეცხვისადმი მდგრადობასა და ზღვის აბრაზიულ მოქმედებას შორის.

თანამედროვე ზღვებისა და ოკეანეების სანაპიროები განვითარების სხვადასხვა სტადიაში იმყოფება. მათი სანაპიროს პროფილის ფორმირება შორეულ გეოლოგიურ წარსულში დაიწყო და ახლაც გრძელდება.

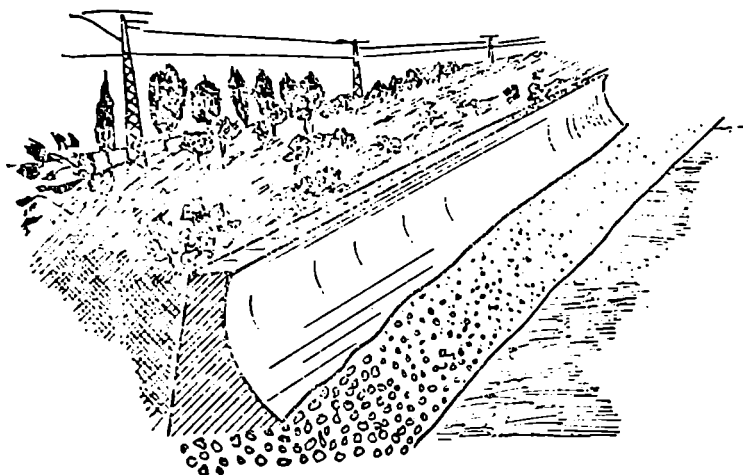
XXVIII.2. აბრაზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებანი

ზღვის აბრაზიული მოქმედება მნიშვნელოვან ზარალს აყენებს სახალხო მეურნეობას. მცირდება მეტად საჭირო ფართობები ზღვის სანაპიროებზე, ზიანდება შენობები, საგზაო, ჰიდროტექნიკური, სანაოსნო დანიშნულების, აგრეთვე სანაპიროს დაცვისათვის განკუთვნილი ნაგებობანი და სხვა.

აბრაზიას ებრძვიან სპეციალური დამცავი ნაგებობებით. ისინი ორი კატეგორიისაა: პასიური და აქტიური დაცვის ნაგებობანი. პასიური დაცვის ნაგებობანი უშუალოდ განიცდიან ზვირთცემის მექანიკურ ზეგავლენას და შედარებით სწრაფად დეფორმირდებიან და ინგრევიან. აქტიური დაცვის ნაგებობები კი აგროვებენ და აკავებენ ნარიყს. ამ შემთხვევაში ტალღების ენერგია იხარჯება ძირითადად პლაჟის შემადგენელი მასალის გადაადგილებასა და ცვეთაზე. ამიტომ ამ ტიპის დამცავი ნაგებობანი უფრო საიმედოა და ექსპლუატაციის ხანგრძლივობით ხასიათდება.

პასიური დაცვის ღონისძიებებს მიეკუთვნება ნაპირის გასწვრივ განლაგებული ტალღამრეკლი კედლები. ტალღის დარტყმის ძალის და აშხეფვის შესამცირებლად კედლის ზღვისკენ მიმართული მხარე შეზნეჭილია (ნახ. XXVIII.3). კედლებს აგებენ მონოლითური რკინა-ბეტონისაგან და მათი მუშაობის ვადის გასაგრძელებლად ზვირთ აპირკეთებენ ბუნებრივი ქვით.

აქტიური დაცვის ნაგებობებიდან აღსანიშნავია ზღვის ბუნა და ტალღამჭრელი. ბუნა ნაპირის მართობულად ან მისადმი გარკვეული კუთხით განლაგებული რკინა-ბეტონის კედელია, რომელიც ზღვის ზედაპირიდან 0,5—1,0 მ-ით არის ამოზიდული. უკანასკნელ ხანებში მის ასაგებად იყენებენ რკინა-ბეტონის ასაწყობ ბლოკებს. ბუნა აკავებს ნაპირის გასწვრივ მოძრავ ნარიყს და აბრკოლებს მის მოძრაობას. ტალღამჭრელი აიგება ზღვაში ნაპირის პარალელურად, მისგან 25—40 მ დაშორებით. მისი დაშორება დამოკიდებულია



ნახ. XXVIII.3. ბეტონის მასიური ტალღამრეკლი კედელი, რომლის ზღვისაქენ მიმართული ზედაპირი შეზნეჟილია.

სანაპირო ზოლში წყალქვეშა ფერდის დახრაზე. ტალღამრეკლის ზედა ნაწილი ზღვის ზედაპირიდან 0,3—0,5 მ-ზეა ამოშვერილი. მისი ზღვისაქენ მიმართული მხარე დამრეცია. ზვირთვემის დროს ტალღა გადაევლება რა ტალღამრეკლს, კარგავს ენერგიას და მის მიერ გადასროლილი კენჭები და ქვიშა ზღვაში უკვე აღარ ბრუნდება, რადგან მას კედელი აკავებს. ასე თანდათანობით ტალღამრეკლსა და ნაპირს შორის ზოლი ივსება ნაშალი მასალით და ხელოვნურად ფართოვდება პლაჟის ზონა.

ნაპირების დასაცავად იყენებენ აგრეთვე რკინა-ბეტონის ტეტრაპოდს, რომელიც წარმოადგენს წაკვეთილი კონუსის ფორმის ოთხად განტოტვილ სხეულს. იგი კარგად მაჯრდება როგორც ჩვეულებრივ, ასევე ციცაბო ნაპირზე და იცავს მას გარეცხვისაგან.

აბრაზიის ინტენსიურობა უშუალო კავშირშია პლაჟის საფარის სიდიდესთან, ამიტომ ღონისძიებათა განხორციელებისას პირველ რიგში უნდა უზრუნველყოთ არსებული პლაჟის ზონის დაცვა. დაუშვებელია მასალის გატანა სამშენებლო მიზნებისათვის, უშუალოდ პლაჟის ზონაში სამშენებლო მოედნების მოწყობა და სხვა.

ტბებისა და წყალსაცავების გეოლოგიური მოქმედება. ჭაოზები

XXIX.1. ტბები. ტბური ნალექები

ტბები ბუნებრივ ტაფობებში წარმოქმნილი წყალსატევებია, რომლებსაც ზღვებსა და ოკეანეებთან კავშირი არ აქვთ. ტბებში წყლის სარკის ფართობი შეიძლება რამდენიმე ჰექტარიდან ათეულ ათასობით კვადრატულ კილომეტრამდე იცვლებოდეს. ასევე განსხვავებულია ტბების სიღრმეც რამდენიმე ათეული სანტიმეტრიდან მრავალ ასეულ მეტრამდე. ტბებს ხმელეთის მთელი ფართობის 2% უკავია, ხოლო ფინეთში — ქვეყნის ტერიტორიის 15%. საბჭოთა კავშირში 250 000-ზე მეტი ტბაა. განსაკუთრებით ბევრია ისინი კარელიაში, ნოვგოროდისა და კალინინის ოლქებში და ციმბირის ზოგიერთ რაიონში. ბევრი ტბის სანაპირო საკმაოდ მჭიდროდ არის დასახლებული და ფართოდ გამოიყენება სამრეწველო და საქალაქო მშენებლობისათვის. ამიტომ არის, რომ ტბიანი რაიონების საინჟინრო-გეოლოგიური შესწავლა მნიშვნელოვან ამოცანად ითვლება.

ტბების ტაფობები სხვადასხვა წარმოშობისაა. ერთ-ერთი ტიპია ტექტონიკური ტაფობები. ისინი წარმოიქმნება დედამიწის ქერქის ნაოჭა ან წყვეტითი დეფორმაციების შედეგად. ტექტონიკურ ტბებს მიეკუთვნება. მაგალითად, ბაიკალი, ლადოგის, ონეგის ტბები, ტანგანიკა, სევანი და სხვა. გარდა ტექტონიკურისა, ვხვდებით ეროზიული, მყინვარული, კარსტული წარმოშობის ტბებს, ვულკანის კრატერებში ჩამდგარ ტბებს, ჩაკეტილ ნამდინარეებს, რომლებიც ტბებად იქცნენ და სხვა.

ტბები, ზღვების მსგავსად, ასრულებენ გეოლოგიურ სამუშაოს, რომელიც გამოიხატება ნაპირების ნგრევასა და მასალის დაღეჟვაში, თუმცა ამ მუშაობის მასშტაბები გაცილებით მცირეა.

ტბიური აბრაზია ქარის მიერ წარმოქმნილი ტალღებითაა გამოწვეული. ტბიური ტერასა შეიძლება იყოს ეროზიული, გამომუშაებული ძირითად ქანებში, და აკუმულაციური, აგებული ტბიური ნალექებით. ტერასების ჩამოყალიბება მიმდინარეობს ტბის დონის შეცვლის შესაბამისად. ტბის დონის თითოეული ცვალებადობა, აზვეების ან დაწვევის სახით, იწვევს აბრაზიული პროცესის გააქტიურებას. დონის ცვალებადობის ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზია დედამიწის ქერქის ტექტონიკური მოძრაობა, თუმცა ბოლო ხანებში სულ უფრო ძლიერდება ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის როლი ტბების დონეების

ცვალებადობაში. მაგალითად, ცნობილია, რომ ჰიდროტექნიკური მიზნებისათვის სევანის ტბის გამოყენების გამო ღონემ მნიშვნელოვნად დაიწია, რასაც აბრაზიული და ეროზიული პროცესების გააქტიურება მოჰყვა. ირკუტსკის ჰიდროელექტროსადგურის აგებამ ბაიკალის ტბის ღონე 1 მეტრით ასწია. ამან კი გამოიწვია ნაპირების გარეცხვა და გადამუშავება საშუალოდ 10 მეტრის სიგანის ზოლში. ზოგიერთ ადგილას კი ამ ზოლის სიგანემ რამდენიმე ათეულ მეტრს მიაღწია.

ტბების მიერ ნაპირების დამუშავებას ისეთივე მეთოდებით ებრძვიან, როგორც ზღვიურ აბრაზიას, მაგრამ საინჟინრო ნაგებობანი აქ გაცილებით უფრო მცირე ზომისაა. ამ ნაგებობათა ექსპლუატაციის ვადა უფრო მეტია, ვინაიდან ტბის ტალღის დამანგრეველი ძალა გაცილებით მცირეა.

ტბა მარტო დამანგრეველ გეოლოგიურ მოქმედებას არ იჩენს. მასში საკმაოდ ინტენსიურად მიმდინარეობს ნალექდაგროვების პროცესიც. ტბიური ნალექები წარმოდგენილია ნამტვრევი, ქიმიური და ორჯანოგენული წარმონაქმნების საკმაოდ მრავალფეროვანი კომპლექსით. სანაპიროების გასწვრივ ხშირია სხვადასხვა მარცვლოვანი ქვიშების დანაგროვები. ფსკერზე ილექება ქვიშები, თიხები, ლამი. მლაშე ტბების ფსკერზე ილექება მარილები (ქლორიდები, სულფატები და სხვა). ტბებში ფორმირდება სპეციფიკური, მარტო მათთვის დამახასიათებელი წარმონაქმნები: საპროპელი, ტორფი, ტრეპელი, ტბიური მერგელი და ცარცი.

მცირე სიღრმის ტბისათვის გარკვეულ გეოლოგიურ და ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებში დამახასიათებელია დაჭაობების სტადიაში გადასვლა. ასეთი ტბების ტიპური ნალექებია ლამი და ტორფი.

XXIX.2. ჰაოზები, ჰაოზის ნალექები

ჰაოზები ეწოდება დედამიწის ზედაპირის ჰარბად გატენიანებულ უბნებს, რომლებიც დაფარულია სპეციფიკური მცენარეული საფარით და ტორფით. თუ ჰარბად გატენიანებული ადგილები არ არის დაფარული ტორფით ან მისი სისქე 30-სმ-ს არ აღემატება, მათ დაჭაობებულ მიწებს უწოდებენ. ჰაოზების უმეტესობა წარმოშობილია ტბებიდან და წარმოადგენს მათი განვითარების ბოლო სტადიას. ტბების სანაპიროებზე აღმოცენებული წყალმოყვარული მცენარეები თანდათანობით ავსებენ წყალსატევს ნაპირებიდან სიღრმეში. ამავე დროს ხდება მათი არასრული ლობობის პროცესი და წარმოიქმება ტორფის შრეები. ჰაოზები შეიძლება წარმოიშვას სხვა გზითაც. წყალგაუმტარი შრეების არალრმა განლაგება იწვევს გრუნტის წყლების დონის აწევას და მათ შეგუბებას. ასეთ პირობებში წინადაგი თანდათანობით ჰაოზით

იფარება. წყლით კვების პირობების მიხედვით არჩევენ დაბლობის, მაღლობისა და გარდამავალ ჭაობებს. დაბლობის ჭაობები იკვებება გრუნტის, ნაწილობრივ მდინარის ან ტბის, აგრეთვე წვიმის წყლებით. მაღლობის ჭაობების კვებაში, გარდა წვიმის წყლებისა, მონაწილეობს ყინულის და თოვლის დნობით წარმოშობილი წყლები. გარდამავალი ტიპის ჭაობებს აქვს შერეული კვება. დაბლობის ჭაობები უმეტესად წყალსატევების დატორფვით წარმოიშობა, ხოლო მაღლობის ჭაობები — ხმელეთის დაჭაობებით.

დაჭაობებული მიწები წარმოიშობა იქ, სადაც შეიმჩნევა ქანების წყალშედწევადობის შემცირება ან წყლის აორთქლების პირობების გაუარესება. ამ უბნებში გრუნტის წყლები მუდმივად ინარჩუნებენ მაღალ დონეს, რომელიც უმეტესად მიწის ზედაპირს თანხვედება.

ჭაობების და ჭაობიანი მიწების ფართო გავრცელება აუცილებელს ხდის მათ საინჟინრო-გეოლოგიურ შეფასებას. ჭაობები საერთოდ არახელსაყრელი უბნებია ნებისმიერი სახის მშენებლობისათვის, განსაკუთრებით ის ჭაობები, რომლებიც მუდმივად იძენენ ტენს და ფართო გავრცელებით ხასიათდებიან. დაჭაობებულ მიწებზე მშენებლობას შედარებით ნაკლები დაბრკოლებები ელოდება. ზოგჯერ ტორფის ფენის მოცილება და ზედაპირული სადრენაჟო ქსელის მოწყობა საკმარისია მშენებლობისათვის ნორმალური პირობების შესაქმნელად.

ჭაობიან ნალექებზე მშენებლობისას აუცილებელია ჭაობის გენეზისის და მისი ძირითადი მახასიათებლების დადგენა (სიღრმე, ფსკერის რელიეფი, გავრცელება, გატენიანების წყაროები და სხვა). ამ მახასიათებლების სწორად დადგენა და შეფასება საშუალებას იძლევა შემუშავდეს მათი დაშრობის ღონისძიებანი. შედარებით იოლია მაღლობის ჭაობების დაშრობა. ნაგებობის კონსტრუქციისა და საძირკვლის ტიპის შერჩევისათვის არსებითი მნიშვნელობა აქვს ჭაობის სიღრმეს. სიღრმის მიხედვით არჩევენ მცირე სიღრმის (2 მეტრამდე), საშუალო (2-დან 4-მდე) და ღრმა (4 მეტრზე მეტი) ჭაობებს. მცირე სიღრმის ჭაობებზე მშენებლობისას აუცილებელია ჭაობის ფსკერის რელიეფის ცოდნა. უფრო ხელსაყრელია, როდესაც ეს რელიეფი პორიზონტალურია. მნიშვნელოვანი დახრილობის დროს შეიძლება შენობის საძირკველი დაცურდეს.

ჭაობის ნალექებს არახელსაყრელი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები აქვთ. ტორფები და საპროპელები მაღალი კუმშვადობით, ტენტევადობით, დაბალი წყალშედწევადობით და ძვრისადმი მცირე წინააღობით ხასიათდება. მშენებლობის პრაქტიკაში ტორფის, როგორც ნაგებობათა საფუძვლის, შეფასება ხდება მისი მდგრადობის ბარისხის მიხედვით, რომელიც დამოკიდებულია კონსისტენციაზე. ტორფის კუმშვადობა არათანაბარია. იგი დაახლოებით 60-ჯერ აღემატება ქვი-

შისა და 5-ჯერ — თიხის კუმშვადობას. 5 მეტრზე მეტი სისქის მკვრივი ტორფის ჯდომის სილიდე 0,15—0,25 მეტრია, ხოლო ფხვიერი და წყლით გაჯერებული ტორფის — 0,5—3,5 მ-ს აღწევს. მკვრივ ტორფზე დასაშვები მაქსიმალური დატვირთვა 1 კგ/სმ² არ აღემატება, არამკვრივ ტორფზე — 0,5 კგ/სმ², ხოლო გათხევადებულ ტორფზე — 0,1 კგ/სმ². ეს გარემოება ბევრ შემთხვევაში გამორიცხავს რაიმე ნაგებობის მშენებლობას ამ ქანებზე და საჭიროებს ხელოვნური ფუძეების მოწყობას ქვიშიანი ან ხრეშიანი ბალიშების სახით. ზოგჯერ ჭაობიან შრეს კვეთენ სპეციალური ხიმინჯებით ძირითად ქანებამდე.

XXIX. ვ. წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავება

აბრაზიის პროცესი მიმდინარეობს არა მარტო ზღვებისა და ტბების სანაპიროებზე, არამედ ხელოვნურად შექმნილი წყალსაცავების ნაპირებზეც. აქ აბრაზია გაცილებით უფრო ინტენსიურია, ვიდრე ბუნებრივი წყალსატევების ნაპირებზე. ამის მიზეზი ის არის, რომ წყალსაცავები იქმნება უმეტესად ისეთ ადგილებში, რომლებიც ჰავის კონტინენტური რეჟიმით ხასიათდება. წყლით დაფარვა იწვევს წყალსაცავის ღრმულის ამგები ქანების ბუნებრივი წონასწორული პირობების მკვეთრ ცვლილებას. მათი ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები მცირდება და ტალღის მექანიკური ძალის ზემოქმედების გამო ეს ქანები ადვილად იშლება და ირეცხება. წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავებას თან ახლავს სანაპირო ზოლის გარეცხვა რამდენიმე ათეული და ზოგჯერ ასეული მეტრის სიგანეზე. გადამუშავების ზონაში შეიძლება მოხდეს დასახლებული პუნქტები, გზები, სასოფლო-სამეურნეო და სხვა სასარგებლო ფართობები. რიგ შემთხვევაში წყალსაცავის შექმნა არარენტაბელურია, რადგან საჭირო ხდება რამდენიმე დასახლებული პუნქტის სხვა ადგილას გადატანა, რაც დიდ ტექნიკურ და ფინანსურ სიძნელებებთან არის დაკავშირებული.

წყალსაცავების უმეტესობა ჰიდროენერგეტიკული მიზნებისათვის გამოიყენება. ზოგი მათგანის ფართობი რამდენიმე ასეული კვადრატული კილომეტრია. ცნობილია უდიდესი წყალსაცავები დნებარზე, დონზე, ვოლგაზე, ანგარაზე, ენისეიზე. საბჭოთა კავშირში შექმნილი წყალსაცავების სანაპირო ზაზის სიგრძე ბევრად არ ჩამოუვარდება ჩვენი ზღვების სანაპირო ზაზის სიგრძეს.

წყალსაცავების ნაპირების გადამუშავება და ტაფობის ჩამოყალიბება რთული პროცესია, რომელსაც სხვადასხვა ფაქტორი განაპირობებს. ძირითადია ჰიდროლოგიური ფაქტორი. მისი მოქმედება გამოვლინდება ტალღების, დინებების ინტენსიურობაში და წყალსაცავში წყლის დონის ცვალებადობაში. წყალსაცავი, როგორც ცნობილია, იქმ-

ნება მდინარეულ ხეობებში ან სხვა ბუნებრივ ტაფობებში კაშხლის აგებით, რომელიც აგუბებს მდინარეს. წყალსაცავის ქვედა ნაწილში, რომელიც კაშხალს ებჯინება, წყლის ზედაპირს ქანობი არ გააჩნია. ამიტომ აქ დინებები არ არის. აბრაზიის აქტივობას აქ, ისევე როგორც ზღვებსა და ტბებში, განსაზღვრავს ქარის მიერ წარმოქმნილი ტალღები და წყალსაცავში წყლის დონის ცვალებადობა. წყალსაცავის შუა ნაწილში, გარდა აღნიშნულისა, ნაპირების გადამუშავებაში მონაწილეობს წყალდიდობისას წარმოშობილი დინებები, რომელთა ზემოქმედებას ეროზიული ხასიათი აქვს. წყალსაცავის ზედა ნაწილში, განსაკუთრებით წყალუხვობის პერიოდში, ტიპური მდინარეულ-ეროზიული რეჟიმი.

წყალსაცავის ნაპირების ნგრევა-დამუშავებაზე დიდ ზეგავლენას ახდენს წყლის დონის ცვალებადობა, რომელიც დიდ წყალსაცავებში 6—8 მეტრამდე აღწევს. ქანების პერიოდული გაშრობა-დასველება და დონის ცვალებადობისას წარმოქმნილი ზვირთები იწვევს ნაპირების სწრაფ შლას. ნაპირების დამუშავების ინტენსიურობა დამოკიდებულია ფერდობების მორფოლოგიაზე, ქანების აგებულებაზე და ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე. ციცაბო ფერდობები უფრო აქტიურად ირეცხება, ვიდრე დამრეცი; ამასთან, თუ ფერდობის დახრა 6°-ზე ნაკლებია, მასზე უმეტესად ნაშალი მასალის დაგროვება ხდება. ხმელეთის წყალში შეჭრილი უბნები აქტიურად ირეცხება, უბნებში კი მასალა გროვდება.

წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავება იწყება მისი შეესების მომენტიდანვე და ყველაზე ინტენსიურად პირველი ორი-სამი წლის განმავლობაში მიმდინარეობს. რაც უფრო ადვილად ირეცხება ნაპირი, მით უფრო სწრაფად ხდება წონასწორობის პროფილის შექმნა. წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავების სიჩქარის პროგნოზი საკმაოდ რთული და მნიშვნელოვანი პრაქტიკული ამოცანაა. ცხადია, პირველ რიგში მასზე გავლენას ახდენს ქანების მდგრადობა წარეცხვის მიმართ და ფერდობის მორფოლოგია. რაც შეეხება წყლის მექანიკური ზემოქმედების ძალას, იგი წყალსაცავებისათვის დიდ ინტერვალებში არ ცვალებადობს, ამიტომ შეიძლება მეტნაკლებად მუდმივ სიდიდედ ჩავთვალოთ. 2—4 მ სიმაღლის ფერდობის შემთხვევაში წარეცხვის სიჩქარე ერთი წლის განმავლობაში ლიოსური ქანებისათვის 8 მეტრზე მეტია, ქვიშებისათვის — 2 მ, თიხებისათვის — 1 მ. განსაკუთრებით სწრაფად ირეცხება კონტინენტურ პირობებში წარმოშობილი ქანები. კლდოვანი ქანები წყალსაცავის ზემოქმედების ზონაში პრაქტიკულად არ ირეცხება.

პიროგეოლოგიური პირობები შეიძლება იქცეს წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავების ხელშემწყობ ფაქტორად იმ შემთხვევაში, რო-

დესაც წყლის შევსება იწვევს გრუნტის წყლების შეტბორვას. ამ დროს ჰიდროდინამიკური წნევა მკვეთრად მატულობს და მიწისქვეშა წყლებიან ზემოქმედება ფერდობზე იზრდება. წარმოიქმნება მეწყრები და ზეავები. ეს პროცესები განსაკუთრებით აქტიურდება წყალსაცავში წყლის დონის მკვეთრად დაცემისას.

წყალსაცავების შექმნა ცვლის ბუნებრივ პროცესებს და ზემოქმედებას ახდენს მათი გავლენის ზონაში მოქცეულ საინჟინრო ნაგებობათა მდგრადობაზე. აუცილებელია ნაპირის შესაძლო წარეცხვის სიდიდისა და ნაპირების გადამუშავების რაოდენობრივი პროგნოზი.

აჩვენებს წყალსაცავების ნაპირების გადამუშავების საანგარიშო რამდენიმე მეთოდი.

გ. ზოლოტარიოვის მეთოდის მიხედვით შეიძლება გამოითვალოს იმ ზოლის სიგანე, რომელიც გადამუშავდება წყალსაცავის ექსპლუატაციის 10 წლის პერიოდში ან საბოლოო სტადიაში. ამავე დროს, ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა გამოიხაზოს ნაპირის ახალი პროფილი შესაბამისი პერიოდებისათვის.

ე. კაჩუგინის მეთოდი გულისხმობს გადამუშავებული ზოლის სიგანის განსაზღვრას ძირითადად ორი პარამეტრით: ტალღების ჯამური ენერგიით და ქანების წარეცხვის უნარით. ნაპირის დაშლის სიდიდის საანგარიშოდ იგი იძლევა შემდეგ ფორმულას

$$Q = k \cdot k_1 \cdot E t^b,$$

სადაც Q — წარეცხილი ქანის მოცულობაა მ³-ში, სანაპირო ხაზის ერთ გრძივ მეტრზე;

t — წარეცხვის დრო წლებში;

k — წარეცხვის კოეფიციენტი, რომელიც რიცხობრივად ტოლია წარეცხილი ქანის მოცულობისა მ³-ში, წარეცხვის პირველ წელს, რომელიც მოდის ტალღის მუშაობის ერთეულზე;

b — მაჩვენებელი, დამოკიდებული წარეცხვის შესუსტების სიჩქარეზე;

E — ტალღის საშუალო მრავალწლიური ენერგია ტონა-მეტრობით;

k_1 — კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია ნაპირის სიმაღლეზე. მიიღება ერთის ტოლად, თუ ნაპირის სიმაღლე 30 მ-ზე მეტია.

ორივე მეთოდით წარეცხვის პარამეტრების განსაზღვრის და შერჩევის შემდეგ სპეციალური გრაფიკული აგებით განსაზღვრავენ ნაპირის შესაძლო გადამუშავების ზოლის სიგანეს.

წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავების პროგნოზის მეთოდები საშუალებას იძლევა წყალსაცავისა და საერთოდ ჰიდროტექნიკური ან ირიგაციული ობიექტის დაპროექტების პროცესშივე დამუშავდეს დამცავი ღონისძიებანი, რომლებიც თავიდან აგვაცილებენ ობიექტის ახლოს მდებარე უბნების დატბორვას, გრუნტის წყლების დონეების მნიშვნელოვან აწევას და ნაპირების ინტენსიურ დაშლას და დამუშავებას.

წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავების საწინააღმდეგოდ შეიძლება იგივე ნაგებობების გამოყენება, რაც ზღვის აბრაზიის საწინააღმდეგოდ, მაგრამ ბუნები და ტალღამჭრელები იშვიათად გამოიყენება, რადგან მათი მუშაობის ეფექტურობა მნიშვნელოვნად მცირდება იმ შემთხვევაში, როდესაც წყლის დონე მკვეთრად ცვალებადობს. ნაპირების გასამაგრებლად ძირითადად იყენებენ სხვადასხვა ტიპის დამცავ საფარს ქვის, რკინა-ბეტონის ფილების ან ასფალტის სახით. ფერდობის მდგრადობის გაზრდის მიზნით ეფექტურია კონტრაფორსები, რომლებსაც აგებენ კარგი ფილტრაციული თვისებების მქონე მასალიდან (ნამტვრევი ქვა, ხრეში, ქვიშა). წარეცხვის საწინააღმდეგო ღონისძიებათა შერჩევა და განხორციელება. პირველ რიგში, დამოკიდებულია იმაზე, თუ რაოდენ სასარგებლოა ის ტერიტორია, რომელიც გამიზნულია დასაცავად. ზოგ შემთხვევაში, როცა წყალსაცავის ზემოქმედება ნაპირზე არ იწვევს რაიმე მატერიალურ ზარალს, სრულიად არ იყენებენ დამცავ ღონისძიებებს, ან მიმართავენ ფერდობების მოსწორებას, ზედაპირულ დრენაჟს. დრენაჟის საკითხებს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს იმ ადგილებში, სადაც მოსალოდნელია ფერდობების მეწყრული დეფორმაცია.

XXX თავი

მყინვარების გეოლოგიური მოკმედევა

XXX.1. თოვლის საფარი და მყინვარების წარმოქმნა

თოვლის და ყინულის არსებობა დამახასიათებელია ყველა კლიმატური ზონისათვის. ისინი ეკვატორულ სარტყელშიც კი გვხვდება მაღალი მთების მწვერვალებსა და კალთებზე. საზღვარს, რომლის ზევითაც მუდმივად არსებობს თოვლისა და ყინულის საფარი, მარადი თოვლიანობის ხაზი ეწოდება. ეკვატორიდან პოლუსამდე ეს ხაზი დაბლდება და ჩრდილო ყინულოვანი ოკეანის და ანტარქტიდის მატერიკის რაიონებში ზღვის დონემდე ჩამოდის.

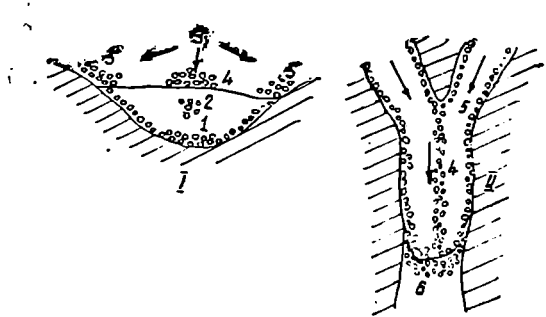
მარადი თოვლიანობის ხაზის ზევით თოვლი არ დნება, წლიდან წლამდე დაგროვების შედეგად ის თანდათანობით იტკეპნება, მკვრივდება საკუთარი წონის გავლენით და იქცევა ფირნად, თოვლყინულის მასად, რომელიც მსხვილი ყინულის მარცვლებისაგან შედგება. შემდგომში იგი კიდევ უფრო მკვრივდება და ლებულობს ერთიანი გამჭვირვალე კრისტალური ყინულის სახეს. ყინულისა და თოვლის მასას, რომელიც მარადი თოვლიანობის ხაზის ზევით მდებარეობს, მყინვარი ეწოდება. არჩევენ მთის და კონტინენტის მყინვარებს. მთის (ხეობის) მყინვარები წარმოიქმნება მაღალმთიან ხეობებში და ხშირად ერწყმის მთების მწვერვალებს. კონტინენტის მყინვარები კი ყინულის სქელი საფარის სახით დიდ ფართობებს ფარავენ. ასეთი მყინვარია, მაგალითად, მთლიანად გრენლანდია, რომელსაც დაახლოებით 2 მილიონი კმ² ფართობი უჭირავს.

მეოთხეული ნალექების შედგენილობა და გავრცელების ხასიათი იმაზე მიუთითებს, რომ ახლო გეოლოგიურ წარსულში დედამიწის მნიშვნელოვან ტერიტორიაზე ადგილი ჰქონია გამყინვარების პროცესს. უახლოესი 500—600 ათასი წლის განმავლობაში ევროპის ტერიტორიაზე აღინიშნება რამდენიმე გამყინვარება, რომლის დროს უდიდესი ზომის მყინვარები მოძრაობდა ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ. მყინვარები უმეტესად სკანდინავიის ნახევარკუნძულიდან მოემართებოდა. საბჭოთა კავშირის ევროპულ ნაწილში რუსეთის ვაკის ტერიტორიაზე ბოლო 240 ათასი წლის განმავლობაში სამი დიდი გამყინვარება მოხდა. გამყინვარებათა შორის ეპოქებში თბილი ჰავის პირობები ჩნდებოდა, რამაც თავისი გამოხატულება პოვა სპეციფიკური ნალექების გავრცელებაში.

მიუხედავად იმისა, რომ ყინული მყარი სხეულია, მას მნიშვნელოვანი პლასტიკურობა გააჩნია, ამიტომ ხეობის მყინვარებში ყინული გარკვეულ დენადობას ავლენს. ამასთან, ყინულის გადაადგილების სიჩქარე დაახლოებით 10 000 ჯერ ნაკლებია წყლის სიჩქარეზე. კონტინენტურ მყინვარებში ყინულის დიდი სისქის მასა თავის წონით აწვება ქვეშემდებარე ქანებს და იწვევს მის გამოდენა-გამოჭყლეტას. მოძრავ მყინვარებს ზღვებსა და ოკეანეებში შეაქვთ ყინულის უზარმაზარი ლოდები — აისბერგები, რომლებიც თანდათანობით დნება. გრენლანდიაში ყინულის მასების მოძრაობის სიჩქარე ოკეანისაკენ 4—38 მეტრია დღეღამეში.

ყინულის გეოლოგიური მოქმედება ძალიან დიდია და გაპირობებულია ძირითადად მისი მოძრაობით, თუმცა, როგორც აღვნიშნეთ, ყინულის მასების მოძრაობის სიჩქარე შეუდარებლად ნაკლებია წყლის მოძრაობის სიჩქარეზე.

მუინვარი, როგორც უზარმაზარი წონის მყარი მასა, მოძრაობისას თხრის და ცვეთს ხეობის ფსკერისა და ფერდობის ამგებ ქანებს, ცვლის ფერდობების კონფიგურაციას, გადააქვს და ლექავს მონგრეულ მასალას. ქანის ზედაპირის ყინულით დამუშავებისას წარმოიქმნება თავისებური გლუვი მოყვანილობის ზედაპირები, ე. წ. „ვერძის შუბლები“, რომლებზედაც კარგად შეიმჩნევა ყინულის და მასში ჩაყინული ქვების მექანიკური ზემოქმედების კვალი. მოძრაობს რა ხეობაში ან დახრილ ზედაპირებზე, მუინვარი ჩაითრევს მონგრეული ქანის ნამსხვრევებს და გადაადგილებს მათ. მუინვარის გადნობისას კი ეს ნამსხვრევები ილექება და წარმოქმნის მუინვარულ ნალექებს. ნამტვრევ მასალას, რომელიც მოძრაობს ან უკვე დაილექა მუინვარის გადნობის შემდეგ, მორენები ეწოდება. მოძრავ მორენებში არჩევენ ზედაპირულ, შიგა და ფსკერის მორენებს, დალექილში კი — სანაპირო და ბოლო მორენებს (ნახ. XXX.I).



XXX.1. მუინვარი:

- 1 — მუინვარის ენა კრილში, II — მუინვარის ენა გეგმაში. მორენები:
 1 — ძირის, 2 — შიგა, 3 — ზედაპირული, 4 — შუა, 5 — გვერდითი,
 6 — ბოლო.

მუინვარული ნალექები შედგენილობის მრავალფეროვნებით გამოირჩევა; ძირითადად ეს არის უხეში, დაუხარისხებელი, ნამტვრევი მასალა. დიდი რაოდენობით გვხვდება თიხნარი და თიხა. მორენები განფენების სახითაა განლაგებული და მათი სისქე ათეულ მეტრობით იზომება. მუინვარის დნობის შედეგად წარმოქმნილი ნაკადები რეცხავენ ფსკერისა და ბოლო მორენებს, გამოაქვთ ისინი მუინვარის ფარგლებიდან და ლექავენ გარკვეული თანმიმდევრობით. მუინვართან ახ-

ლოს რჩება ყველაზე მსხვილი მასალა, უფრო მოშორებით ილექება ქვიშები და კიდევ უფრო შორს—თიხოვანი შედგენილების მასალა. ასეთ წყინვარულ ნალექებს ფ ლ უ ვ ი უ რ-გ ლ ა ც ი უ რ ი ნალექები ჰქვია. ეს ნალექები, როგორც წესი, დახარისხებულია სიდიდის მიხედვით და შრეებრივია. ისინი წარმოდგენილი არიან ქვიშის, ზრეშის, კენჭნარის, თიხისა და თიხნარის შრეებით, რომლებიც გავრცელებულია არა მარტო მყინვარის მოძრაობისა და შეჩერების ადგილებში, არამედ მის ფარგლებს გარეთაც. ფლუვიურ-გლაციური ქანები ქმნიან რელიეფის დამახასიათებელ ფორმებს. ვიწრო, მაღალი ზეინულების სახით დაგროვილი მყინვარული მასალა წარმოქმნის ო ზ ე ბ ს. მათი სიგრძე შეიძლება კილომეტრებს აღწევდეს, სიმაღლე—რამდენიმე ათეულ მეტრს. აქა-იქ უსისტემოდ გაბნეულ ბორცვებს კი, რომლებიც დახარისხებული წვრილმარცვლოვანი მყინვარული ნალექებით არის აგებული, კ ა მ ე ბ ი ეწოდება. ზ ა ნ დ რ უ ლ ვ ე ლ ე ბ ს უწოდებენ მყინვართან ახლომდებარე ტალღისებრი ზედაპირის მქონე დაბლობებს, რომლებიც აგებულია მყინვარული წმინდა და საშუალომარცვლოვანი მასალით. მყინვარის მოძრაობის გზაზე ტბებიც წარმოიშობა. ტბიურ აუზებთან არის დაკავშირებული წვრილი და წმინდამარცვლოვანი ნალექების ე. წ. ბაფთისებრი თიხების წარმოქმნა.

მორენული და ფლუვიურ-გლაციური ნალექები ძირითადად საიმედო საფუძველს ქმნიან მშენებლობისათვის. თვით მორენები, რომლებიც კაქარშემცველი თიხნარები ან თიხებია, ხასიათდებიან საკმაოდ მაღალი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით. ისინი კონსოლიდირებული და გამკვრივებულია ყინულის დიდი სისქის ფენის დაწოლის ზეგავლენით. აქვთ საშუალოდ 12—14% ტენიანობა, 25—30% ფორიანობა, მცირე წყალშედწევადობა. შიგა ზახუნის კუთხე 25°-ზე მეტია, შეჭიდულობა—04—0,6 კგ/სმ², ამტანუნარიანობა —6—10 კგ/სმ² ფარგლებშია. მათთვის დამახასიათებელია მცირე კუმშვადობა, რის გამოც მათზე აგებულ ნაგებობათა დაჯდომა უმნიშვნელოა.

ფლუვიურ-გლაციური ნალექები საკმაოდ საიმედო გრუნტებია. ამ ნალექების ქვიშიან-ხრეშიან სახესხვაობებს პრაქტიკულად ძალიან მცირე კუმშვადობა აქვთ სტატიკური დატვირთვის დროს. დინამიკური დატვირთვისას ისინი მკვრივდება და შესაბამისად შეიძლება გამოიწვიონ ნაგებობის დაჯდომა, ამიტომ ბევრ შემთხვევაში გამართლებულია ამ ტიპის გრუნტებში ხიმინჯების გამოყენება ნაგებობათა ფუძეებში.

მყინვარული ნალექების სამშენებლო თვისებებზე უარყოფით გავლენას ახდენს მათში ცალკეული დიდი ლოდების ჩანართები (ნახ. XXX.2), რამაც შეიძლება ნაგებობის არათანაბარი დაჯდომა გამოიწვიოს. ზოგჯერ მშენებლობის დროს შესაძლებელია დიდი ლოდები



ნახ. XXX.2. მყინვარული ნალექები დიდი ზომის ლოდების შემცველობით.
დარიალის ხეობა (აკტორის ფოტო).

მიჩნეულ იქნეს ძირითად ქანებად, რასაც შეიძლება მოჰყვეს მშენებლობის პირობების არასწორი შეფასება.

მყინვარული ნ. ლექები კარგი საშენებლო მასალაა. ქვიშები გამოიყენება ყრილების ასაგებად, აგრეთვე ინერტულ მასალად ბეტონისათვის. მტკიცე ქანების, მაგალითად, გრანიტების ლოდები მონოლითური და გამოუფიტავია. სათანადო დამუშავებისა და მოპირკეთების შემდეგ იგი ძვირფასი საშენებლო ქვაა.

XXXI თ ა ვ ი

ქანების მოძრაობა ფარდობაზე სიმძიმის ძალის გავლენით

XXXI.1. გრავიტაციული პროცესების ზოგადი დახასიათება

გეოლოგიური თვალსაზრისით დედამიწის მთელი ზედაპირი იყოფა დენულად ციხისა და აკუმულაციის არეებად. დენულად ციხის იგულისხმება იმ პროცესების ერთობლიობა, რომლებიც იწვევენ

დედამიწის რელიეფის უსწორმასწორო ფორმების მოსწორება—მოვაკებას, რაც გამოიხატება მაღალი მთათა სისტემების თანდათანობით დაშლასა და დაბალ მთაგორიან ადგილებად გადაქცევაში. აკუმულაციის არეებში კი ხდება ამ ნაშალი მასალის დაგროვება — დალექვა. ყველა დენუდაციური პროცესი დედამიწის გარე დინამიკური ძალების გამოვლინებასთან არის დაკავშირებული და მათ ეგზოგენური პროცესი ეწოდება. დენუდაციური პროცესების გამოვლინების ერთ-ერთი კონკრეტული ფორმაა ქანების მოძრაობა ფერდობებზე. რაც გამოწვეულია სიმძიმის ანუ გრავიტაციული ძალების ზემოქმედებით. სიმძიმის ძალა განსაზღვრავს ეგზოგენური პროცესების მიმდინარეობას და დედამიწის ზედაპირის თანამედროვე სახის ფორმირებას.

ქანების მოძრაობა რელიეფის მაღლიდან დაბალი ნიშნულსაკენ ფერდობის მდგრადობის დარღვევის შედეგად ხდება, რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს მისი დახრილობის ხელოვნური გაზრდით, ფერდობის ამგები ქანების თვისებების შეცვლით, ტექტონიკური და გამოფიტვის პროცესებით და სხვა მიზეზებით. ქანების გრავიტაციული გადაადგილება, როგორც ერთ-ერთი თანამედროვე გეოლოგიური პროცესი, ფართოდაა გავრცელებული დედამიწის ზედაპირზე.

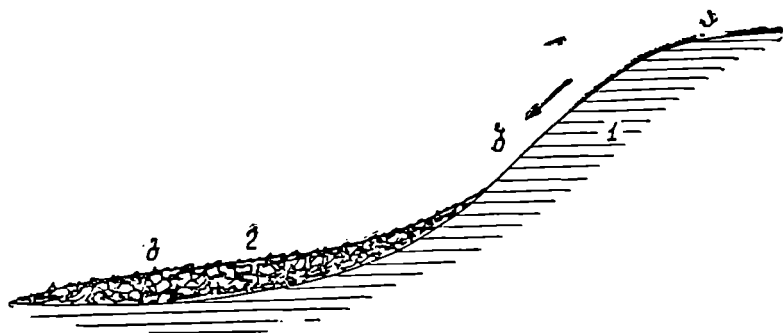
გრავიტაციულ პროცესებს მიეკუთვნება: შვავები, ზვავები და მეწყერები. მათ შორის აღინიშნება გარდამავალი ფორმებიც, მაგალითად, მეწყერ-ზვავები.

XXXI.2. შ ვ ა ვ ი

შ ვ ა ვ ი ეწოდება ციკაბო ფერდობებზე ქანების ნამტვრევების გადაადგილებას და ფერდობის ძირში დაგროვებას. ეს პროცესი ფართოდ არის გავრცელებული მთიან რაიონებში. შიშველ ფერდობებზე, რომელთა ამგები ქანები აქტიურად განიცდიან მექანიკური გამოფიტვის ზეგავლენას, წარმოიქმნება ნაშვავები. ქვის ნაშვავები, რომლებსაც ზოგჯერ კ უ რ უ მ ე ბ ს ა ც უწოდებენ, მთიანი რელიეფის დამახასიათებელი ელემენტია და მას საკმაოდ ფართო გავრცელება აქვს. შვავები შედგენილობით მრავალფეროვანია, თუმცა მასალის მოძრაობის პროცესში მაინც ხდება მისი დახარისხება. მასალის სიმსხო ფერდობების ამგები ქანების შედგენილობით განისაზღვრება. მასიური კრისტალური ქანები იძლევიან მსხვილნატეხოვან, ლოდისმაგვარ შვავებს, რომლებიც ფერდობის გასწვრივ ზოგჯერ რამდენიმე კვადრატულ კილომეტრზეა გაშლილი. ნაკლები სიმაგრის კლდოვანი ქანები გადაადგილების პროცესში ქუცმაცდება და შეიძლება წარმოიშვას საშუალო და წვრილნატეხოვანი (ხრეშისმაგვარი) ნაშვავი.

შვავის სიძლიერე წლის განმავლობაში ერთნაირი არ არის. ყველაზე ხშირად იგი თოვლის დნობისა და ხანგრძლივი წვიმების დროს წარმოიშობა, როდესაც წყლის მექანიკური ენერგია ხელს უწყობს დანაპრალიანებული მასივიდან ნამტვრევების მოცილებას და ფერდობზე ჩამოყრას. პროცესის ინტენსიურობა, გარდა ფერდობის ამგები ქანების შედგენილობისა და გამოფიტვისადმი მათი წინააღმდეგობის უნარისა, დამოკიდებულია ფერდობის სიმაღლეზე, დახრილობაზე, ფორმასა და ექსპოზიციასზე.

შვავის განლაგების ადგილებში არჩევენ კვების, ტრანსპორტირებისა და დაგროვების არეებს. კვების არეები დანაპრალიანებული ფრიალო კლდეებია, რომლებსაც დროდადრო სცილდება ნამტვრევები და ჩამოგორდება დაბალ ადგილებში. ტრანსპორტირების არე ფაქტიურად ფერდობის სივრცეა, რომლის გასწვრივაც ხდება მასალის გადაადგილება. დაგროვების არე კი ფერდობის ძირია. შვავის დაგროვების ფართობი მიუთითებს პროცესის ინტენსიურობასა და ხანგრძლივობაზე (ნახ. XXXI.1).



ნახ. XXXI.1. შვავის გასწვრივი კრილი:

- 1 — ძირითადი ქანი, 2 — შვაი. ა — კვების არე;
 ბ — ტრანსპორტირების არე; გ — დაგროვების არე.

ნაშვავის დამახასიათებელი თვისებაა ძვრადობა. ამ ნიშან-თვისების მიხედვით ის იყოფა მოქმედ, მიღვეად და უძრავ ნაშვავად. მოქმედი ნაშვაი თანდათანობით მატულობს; მის ზედაპირზე ხდება ქანების ნამტვრევების გადაადგილება, რომლებიც არამდგრადია და ოდნავი ბიძგიც საკმარისია მათი წონასწორობის დასარღვევად (ნახ. XXXI.2). მიღვეადი ნაშვაი თითქმის არ მოძრაობს. ის ნაკლებად ივსება ახალი მასალით. ნამტვრევები აქ უფრო მკიდროდ არის განლაგებული, შემ-



ნახ. XXXI.2. შვავი კრისტალურ ქანებში. მდ. თერგის ხეობა
(ავტორის ფოტო).

კვრივებული და მათ შორის არსებული სივრცე ნაწილობრივ შევსებულია უფრო წვრილი მასალით. უძრავი ნაშვავის კვება საერთოდ შეწყვეტილია. ასეთი ნაშვავი ჩამოყალიბდება, თუ კვების არე აღარ არსებობს ან იმდენად არის სახეშეცვლილი, რომ არ შეუძლია ნამტვრევი მასალით ნაშვავის უზრუნველყოფა. ასეთ შემთხვევაში ნაშვავი უძრავ კონტურს ინარჩუნებს, გამოირჩევა მასალის მჭიდრო განლაგებით, სიმდგრადით, ნაკლები ფორიანობით, ნამტვრევებს შორის არსებული შუალედები ნაწილობრივ ან მთლიანად ამოვსებულია უფრო წვრილმარცვლოვანი მასალით. ამ მასალის მოტანა ხდება ქარით. ზოგჯერ უძრავი ნაშვავის ზედაპირი დაფარულია ნიადაგის ფენით და მცენარეული საფარითაც.

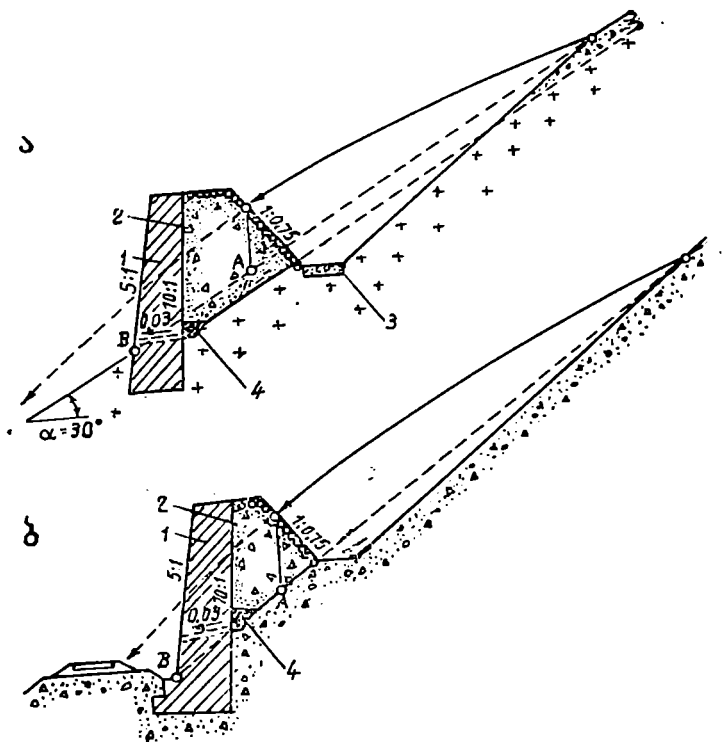
შვავი აქტიური გეოლოგიური პროცესია და მისი გავლენა მშენებლობაზე ან უკვე არსებულ ნაგებობებზე განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია. ნამტვრევი მასალის ინტენსიური გადაადგილებისას ხდება ნაგებობათა და სასარგებლო ფართობების დაფარვა. განსაკუთრებულ საშიშროებას ქმნის ეს პროცესი საგზაო მშენებლობისათვის მაღალმთიან რაიონებში. შვავსაშიშ უბნებზე აუცილებელია დამცავი ნაგებობების მშენებლობა, განსაკუთრებით რკინიგზის ტრასებზე. მაგალითად, კავკასიის საულელტეხილო რკინიგზის პროექტში ასეთი უბნების

გველა გათვალისწინებულია საყრდენი კედლებისა და დახურული გალერეების მოწყობით. შვავებისაგან ნაგებობის დაცვის ღონისძიებათა შემუშავებისას აუცილებელია იმის ცოდნა, თუ როგორია ამ პროცესის სიჩქარე, რომლის დადგენა ხანგრძლივი დაკვირვების შედეგად ხდება. შვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებანი შემდეგია:

1. ნაგებობის ზემოთ ფერდობზე ნაშვავის პერიოდულად მოცილება. მას იყენებენ იმ შემთხვევაში, თუ ნაგებობა მეტად მნიშვნელოვანია და თვით ჩამოშვავების პროცესი ინტენსიურად მიმდინარეობს.

2. ნაშვავის ქვედა ნაწილში კონტრფორსის შექმნა ჩამოშვავებული მასალის ხელოვნური გადაადგილებით.

3. ნაშვავის ზედაპირის მოწესრიგება, ყველაზე არამდგრადი ნამ-



ნახ. XXXI.3. დამჭერი კედლები გზის ვაკისათან:

- ა — კლდოვანი ქანის არარბმა განლაგებისას, ბ — თიხნაროვან-ნამტკრევი დელუვიონის შემთხვევაში. 1 — ყორისებრი წყობა 100 მარკის ცემენტის ხსნარზე, 2 — ამორტიზაციული დაზიენვა ადგილობრივი გრუნტისაგან, 3 — ქვიშის ბალიში, 4 — სადრენაჟო გალერეა.

ტვრეების მოცილება, განსაკუთრებით შვავის ფრონტალურ ნაწილებში.

4. ნაშვავის საფუძველის გაუწყობა.

5. დამცავი საინჟინრო ნაგებობების მშენებლობა, როგორცაა საყრდენი კედლები, დამცავი წინაფრები, დამჭერი ჯიბეები, მთლიანი ან ნახევრად დახურული გალერეები და სხვა.

ამიერკავკასიის რკინიგზის შვავსაშიშ უბნებზე წარმატებით იყენებენ პროფ. ნ. როინიშვილის კონსტრუქციის შვავდამჭერ ჯიბეებს (ნახ. XXXI.3).

XXXI.3. № 3330

შვავს უწოდებენ დიდი ზომის მიწის მასების მოწყვეტის, გადმოყირავებისა და ჩამოვარდნის პროცესს. შვავი დამახასიათებელია მაღალმთიანი ადგილებისათვის, მდინარის ხეობების კალთებისათვის, აგრეთვე გზის ხელოვნური ჭრილებისა და ფერდობებისათვის, სადაც დარღვეულია ქანების წონასწორული მდგომარეობა გზის გაყვანისას ფერდობების დახრის კუთხის ხელოვნურად გაზრდის გამო. შვავი ზოგჯერ დიდ ზომებს აღწევს და მკვეთრად ცვლის გარემოს რელიეფს. აღწერილია შემთხვევები, როდესაც უზარმაზარ შვავს მდინარის ხეობა გადაუკეტია, წყალი შეგუბებულა და ტბა გაჩენილა. ასეთი წარმოშობის ტბად მიიჩნევენ, მაგალითად, ცნობილ რიწის ტბას, ტბებს დაშქესანის (აზერბაიჯანის სსრ) მიდამოებში და სხვა. დიდი შვავები ცნობილია შუა აზიის მთებში, სადაც ხშირი მიწისძვრები ხელს უწყობენ ამ პროცესის განვითარებას.

შვავების წარმოქმნის მიზეზია ციკაბო ფერდობებზე (45—50°-ზე მეტი) ქანების წონასწორობის დარღვევა, რაც გამოწვეულია გამოფიტვის პროცესში ნაპრალების წარმოქმნით ან არსებული ტექტონიკური ნაპრალების გასწვრივ ქანების სიმტკიცის შესუსტებით. ჩამოშვავების პროცესში მოწყვეტილი ბლოკი მთლიანად ან ნაწილობრივ იმსხვრევა.

შვავები ყველა მაღალმთიან რაიონში გვხვდება. განსაკუთრებით ხშირია იგი მთიანი ოლქებისათვის, რომლებიც თანამედროვე ტექტონიკური მოძრაობებით ხასიათდება. ჩამოშვავდება იპირითადად კლდოვანი და მდგრადი ნახევრად კლდოვანი ქანები. მოძრაობის დაწყების საბაბი შეიძლება გახდეს მიწისძვრები, ქარის ძლიერი ქროლვა, ზემოდან ჩამოცვენილი ნამტვრევებისაგან გამოწვეული ბიძგები, წყლის ჰიდროსტატიკური ზემოქმედება, მშენებლობის დროს წარმოქმნილი რყევები (ტრანსპორტის დინამიკური ზემოქმედება, აფეთქებები) და სხვა. ხელოვნურ ფერდობებზე შვავების წარმოქმნის ერთ-ერთი მიზე-

ზი შეიძლება იყოს ფეთქებადი სამუშაოების არასწორად წარმოება და ქანების ინტენსიური დანაპრალიანება, რაც ციცაბო ფერდობებზე განსაკუთრებით უწყობს ხელს ზვავის წარმოქმნას. გარდა ჩამოზვავებისა, ხელოვნურ ფერდობებზე ხშირია ე. წ. გამოვარდნები — ცალკეული ლოდებისა და ქვების ჩამოქცევები, არა გადმოგორების, არამედ თავისუფლად ვარდნის სახით.

ზვავი გაცილებით უფრო საშიში გეოლოგიური მოვლენაა, ვიდრე შვავი, რადგან ამ დროს, გარდა მოძრაობის დიდი სიჩქარისა, დიდია აგრეთვე გადაადგილებული ბლოკების ზომებიც.

დიდ ზვავთან ბრძოლა მეტად რთულია და ზოგჯერ შეუძლებელიც. ყველა ღონისძიება გულისხმობს ძირითადად მისი საშიშროების წინასწარ გათვალისწინებას და დამცავი საშუალებების გამოყენებას. მცირე სიდიდის ზვავის საშიშროების შემთხვევაში ხშირად მიმართავენ ფერდობების ხელოვნურ ჩამონგრევას მცირე სიძლიერის აფეთქებებით ან ნაპრალებში სოლების ჩასობით. თუ საინჟინრო ნაგებობების ფერდობზე განლაგების ხასიათი ამის საშუალებას იძლევა, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს საყრდენი კედლები, ზვავის დამჭერი თხრილები, ტრანშეები. ზვავები განსაკუთრებით საშიშია სარკინიგზო ტრასისათვის. ამიტომ რკინიგზის მთაგორიან, ზვავსაშიშ მონაკვეთებზე ორგანიზებულია სპეციალური მამველი სამსახური, რომელსაც ევალება ზვავსაშიში უბნების სისტემატური კონტროლი, პროფილაქტიკური და სარემონტო სამუშაოების ჩატარება. კლდოვან ფერდობებზე ზოგჯერ წარმატებით იყენებენ ნაპრალების ტამპონაჟს ან დანაპრალიანებული მასივის საერთო ცემენტაციას. სამშენებლო ამონაღებებში ზვავების საწინააღმდეგოდ მიმართავენ ფერდობების მოპირკეთებას, საყრდენი კედლებისა და ფარების აგებას. ფერდობების დახრის კუთხეები უნდა შეირჩეს ქანების სიმტკიცის თვისებების გათვალისწინებით, რათა ზვავის კერები არ წარმოიშვას.

XXXI.4. მ ე წ ყ ე რ ი

მ ე წ ყ ე რ ი ეწოდება მიწის მასების ნელ გადაადგილებას (დაცურებას) ფერდობზე სიმძიმის ძალით, რასაც ადგილი აქვს მათი ფიზიკური მდგომარეობის შეცვლის გამო ზედაპირული ან მიწისქვეშა წყლების გავლენით.

მეწყურული პროცესი ფართოდაა გავრცელებული მთაგორიან რაიონებში, მდინარის ხეობის ფერდობებზე, ზღვის სანაპიროებზე, ხელოვნურ ფერდობებზე (ნახ. XXXI.4).

მეწყური დიდ ზარალს აყენებს სახალხო მეურნეობას. ცნობილია შემთხვევები, როდესაც მნიშვნელოვანი სამრეწველო ობიექტების ექსპლუატაციის პირობები მკვეთრად დარღვეულა მეწყურის გამოვლინების



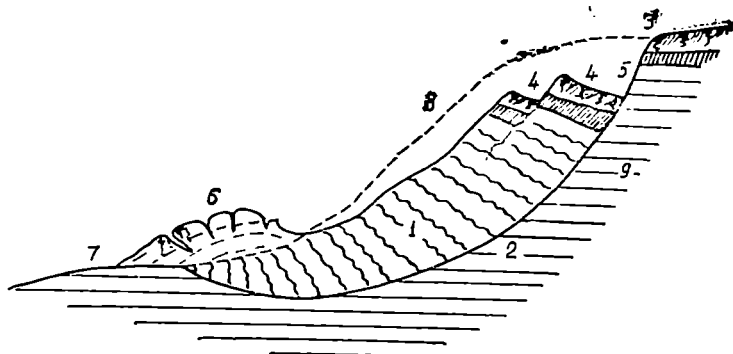
ნახ. XXXI.4. მეწყრული რელიეფი. მღ. არდონის ხეობა
(ავტორის ფოტო).

გამო და ამ უკანასკნელის ლიკვიდაციისათვის გაწეული ხარჯები თითქმის გათანაბრებია მშენებლობის ხარჯებს. დიდი ბრძოლა მიმდინარეობს მეწყრის წინააღმდეგ შავი ზღვის სანაპიროზე, ვოლგისპირეთში, ყირიმში, მდინარე დნეპრის მარჯვენა ნაპირზე. მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებათა ჩასატარებლად მრავალი ასეული ათასი მანეთი იხარჯება. დიდი მასშტაბის მეწყერს შეიძლება კატასტროფული შედეგიც მოყვეს. ასე, მაგალითად, 1963 წლის 9 ოქტომბერს იტალიის ალპებში, ვაიონტის 265 მეტრი სიმაღლის კაშხლის მიდამოებში, წყალსაცავის ფერდობიდან ჩამოსულმა მეწყერმა დაიკავა ქვაბულის მოცულობის ნახევარზე მეტი და წყალსაცავიდან გადმოღვრილმა წყლის უზარმაზარმა მასამ წალეკა ხეობაში დასახლებული პუნქტები, დაიღუპა 3 000-ზე მეტი კაცი.

მეწყრული გადაადგილების, როგორც მექანიკური პროცესის მიზეს წარმოადგენს ფერდობის ამგები ქანების მდგრადობის დარღვევა, რომელიც შეიძლება გამოიწვიოს: ა) ფერდობის ფუძეში საყრდენი ქანების მოცილებამ; ბ) ფერდობის ძირში ქანების სიმტკიცის შესუსტებამ; გ) მთლიანად მასივისა და უშუალოდ ფერდობის ამგებ ქანებს შორის კავშირის შესუსტებამ ან შეწყვეტამ.

მეწყერი წარმოიქმნება იმ შემთხვევაში, როდესაც ფერდობის დახრილობა აღარ შეესაბამება ქანების ფიზიკურ მდგომარეობას და ამ ქანებს არ ძალუძთ მდგრადობის შენარჩუნება ფერდობის დახრის კუთხის შეუცვლელად. ზვავებისაგან განსხვავებით, მეწყრული პროცესი ხანგრძლივია, ქანების გადაადგილების მცირე სიჩქარის გამო, თუმცა არის შემთხვევები, როდესაც ქანების დიდი მასების დაცურება სწრაფად მიმდინარეობს. ეს დამოკიდებულია ფერდობის დახრილობაზე და დამეწყრილი სხეულის მასაზე.

მეწყერი ხასიათდება სხვადასხვა მორფოლოგიით და აგებულებით. ასევე სხვადასხვაა მოძრაობის ხასიათი და გამომწვევი მიზეზები, რაც, ბუნებრივია, განაპირობებს მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებათა შერჩევასა და დაპროექტებას. XXXI.5 ნახაზზე მოცემულია მეწყ-



ნახ. XXXI.5. მეწყრის სქემატური კრილი:

1 — მეწყრული სხეული; 2 — სრიალის ზედაპირი; 3 — მოწყვეტის წარბა; 4 — მეწყრული ტერასები; 5 — მეწყრული ცირკი; 6 — ამობურცვის ზვინული. ნაპრალებით; 7 — მეწყრის ძირი; 8 — ფერდობის კონფიგურაცია დამეწყრებამდე; 9 — ფერდობის ამგები ძირითადი ქანები.

რის სქემატური კრილი. როგორც სქემიდან ჩანს, შეიძლება გავარჩიოთ მეწყრის შემდეგი მორფოლოგიური ელემენტები: სრიალის ზედაპირი ანუ სიბრტყე, მეწყრის ძირი ანუ დამეწყრების ბაზისი, მეწყრის სიღრმე, მეწყრული ცირკი, მეწყრის სხეული და მეწყრული დანაგროვები.

სრიალის ზედაპირზე ხდება მეწყრის გადაადგილება. ეს ზედაპირი შეიძლება იყოს ცილინდრული, ტალღისებრი ან ბრტყელი. მეწყრის ძირი არის სრიალის ზედაპირის გამოსავალი ფერდობის ფუძეში. მეწყრის სიღრმედ მიჩნეულია უმოკლესი მანძილი მეწყრის სხეულის ზედაპირიდან სრიალის ზედაპირამდე. მეწყრული ცირკი ის ციკაო რკალისებრი მოყვანილობის ზედაპირია, რომელიც წარმოიქმნება მეწყრის მოწყვეტის ადგილას. მეწყრული დანაგროვები არის გადაადგილებული ქანების მთელი მასა, რომელიც ფერდობის ყველაზე დადაბლებულ ადგილებში გროვდება. მეწყრის სხეულის შუბლის ნაწილში ხშირად ჩნდება ე. წ. ამობურცვის ზვინული—ნაპრალებით დასერილ-მეწყრული მასა.

აღნიშნული მორფოლოგიური ელემენტები ქმნიან მეწყრის ნიშან-თვისებებს, რომელთა საშუალებით შეიძლება გამოვავლინოთ და დავადგინოთ ეს მოვლენა. გარდა აღნიშნულისა, მეწყრულ ნიშანთვისებებს მიეკუთვნება აგრეთვე: მეწყრული ნაპრალები, საფეხურები, წყლის შეტბორილი გუბეები, „მთვრალი ტყე“, ფერდობებზე განლაგებულ ნაგებობებში წარმოქმნილი ნაპრალები და სხვა. მეწყრული ნაპრალები ამ მოვლენის დაწყებით სტადიას შეესაბამება. ეს ნაპრალები დასაწყისში ოდნავ შესამჩნევია, შემდეგ კი თანდათანობით დიდდება. ჩვეულებრივად, ამ ნაპრალებს წრიული მოყვანილობა აქვს და ჩაზნექილი მხარე მეწყრისკენაა მიმართული. მეწყრული საფეხურები ანუ ტერასები ფერდობზე ქანის მასების გადაადგილების შედეგად წარმოქმნილი მოედნებია. ეს საფეხურები ფერდობის საწინააღმდეგო მიმართულებით არიან დახრილნი და ამიტომ ხშირად ასეთ ადგილებში პატარა ტბები წარმოიშობა. როდესაც იმეწყრება მკენარეულობით დაფარული ფერდობი, ხეები გადაიხრებიან სხვადასხვა მხარეს და წარმოიქმნება ე. წ. „მთვრალი ტყე“ (ნახ. XXXI.6). ანალოგიურ პირობებში ვერტიკალურ მდებარეობას იცვლიან ტელეგრაფის ბოძები, ანძები, ჭებირები, კედლები და სხვა.

მეწყრულ ფერდობებზე ხშირია სახლების ან ნაგებობების დეფორმაცია და მთლიანი ნგრევაც კი. დეფორმაციის პირველი ნიშანია ნაპრალების წარმოქმნა. ასეთი ნაპრალებისათვის დამახასიათებელია გაფართოება ნაგებობის ქვედა ნაწილში (ნახ. XXXI.7).

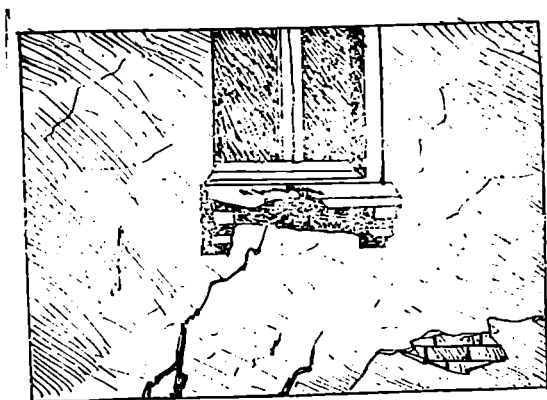
მეწყრის წარმოქმნა და განვითარება განსაზღვრულ პირობებში ხდება. ზოგადი პირობებიდან ძირითადია გეოლოგიური აგებულება, ტექტონიკური მოძრაობა და რელიეფი. მეწყრის წარმოქმნის აქტიური მიზეზებიდან აღსანიშნავია ფერდობის აგებულებაში მონაწილე უმთავრესად თიხოვანი ქანების ბუნებრივად დაძაბული მდგომარეობის შეცვლა, მიწისქვეშა, ზედაპირული და ატმოსფერული წყლების შემოქმედება, გამოფიტვა, ჰეისმური ბიძგები და ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა.

გეოლოგიური პირობების როლი მდგომარეობს შემდეგში: თუ ფერდობის აგებულებაში მონაწილეობს ქანები, რომლებსაც გარე ფაქტორების გავლენით დეფორმაციის უნარი გააჩნიათ, ისინი პოტენ-



ნახ. XXXI.6. „მთვრალი ტყე“.

ციურად მეწყერსაშიშ უბნებს ქმნიან. ასეთებია უმეტესად თიხები და თიხოვანი ქანები. გეოლოგიური პირობებიდან დიდი მნიშვნელობა აქვს



ნახ. XXXI.7. მეწყერულ ფერდობზე განლაგებული ნაგებობის დეფორმაცია.

წყალგამტარი და წყალგაუმტარი შრეების მორიგეობას. თუ მეწყერის წარმოქმნაში მიწისქვეშა ან ზედაპირული წყლები მონაწილეობს, მაშინ წყალგაუმტარი თიხოვანი ფენა დასველების შემთხვევაში შეიძლე-

ბა სრიალის ზედაპირად იქცეს, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც შრე-ებში დაქანება ფერდობის დაქანების მიმართულებას ემთხვევა.

ტექტონიკური პირობებიდან უმთავრესია უახლესი ტექტონიკური მოძრაობანი, რომლებიც ხელს უწყობენ დენუდაციური და, კერძოდ, მეწყრული პროცესების წარმოქმნასა და გააქტიურებას.

რელიეფის პირობებიდან აღსანიშნავია ფერდობის სიმაღლე, დახრილობა და ფორმა. რაც უფრო მაღალი და ციცაბოა ფერდობი სხვა თანაბარ პირობებში, მით უფრო მეტია მეწყრის წარმოშობის შესაძლებლობა. მაგალითად, ყირიმის სამხრეთ ნაპირზე იმეწყრება მხოლოდ ის ფერდობები, რომელთა დახრილობა 15°-ზე მეტია.

ფერდობზე თიხოვანი ქანების დაძაბული მდგომარეობა მაშინ იცვლება, როდესაც ფერდობის ძირში ქანებზე განვითარებული წნევა გაცილებით ნაკლებია ფერდობის ზედა ნაწილებში არსებულ წნევაზე. ასეთ შემთხვევაში ირღვევა თიხოვანი ქანების სტრუქტურა, ვითარდება თიხების ბურცვის, დენადობისა და პლასტიკური დეფორმაციის მოვლენები, რომლებმაც შესაძლებელია წარმოშვას მეწყერი.

მეწყრული პროცესის განვითარებაში ერთ-ერთი მთავარი ადგილი უჭირავთ მიწისქვეშა და ზედაპირულ, აგრეთვე ატმოსფერულ წყლებს. მიწისქვეშა, ძირითადად, გრუნტის წყლები ხელს უწყობენ ფერდობის გაწყლიანებას, ასველებენ სრიალის ზედაპირს და ამით ამცირებენ ხახუნის ძალას მეწყრული სხეულის ფუძეში. ზედაპირული წყლების როლი გამოიხატება ეროზიულ და აბრაზიულ ზემოქმედებაში. ეს პროცესები, როგორც ცნობილია, იწვევენ ფერდობის ფუძეში ქანების გამორეცხვას, ფერდობის წონასწორობა ირღვევა და იქმნება ხელსაყრელი პირობები მეწყრის წარმოსაქმნელად.

ატმოსფერული ნალექები და გამოფიტვა მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს საერთოდ დენუდაციური პროცესების მიმდინარეობას და უშუალო გავლენას ახდენს მეწყრის წარმოქმნაზე. გამოფიტვის შედეგად ფერდობზე ან მის ქვედა ნაწილში დაგროვილი მასალა გაცილებით ადვილად იმეწყრება, ვიდრე ძირითადი ქანები. ძალიან ხშირია მეწყერი თიხოვან დელუვიონში, განსაკუთრებით, თუ დიდია ამ უკანასკნელის სისქე და გავრცელება.

სეისმურად აქტიურ რაიონებში მეწყრული პროცესები გაცილებით უფრო ხშირია; ეს განსაკუთრებით შეეხება ისეთ რაიონებს, რომელთა სეისმურობა 7 ბალს აღემატება.

აღსანიშნავია, რომ ყოველწლიურად იზრდება ადამიანის ზვედრითი წილი მეწყრების წარმოქმნასა და გააქტიურებაში. ამის მიზეზია საქმიანობის ის ფართო სფერო, რომელსაც ადამიანი ეწევა გარემოში და ბუნებრივ პროცესებში ჩარევის თვალსაზრისით. ფერდობების მოჭრა საგზაო მშენებლობისათვის, ტერიტორიების გაწყლიანება

არხების, ჰიდროტექნიკური ნაგებობების, სანტექნიკური ობიექტების მშენებლობისას, ფერდობებზე ღინამიკური და სტატიკური დატვირთვა, ტყის გაჩეხა, დიდი მასშტაბის მიწის სამუშაოები, სასარგებლო წიაღისეულის დამუშავება მიწისქვეშა და ღია წესით და საქმიანობის სხვა მრავალი სფერო მკვეთრად ცვლის ქანების ბუნებრივი წონასწორობის პირობებს და ხელს უწყობს საკმაოდ დიდი ზომის მეწყრების წარმოქმნას. ამიტომ ყოველი მშენებლობის დაწყების წინ აუცილებელია ზედმიწევნით დეტალურად იქნეს გათვალისწინებული ყველა შესაძლო გართულება საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესების დაკერძოდ, მეწყრების წარმოქმნის თვალსაზრისით, რაც შესაძლებელია მოჰყვეს ადამიანის სამეურნეო საქმიანობას, თუ სწორად არ შეფასდა გეოლოგიური გარემო და ბუნებრივი პირობები.

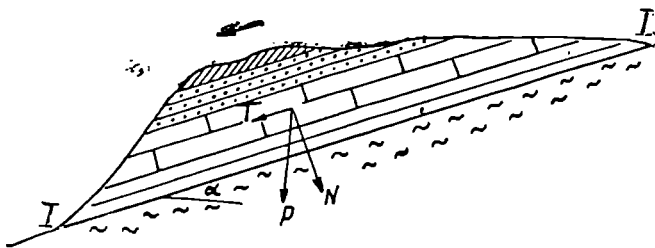
XXXI.5. მუხარული პროცესის დინამიკა და ფერდობის მდგრადობის უზრუნველყოფა

პირობები, რომლებიც ხელს უწყობენ ფერდობის მდგრადობის დარღვევას, თანდათან ვითარდება მანამ, სანამ რაიმე საბაბი, ზოგჯერ უმნიშვნელოც კი, არ გამოიწვევს ფერდობის გასწვრივ ქანების გადაადგილებას მეწყრის სახით. ამრიგად, მეწყრული პროცესი არათანაბარი განვითარებით ხასიათდება და პირობითად მასში შეიძლება გამოიყოს სამი სტადია: მოსაზრადებელი, საკუთრივ დამეწყრების და დამეწყრების შეწყვეტილი.

მოსაზრადებელი სტადია საკმაოდ ხანგრძლივია და იმის მიხედვით, თუ როგორია ფერდობზე მეწყრის წარმოშობი ძალების ზემოქმედება, ამ პერიოდში შეიძლება დროის დიდი ინტერვალი მოიცვას (მაგალითად, რამდენიმე წელი). პირველი სტადიისათვის დამახასიათებელია ნაპრალების წარმოშობა, რომელიც შემოფარგლავს მომავალ მეწყერს. დამეწყრების სტადია შედარებით ხანმოკლეა და იგი წყდება მაშინვე, როცა ფერდობი გარკვეული მასის გადაადგილების შემდეგ შეტნაკლებად მდგრად კონტურს მიიღწევს. დამეწყრების შემდგომ სტადიაში იცვლება ფერდობის მდგრადობის პირობები. ჩამომეწყრული ბლოკი, თუ იგი არ გაირეცხა და არ გადაადგილდა, ხშირად ბუნებრივი კონტრაფორსის როლს ასრულებს ფერდობისათვის და უკვე ხელს უწყობს მის მდგრადობას.

ფერდობის მექანიკური მდგრადობა ანუ მდგრადობის ხარისხი განისაზღვრება მასზე მოქმედი ძალების ურთიერთშეფარდებით. ფერდობზე, მის ყველა წერტილში მოქმედებს ძირითადად ორი ჯგუფის ძალები: მძვრელი ძალები ცდილობს ქანის მასების დაწვრა-გადაადგილებას ფერდობის გასწვრივ, ხოლო შემაკავებელი ძალები აკავებს

ფერლობს წონასწორულ მდგომარეობაში. ეს ორივე ურთიერთსაპირისპიროდ მიმართული ძალები შეეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც ფერლობის სიმძიმის ძალის მდგენელები (ნახ. XXXI.8).



ნახ. XXXI.8. მეწყრის საანგარიშო სქემა სრილის ბრტყელი დახრილი ზედაპირის შემთხვევაში.

ფერლობზე ქანის მასების მდგრადობის პირობას გამოსახავს შემდეგი განტოლება

$$T = N \cdot \operatorname{tg} \varphi + cL, \quad (1)$$

სადაც T არის მხები ძალა, ანუ მასივის სიმძიმის ძალის მძვრელი მდგენელი;

N — ნორმალური ძალა ანუ მასივის სიმძიმის ძალის შემაკავებელი მდგენელი;

$\operatorname{tg} \varphi$ — შიგა ხახუნის კოეფიციენტი;

c — შეჭიდულობა;

L — მანძილი, რომელზედაც გადაადგილდება მეწყრული სხეული ფერლობის გასწვრივ.

ფერლობის ან ხელოვნური ფერდოს მდგრადობის ხარისხი განისაზღვრება სიდიდით, რომელსაც მდგრადობის ანუ მარაგის კოეფიციენტი ($K_{\text{მდგ}}$) ეწოდება

$$K_{\text{მდგ}} = \frac{N \cdot \operatorname{tg} \varphi + cL}{T}. \quad (2)$$

მრიცხველი ასახავს ძალების ჯამს, რომლებიც წინააღმდეგობას უწევს მეწყრის წარმოქმნას, მნიშვნელი კი მეწყრის ხელშემწყობ მძვრელ ძალებს გამოსახავს. შემაკავშირებელი და მძვრელი ძალების ჯამურ სიდიდეებს აღნიშნავენ, შესაბამისად, ΣR და ΣT , ე. ი.

$$K_{\text{მდგ}} = \frac{\Sigma R}{\Sigma T}. \quad (3)$$

ამრიგად, მდგრადობის კოეფიციენტი გამოისახება გადაადგილების დამაბრკოლებელი ძალების შეფარდებით აქტიურ მძვრელ ძალებთან. მეწყრულ მოძრაობას წინააღმდეგობას უწევენ ქანების შეჭიდულობა და შიგა ხახუნი, მოძრაობის გამომწვევი კი არის ფერდობის წონა. ფერდობზე განლაგებული ნაგებობანი, მიწისქვეშა წყლების ჰიდრო-სტატიკური და ჰიდროდინამიკური წნევა და სხვა.

მდგრადობის თვალსაზრისით ფერდობები იყოფა სამ ჯგუფად:

1. როცა $\Sigma R = \Sigma T$, ე. ი. $K_{მგ} = 1$, გვაქვს ზღვრული წონასწორობის მდგომარეობა.
2. როცა $\Sigma R > \Sigma T$, ე. ი. $K_{მგ} > 1$, უზრუნველყოფილია ფერდობის მდგრადობა.
3. როცა $\Sigma R < \Sigma T$, ე. ი. $K_{მგ} < 1$, ფერდობი არამდგრად მდგომარეობაშია. საკმარისია $K_{მგ}$ 1-ზე ოდნავ ნაკლები გახდეს, რომ იწყება მეწყერი.

მდგრადობის კოეფიციენტის ზუსტი განსაზღვრა საკმაოდ რთულია, რადგან საჭიროა ვიცოდეთ ფერდობის ცალკეულ უბნებზე მოქმედი ყველა ძალის სიდიდე, მოდების წერტილი და მიმართულება. ეს მახასიათებლები კი დამოკიდებულია იმ ზედაპირის ხასიათზე, რომელზედაც შესაძლებელია მეწყრული მასის მოძრაობა. ხშირად ეს ზედაპირი პირობითად მიიღება, რადგან წინასწარ პრაქტიკულად ძნელია ვივარაუდოთ მომავალი მეწყრის სრიალის ზედაპირის მოყვანილობა. ასეთ შემთხვევაში კი საჭიროა ფერდობის მდგრადობის შემოწმება მეწყრის სრიალის ზედაპირის ყველა შესაძლო ვარიანტისათვის, რაც, ცხადია, საკმაოდ ართულებს ამ საკითხის გადაწყვეტას.

მიუხედავად ამ სირთულეებისა, საინჟინრო გეოლოგიაში და გრუნტების მექანიკაში ფერდობის მდგრადობის პროგნოზირების საკითხს დიდი ყურადღება ექცევა. იგი ერთ-ერთი აუცილებელი ელემენტია მეწყრულ რაიონებში მშენებლობის პირობების შესაფასებლად.

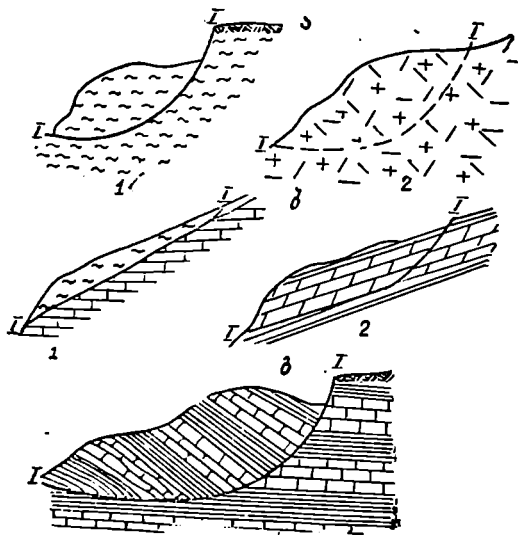
ამ დარგში დიდი მუშაობა აქვს ჩატარებული პროფ. ნ. მასლოვის, რომელიც ფერდობის მდგრადობის გაანგარიშების რამდენიმე ორიგინალური მეთოდის ავტორია.

XXXI.0. მეწყრების კლასიფიკაცია

წარმოშობის მიზეზების მრავალფეროვნება და გამოვლინების სხვადასხვა ხასიათი ართულებს ისეთი სრულყოფილი კლასიფიკაციის შედგენას, რომელშიც გათვალისწინებული იქნება მეწყრული პროცესის ყველა დამახასიათებელი ნიშან-თვისება და განვითარების თავისებურებანი კონკრეტულ გეოლოგიურ პირობებში. არსებობს კერძო კლასი-

ფიკაციები, რომლებშიც გათვალისწინებულია მეწყრის ერთი ან ორი ნიშან-თვისება, და ზოგადი კლასიფიკაციები, შედგენილი მთელი რიგი ნიშან-თვისების გათვალისწინებით, რომლებსაც საერთო ხასიათი აქვს ბევრი მეწყრისათვის.

კერძო კლასიფიკაციებიდან ფართოდ არის ცნობილი აკად. თ. სავარენსკის კლასიფიკაცია, რომელიც ეყრდნობა მეწყრის აგებულების ნიშან-თვისებას და სრიალს ზედაპირის მდებარეობას ფერდობის აგებები ქანების მიმართ. ამ კლასიფიკაციის მიხედვით მეწყრები იყოფა სამ ჯგუფად: ასეკვენტურ, კონსეკვენტურ და ინსეკვენტურ მეწყრებად (ნახ. XXXI.9).



ნახ. XXXI.9. მეწყრების აგებულების დამახასიათებელი ტიპები:

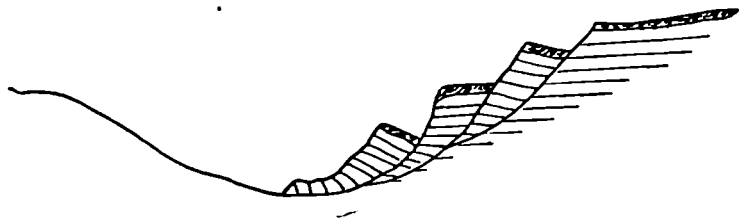
- ა — ასეკვენტური: 1 — ერთგვაროვან თიხოვან ქანებში; 2 — ნაპრალოვან მაგარ ქანებში; ბ — კონსეკვენტური: 1 — დელუვიონი ძირითად ქანზე; 2 — მონოკლინურად დახრილ შრეებრივ ქანებში; გ — ინსეკვენტური.

ასეკვენტურს უწოდებენ ერთგვაროვან, არაშრეებრივ, უმეტესად თიხოვან ქანებში წარმოქმნილ მეწყრებს. მათი სრიალის ზედაპირი მრგვალია და დრუკილია.

კონსეკვენტური მეწყრების მოძრაობა ხდება შრეებრივობის დახრილი სიბრტყის, ან ძირითადი და დელუვიური ნალექების გამოყოფი ზედაპირის გასწვრივ.

ინსექცენტური მეწყრების სრიალის ზედაპირი კვეთს ქანების შრეებრივობას. წარმოშობის ხასიათის მიხედვით ა. პავლოვი გამოპყოფს დელაქსურ და დეტრუზიულ მეწყრებს. პირველი ჯგუფის მეწყრები ფერდობის ქვედა ნაწილში წარმოიქმნება და ვრცელდება ზევითკენ მიწის მასების თანმიმდევრული ჩამოსრიალების შედეგად. მეორე ჯგუფის მეწყრები კი ფერდობის ზედა ნაწილში წარმოიქმნება, მაგალითად, ფერდობზე დამატებითი დაწოლის ან მოწყვეტის ნაპრალების გაჩენის შედეგად. ზემოთ მოწყვეტილი და მოძრავი ბლოკი უბიძგებს, აწვება ქვემოთ მდებარე ბლოკს და მოპყავს იგი მოძრაობაში. დეტრუზიული მეწყრებისათვის დამახასიათებელია ქვედა ნაწილში გამობურცვის ზვინულების წარმოქმნა.

დამეწყრილი მასის კონსისტენციისა და მოძრაობის ხასიათის მიხედვით არჩევენ: დენად, პლასტიკურ და ბლოკურ მეწყრებს. მეწყრული სხეულის აგებულების მიხედვით — მარტივ და რთულ ან საფეხურებიან მეწყრებს, რომლებიც ერთმანეთზე განლაგებული რამდენიმე მეწყრისაგან შედგება (ნახ. XXXI.10).



ნახ. XXXI.10. რთული, ანუ საფეხურებიანი მეწყერი.

მოძრაობის აქტიურობის მიხედვით არჩევენ მოქმედ და უძრავ მეწყრებს, აგრეთვე თანამედროვე და ძველ, ზოგჯერ განამარხებულ მეწყრებს. თუ ძველი მეწყრის აქტივიზაცია მოხდა, მივიღებთ განახლებულ მეწყერს.

ზოგადი კლასიფიკაციები მრავალი ნიშანთვისების ერთობლიობას ეყრდნობა და არ ითვალისწინებს მეწყრული რაიონების კონკრეტულ თავისებურებებს.

XXXI.7. მენჯარსაწინააღმდეგო ღონისძიებანი

მეწყრული რაიონების ან ცალკეული მეწყრების საინჟინრო-გეოლოგიური შესწავლის მიზანია ფერდობის მდგრადობის ზარისხის დადგენა და იმ აუცილებელი გეოლოგიური მონაცემების მიღება, რომლებიც დაგვეხმარება მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებათა შერჩევასა

და მათ საინჟინრო დაპროექტებაში. მეწყრის გამომწვევ მიზეზებზე სათანადო ზემოქმედებით შეიძლება შევჩეროთ ამ პროცესის აქტიური მიმდინარეობა და უზრუნველვყოთ ფერდობის მდგრადობა.

პროფ. ი. პოპოვი მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებებს ყოფს სამ ჯგუფად:

1. ღონისძიებანი, რომელთა მიზანია მეწყრის უშუალოდ გამომწვევი მიზეზების შეწყვეტა ან შესუსტება.

2. ღონისძიებანი, რომლებიც ითვალისწინებს ძვრის ძალების შესუსტებას ან საბჯენების მოწყობას ქანების გადაადგილების შესაზღუდავად.

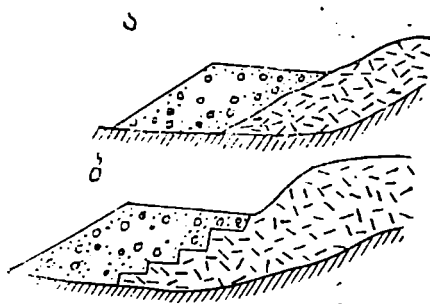
3. ღონისძიებანი ფერდობის ამგები ქანების ფიზიკური მდგომარეობის გასაუმჯობესებლად.

ღონისძიებათა პირველი ჯგუფი ძალზე მნიშვნელოვანია. აქ იგულისხმება ისეთი საინჟინრო ნაგებობათა აგება, რომლებიც დაიცავს ფერდობს ეროზიული ან აბრაზიული პროცესებისაგან: ნაკადის მიმართველი დამბები, ტალღამრეკლი კედლები, ბუნები, ტალღმჭრელები, ფერდობის წყალქვეშა ნაწილის გამაგრება ფიჩხკონით ან ბეტონის ფილებით.

ღონისძიებათა მეორე ჯგუფი გულისხმობს მეწყერსაშიში ფერდობის მოსწორებას, მოვაკებას, ზედა ნაწილის მოჭრას და კონტრბანკეტის შექმნას, ხელოვნური ტერასების მოწყობას (ნახ. XXXI.11). ამავე

ჯგუფის ღონისძიებებს მიეკუთვნება ფართოდ გავრცელებული საყრდენი კედლები (ნახ. XXXI.12).

საყრდენი კედლის აგებისას აუცილებელია, რომ მისი ფუძე განლაგებული იყოს სრიალის ზედაპირზე უფრო ღრმად. საყრდენი კედლის უკანა მხარეს უნდა გაკეთდეს საღრენაყო მოწყობილობა, რომელიც მიწისქვეშა წყალს მოაცილებს. საინჟინრო პრაქტი-

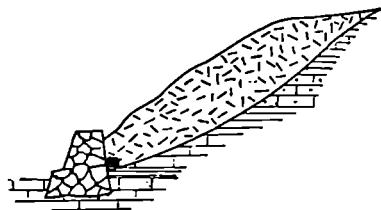


ნახ. XXXI.11. ბანკეტისა (ა) და კონტრბანკეტის (ბ) მოწყობის სქემა.

კაში მიმართავენ მეწყრული სხეულის დამაგრებას, ე. წ. მიკერებას ფერდობის ძირითად ნაწილზე რკინა-ბეტონის საარქებით. მეწყრულ სხეულზე ამოთხრიან რამდენიმე შურფს, ისე რომ შურფი გასცდეს სრიალის ზედაპირს, შემდეგ მასში ჩაუშვებენ არმატურას და ასხამენ ბეტონს. ასეთი საარქები წარმატებით იქნა გამოყენებული ზრამპქისის

წნევიან მილსადენის განლაგების ადგილას ფერდობზე, სადაც თავი იჩინა მეწყერმა.

მესამე ჯგუფის ღონისძიებებს მიეკუთვნება მეწყერული უბნის ღია და დახურული დრენაჟი ზედაპირული და გრუნტის წყლების მოცილების მიზნით. ბოლო ხანებში საკმაოდ დიდი გავრცელება პოვა თიხოვანი ქანების ელექტროქიმიურმა გამაგრებამ, რომელიც მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს ქანების ფიზიკურ მდგომარეობას.



ნახ. XXXI.12. საყრდენი კედელი.

მეწყერული პროცესის თავიდან აცილება ბევრადაა დამოკიდებული პროფილაქტიკური ღონისძიებების გატარებაზე. უნდა აიკრძალოს ისეთი სამუშაოები, რომლებიც ხელს უწყობენ ამ პროცესის წარმოქმნა-განვითარებას. ასეთებია: მეწყერსაშიშ ზოლში ფერდობის ძირის ჩამოჭრა ან თხრილის გაკეთება, ფერდობის დამატებითი გადატვირთვა ნაგებობით ან მიწის დაყრით, ფეთქებადი და სამთო სამუშაოების ჩატარება, მცენარეული საფარის მოსპობა, ფერდობის ხელოვნური გაწყლიანება და სხვა.

XXXI.8. საშენებლო საშუალებაი მუხარულ ზონაში და ფარდობაჯე

ადამიანის საინჟინრო საქმიანობა ხშირად არის დაკავშირებული როგორც მდინარეული ხეობის, ასევე ზღვის სანაპირო ფერდობებთან, რომლებიც მეწყერების გამოვლინების ყველაზე საშიში უბნებია. მშენებლობა ფერდობზე, კერძოდ, მის მეწყერულ უბანზე, დიდ სიფრთხილესა და დაკვირვებას მოითხოვს და ხშირად საკმაოდ ძვირადღირებულიც არის. მაგრამ თუ გავითვალისწინებთ, რომ ასეთი ადგილების ათვისება მშენებლობით ზოგჯერ სრულიად აუცილებელია, ნათელი ხდება, რომ მიუხედავად სირთულისა, მშენებლობის საკითხები მაინც კონკრეტულ გადაწყვეტას საჭიროებს. შავი ზღვის სანაპირო ზოლის გასწვრივ საგზაო, საკურორტო და საქალაქო მშენებლობის პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ კარგად შერჩეული მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებანი და სათანადო პროფილაქტიკური სამუშაოები უზრუნველყოფენ მეწყერული უბნების მდგრადობას როგორც მშენებლობის პროცესში, ასევე ნაგებობათა შემდგომი ექსპლუატაციის დროსაც.

მშენებლობის დაწყებისას, უპირველეს ყოვლისა, საჭიროა დადგინდეს მეწყერების აქტიურობის ხარისხი. თუ მეწყერი სტაბილიზებულია და მოძრაობა სრულიად არ შეიმჩნევა, ასეთ შემთხვევებში მშენ-

ნებლობა დასაშვებია, ოღონდ სიფრთხილეა საჭირო, რათა სამშენებლო სამუშაოებმა არ გამოიწვიოს მეწყრის განახლება. მშენებლობის ასეთი გამოცდილება არის ყირიმში, სოჭის მიდამოებში და სხვაგან.

აქტიური მეწყრების ფარგლებში მშენებლობა სრულიად არ არის მიზანშეწონილი ან დაიშვება მხოლოდ მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებათა სრული კომპლექსის განხორციელებისა და მათი ეფექტურობის შემოწმების შემდეგ. ასეთ ადგილებში აკრძალულია ნაგებობათა განლაგება ციცაბო ფლატეებზე, ფერდობებზე ან მათ ძირში.

მეწყერი შეიძლება წარმოიშვას სრულიად მდგრად ფერდობზეც მიწის სამუშაოების ჩატარების შედეგად, განსაკუთრებით ფერდობის ძირის მოჭრისა და თიხოვანი ქანების გაშიშვლების დროს. ასეთი ადგილის გამოყენებისას აუცილებელია წინასწარ ტრანშეის გაჭრა, მასში საყრდენი კედლის ამოყვანა და ამის შემდეგ მიწის სამუშაოების წარმოება.

განსაკუთრებით დიდი სიფრთხილეა საჭირო გზის ვაკისის მშენებლობისას. ამ დროს ჩვეულებრივად ტარდება მნიშვნელოვანი მოცულობის მიწის სამუშაოები, რომლებიც უმეტესად დაკავშირებულია ფერდობის ჩამოჭრასთან. საჭიროა წინასწარ კარგად იქნეს შესწავლილი ფერდობის ამგები ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, გამოფიტვის პროცესების გავლენით მათი შეცვლის ხასიათი და სიჩქარე. ასევე მნიშვნელოვან ყურადღებას საჭიროებს ფერდობებზე საირიგაციო არხების, მილსადენების, წყალსადენებისა და კანალიზაციის კომუნიკაციების მშენებლობა. ამ დროს მხედველობაში მისაღებია ფერდობის ხელოვნურად გაწყლიანების საშიშროება. ცუდად ამოვსებული ტრანშეები, სათანადოდ მოუპირკეთებელი არხები, წყლის მილების ტექნიკური უწყესიერობა ხელს უწყობს ფერდობზე ქანების ფიზიკური მდგომარეობის შეცვლას და მეწყრის წარმოქმნას ან გააქტიურებას.

XXXII თავი

კარსტული პროცესები

კარსტული პროცესი ანუ კარსტი ეწოდება მიწისქვეშა წყლების მიერ მეტნაკლებად ხსნადი ქანების გახსნა-გამოტუტვას და ამის შედეგად ქანებში სიცარიელების გაჩენას, რაც ზოგჯერ ზედაპირზე ძაბრისმაგვარი ჩაღრმავებების წარმოქმნაში გამოიხატება. კარსტი გეოგრაფიული ტერმინია. ასე უწოდებენ პლატოს იუგოსლავიის ჩრდილო-დასავლეთ პერიფერიაზე, იტალიის საზღვართან, სადაც ეს პროცესი კლასიკურად არის გამოხატული და პირველად აღწერილი.

კარსტი ფართოდაა გავრცელებული როგორც საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე, ასევე უცხოეთში. იგი ძირითადად კირქვებშია განვითარებული. კარსტი ხშირია ყირიმში, კავკასიაში (განსაკუთრებით აფხაზეთის ასსრ ტერიტორიაზე, ნაწილობრივ სამეგრელოში, რაჭაში), შუა აზიაში, ალტაიზე, ურალზე, შორეულ აღმოსავლეთში და ა. შ.

ამა თუ იმ ფართობზე კარსტის განვითარება სერიოზულ დაბრკოლებებს და სიძნელებებს უქმნის მშენებლობას, განსაკუთრებით ჰიდროტექნიკურ მშენებლობას. ამიტომ კარსტის გამოვლინება და შესწავლა საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევის მნიშვნელოვანი ელემენტია.

კარსტის წარმოქმნა და განვითარება განპირობებულია ქანების წყალში ხსნადობის უნარით, გამდინარე მიწისქვეშა წყლის არსებობით, მისი მინერალიზაციის ხარისხით, ადგილმდებარეობის გეოლოგიური აგებულებით, რელიეფით, კირქვიანი ქანების დიდი სისქით, გავრცელების დიდი ფართობით, დანაპრალიანებით, კლიმატურა პირობებით და სხვა ფაქტორებით.

ბუნებაში არსებული ქანებიდან წყალში ხსნადობის მნიშვნელოვანი უნარი გააჩნია მხოლოდ ზოგიერთს. ყველაზე ხსნადი ქანებია ნატრიუმისა და კალიუმის მარილები — ქვამარილი ანუ ჰალიტი (NaCl) და სილვინი (KCl). ხსნადობის უნარი აქვს აგრეთვე თაბაშირს, ანჰიდრიტს და კირქვას. ქვამარილის ერთი წილი იხსნება სამ წილ წყალში. თაბაშირის გახსნისათვის კი უკვე 480 წილი წყალია საჭირო. კირქვა გაცილებით უფრო ძნელად იხსნება, მისთვის საჭიროა 1000-დან 30 000-მდე წილი წყალი. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, კარსტი ყველაზე მეტად კირქვებშია გავრცელებული. როგორ შეიძლება აიხსნას ეს გარემოება? ამის მიზეზია ის, რომ კირქვები ბუნებაში გაცილებით უფრო დიდი გავრცელებით სარგებლობს, ვიდრე მათზე უფრო ხსნადი სხვა ქანები. ამასთან, ისინი ხშირად ინტენსიურად დანაპრალიანებულია და მათში წყლის მოძრაობა გაადვილებულია. აღსანიშნავია ისიც, რომ კირქვების ხსნადობა მნიშვნელოვნად მატულობს, თუ წყალი შეიცავს ნახშირორჟანგს. ნახშირორჟანგი ხელს უწყობს წყალში ხსნადი კალციუმის ჰიდროკარბონატის წარმოქმნას. ამაში მდგომარეობს კარსტული პროცესის ქიმიური არსი



როგორც ვხედავთ, ეს რეაქცია შექცევადია — ჰიდროკარბონატით გაჯერებული წყლიდან გამოილეკება კალციტი. კარსტულ მღვიმეებში არსებული ნადენი ფორმები — სტალაქტიტები და სტალაგმიტები — სწორედ ასეთი გზითაა წარმოშობილი.

კარსტწარმოქმნის უმთავრესი ფაქტორია წყლის მოქმედება. ამ პროცესში მიწისქვეშა წყლების გარდა შეიძლება მონაწილეობდეს ატ-

მოსფერული და მდინარეული წყლებიც. პროცესი მით უფრო აქტიურად მიმდინარეობს, რაც ნაკლებია წყლის მინერალიზაცია და მეტია მასში ნახშირორჟანგის შემცველობა. ხსნადობაზე მოქმედებს ტემპერატურაც. პროფ. ი. პოპოვის მონაცემებით კალციტის ხსნადობა 25° ტემპერატურის მქონე წყალში 14,33 მილიგრამია 1 ლიტრზე. წყლის ტემპერატურის ოთხჯერ გადიდებისას კი ხსნადობა 17,79 მგ/ლ უდრის.

ქანების წყალშელწევადობა კარსტული პროცესის ხელშემწყობი ფაქტორია. რაც უფრო ხშირია ნაპრალების ქსელი ქანში, მით მეტი წყალი შეაღწევს მასში. წყალი ხსნის და თანდათანობით აფართოებს ნაპრალებს. ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ნაპრალები გადაიქცევა სხვადასხვა ზომისა და მოყვანილობის სიცარიელეებად, ე. წ. კარსტულ ფორმებად. მათი წარმოქმნა მიმდინარეობს წყლის მოძრაობის აქტიურ ზონაში, რომელიც მდებარეობს მიწისქვეშა წყლების ან წყალგაუმტარი ფენის ზემოთ. კარსტული მოქმედების ბაზისი ის დონეა, რომლის ქვევით აქტიური კარსტული პროცესი შეწყვეტილია. დედამიწის ქერქის მოძრაობით გამოწვეულმა კარსტული მასივის აზევაბამ და დაძირვამ შეიძლება შეცვალოს ამ ბაზისის მდებარეობა, რაც, შესაბამისად, გამოიწვევს კარსტული პროცესის გააქტიურებას ან, პირიქით, შესუსტებას.

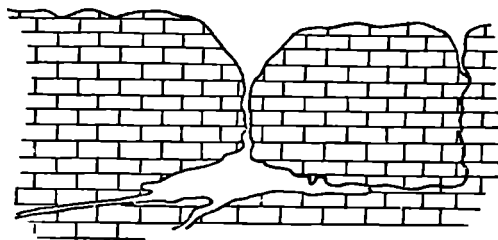
კარსტული პროცესის აქტიურ განვითარებას ხელს უწყობს კირქვიანი მასივის ერთგვაროვნება, დიდი გავრცელება, სისქე და მისი მდებარეობა თანამედროვე მდინარეული ქსელის დონეზე მაღლა. ღრმად მდებარე ფენებში წყლის გამხსნელი მოქმედება თანდათანობით სუსტდება იმის გამო, რომ სიღრმეში წყლის მინერალიზაცია მატულობს და ამასთან მცირდება ნახშირორჟანგის რაოდენობა. კარსტის ინტენსიურობას განსაზღვრავს აგრეთვე ნალექების წლიური სეზონური განაწილება და მცენარეული საფარის ხასიათი.

დედამიწის ზედაპირთან მდებარეობის მიხედვით არჩევენ ღია და ფარულ კარსტს. ერთ შემთხვევაში დაკარსტული ქანები განლაგებული არიან უშუალოდ დედამიწის ზედაპირზე, მეორეში კი ისინი გადაფარულია უხსნადი, მაგრამ წყალშელწევადი ქანებით. ღია კარსტები გავრცელებულია ყირიმში, კავკასიაში, ფარული კი — რუსეთის დაბლობზე და მათი გამოვლინება შეიძლება სამთო გამონამუშევრებით, კაბურღილებით ან გეოფიზიკური სამუშაოებით.

როგორც ზედაპირული, ასევე მიწისქვეშა კარსტული ფორმები მეტად მრავალფეროვანია. მათი წარმოქმნის პროცესი გარკვეული თანმიმდევრობით მიმდინარეობს. კარსტის ზედაპირული ფორმებიდან აღსანიშნავია კარი, ძაბრი, პოლე. კარი წარმოადგენს წვრილ, ხნულის-მაგვარ ლარს კირქვების ზედაპირზე, რომელიც ჩნდება ატმოსფერული

წყლის მცირე ნაკადების მოძრაობისას. კარსტული პროცესის განვითარებისას კარის სიღრმე თანდათანობით იზრდება, რამდენიმე კარი ერთმანეთს ერწყმის და მათმა სიღრმემ შეიძლება მეტრსაც მიაღწიოს.

ზედაპირზე ნაპრაღთა ურთიერთგადაკვეთის ან რელიეფში არსებული ბუნებრივი ჩაღრმავების ადგილას ზედაპირული წყალი იჩენს აქტიურ გამხსნელ მოქმედებას, რომლის შედეგადაც ჩნდება ძაბრი (ნახ. XXXII.1). ძაბრი ჩვეულებრივად გამდინარია, ე. ი. მასში ჩასუ-



ნახ. XXXII.1. კარსტული ძაბრი კირქვების ზედაპირზე. ძაბრი სიღრმეში უკავშირდება კარსტულ სივრცეებს.

ლი წყალი კარსტული ხვრელებითა და არხებით მიწისქვეშა კარსტულ ფორმებს უკავშირდება. ძაბრი შეიძლება წარმოიშვას მიწისქვეშა სივრცეების ჭერის ჩამოქცევითაც. კარსტული ძაბრები ხშირად მწყრივად არის განლაგებული და მათი მდებარეობა ნაპრაღთა ძირითადი სისტემის გავრცელების მიმართულებას თანხვედება. ძაბრების თანდათანობით გაერთიანებით ან კარსტული მასივის ცალკეული უბნების ჩაწოლით წარმოიშობა პოლე. მათი სიგრძე შეიძლება ასეულ მეტრებს და კილომეტრებსაც აღწევდეს, ხოლო სიღრმე — რამდენიმე მეტრს.

კარსტის მიწისქვეშა ფორმებიდან აღსანიშნავია ჭა, შახტი, კავერნა, მღვიმე. ჭა და შახტი ვერტიკალური ხვრელების და ნაპრაღების შემდგომი გაფართოებით წარმოიშობა. კავერნა დაკარსტული ქანების გამოქმის შედეგად წარმოშობილი უსწორმასწორო მოყვანილობის სივრცეებია. მიწისქვეშა წყალი მოძრაობის გზაზე ხსნის ქანებს და აფართოებს ნაპრაღს, რომელიც თანდათან იზრდება და იტოტება. ასე წარმოიშობა დიდი ზომის სივრცეები, ე. წ. კარსტული მღვიმეები. მღვიმეების წარმოშობას ხელს უწყობს მიწისქვეშა ჩაქცევებიც, რომლებიც ცალკეული უბნების გაფართოებას იწვევს. ეროზიის ბაზისის ცვალებადობით ზოგჯერ წარმოიშობა რამდენიმე სათულად განლაგებული მღვიმეები. ისინი, როგორც წესი, ერთმანეთს უკავშირდება.

მღვიმეებისათვის დამახასიათებელია მიწისქვეშა მდინარეები და ტბები.

კარსტული მღვიმე არაჩვეულებრივი სილამაზით გამოირჩევა. ნადენი ფორმები უამრავი სტალაქტიტებისა და სტალაგმიტების სახით მიმზიდველ იერს აძლევს მას. მღვიმეების მეტად თავისებური გავრცელება და მოყვანილობის მრავალფეროვნება ბევრ მოგზაურს და მკვლევარს იზიდავს. ბოლო წლებში კარსტული მღვიმეების შესწავლამ გეგმაზომიერი მეცნიერული ხასიათი მიიღო. დარგს, რომელიც მათ შეისწავლის, სპელეოლოგია ეწოდება. საქართველოში ბევრია შესწავლილი და შეუსწავლელი კარსტული მღვიმე. აფხაზეთში ცნობილია ანაკოფიის უფსკრული, რომლის ერთ-ერთი დარბაზის სიმაღლე 70 მ-ს სჭარბობს. ამ უფსკრულის გამოკვლეული სიღრმე რამდენიმე ასეული მეტრია, მაგრამ ვარაუდობენ, რომ იგი გაცილებით უფრო ღრმად ვრცელდება. უკვე რამდენიმე წელია საქვეყნოდ გახდა ცნობილი ახალი ათონის კეთილმოწყობილი კარსტული დარბაზები, რომლებიც ყოველწლიურად ათობით ათას დამთვალიერებელს იზიდავს.

კარსტული პროცესის განვითარების ინტენსიურობის და სიჩქარის დადგენა საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ერთ-ერთი შემადგენელი ნაწილია. ტერიტორიის დაკარსტულობის მიახლოებითი შეფასებისათვის საჭიროა: 1. ერთეულ ფართობზე კარსტული ფორმების (ძაბრების, კარსტული ტბების) რაოდენობის გამოთვლა, 2. სიცარიელების მოცულობის გამოთვლა წყალშემცველი პორიზონტის დონის დაწვეით ან სამთო გამონამუშევრებიდან სიღრმული წყალქცევით. დაკარსტულობის რეგიონალური შეფასებისათვის გამოიყენება გეოფიზიკური მეთოდები — სეისმოძიება და ელექტროძიება. დაკარსტულობის ინტენსიურობაზე მიუთითებს ბურღვის პროცესში გამრეცხი ხსნარის დაკარგვა, ზედაპირული, მდინარეული წყლების შთანთქმა, საველე ჰიდროგეოლოგიური სამუშაოების დროს დადგენილი ფილტრაციის კოეფიციენტის მკვეთრი მატება და სხვ. კარსტის განვითარების სიჩქარის განსაზღვრისათვის გამოიყენება კარსტული პროცესის აქტიურობის მაჩვენებელი

$$A = \frac{p}{V} \cdot 100,$$

სადაც p — გახსნილი ქანის მოცულობაა, ანუ სიცარიელების ჯამური მოცულობა;

V — დაკარსტული ქანების საერთო მოცულობა.

მშენებლობა კარსტულ რაიონებში გარკვეულ სიძნელებთან არის დაკავშირებული. შენობებისა და ნაგებობების სწორად დაპროექტე-

ბისათვის აუცილებელია კომპლექსური და დეტალური საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები, რომელთა შედეგად შეისწავლება კლიმატი, მცენარეულობა, ჰიდროლოგია, გეომორფოლოგია, კარსტის განვითარების გეოლოგიური პირობები, მიწისქვეშა წყლები და საერთოდ ყველა საკითხი, რომელიც დაკავშირებულია კარსტთან. მნიშვნელოვანია აგრეთვე არსებულ საინჟინრო ნაგებობათა მდგომარეობის შეფასება. საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოებით გამოვლინდება კარსტული რაიონები, გამოიყოფა ყველაზე საშიში უბნები, სადაც კაპიტალური მშენებლობა პრაქტიკულად დაუშვებელია, შეისწავლება და აიწერება მიწისქვეშა კარსტული ფორმები.

კარსტის წინააღმდეგ ბრძოლა განსაკუთრებით ძნელია. ზოგჯერ მიმართავენ კარსტული სიცარიელების პერის ხელოვნურ ჩამონგრევას და მათ ამოვსებას თიხოვანი მასალით. ნაგებობათა საძირკველში ან ქანებთან მათი კონტაქტის სხვა ადგილებში იყენებენ კარსტული სიცარიელების ცემენტაციას. ცემენტის ხსნარის ჩაჰირხვის შედეგად მიიღება მიწისქვეშა წყალმუღწევადი ბარიერი. ეს მეთოდი ფართოდ გამოიყენება ენგურის თაღოვანი კაშხლის მშენებლობის პრაქტიკაში. კარსტული პროცესის განვითარების შეწყვეტა შეიძლება ხსნადი ქანებისაგან ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების მოცილებით, საცეცხლე სადრენაჟო სისტემის მოწყობით, ჰაბურღილებიდან წყლის ამოტუმბვით და დონის დაწვეით. კარსტის წინააღმდეგ ბრძოლა ძალიან ძვირი და შრომატევადია, ამიტომ ხშირად ამკობინებენ აქტიური კარსტული უბნებისაგან სამშენებლო სამუშაოთა მოცილებას და სხვა ადგილზე გადატანას.

XXXIII თავი

სუფოზია. მცურავი ქანები

XXXIII.1. სუფოზია

სუფოზია ლათინური სიტყვაა და გამოთხრას ნიშნავს. ამ ტერმინში იგულისხმება მიწისქვეშა წყლის ფილტრაციული ნაკადის მიერ ქანებიდან წვრილი ნაწილაკების გამოტანა-გამორეცხვის პროცესი, რომელსაც შეიძლება თან ახლდეს ზემომდებარე ქანების დაჯდომა, ძაბვებისა და ჩაქცევების წარმოქმნა. მოქმედების მექანიზმით. სუფოზია კარსტის მსგავსია, იმ განსხვავებით, რომ ამ შემთხვევაში ქიმიური გახსნის ნაცვლად ხდება ქანის შემადგენელი მასალის მექანიკური გამოტანა. არჩევენ მექანიკურ და ქიმიურ სუფოზიას. ქიმიური სუფოზია

შინაარსობრივად კარსტულ პროცესს შეესაბამება. ზოგჯერ წყლის ნაკადი ახდენს როგორც ქიმიურ, ასევე მექანიკურ ზემოქმედებას, რასაც გამოხატავენ ტერმინით — ქიმიურ-მექანიკური სუფოზია. ასეთი პროცესი შეიძლება მიმდინარეობდეს ლიოსურ ქანებში, სადაც წყალი ქიმიურად ხსნის კარბონატულ ცემენტს და ერთდროულად გამოაქვს, თიხოვანი ნაწილაკები. ანალოგიური მოვლენა შეიძლება მოხდეს არათანაბარპარაცლოვან ქვიშაქვებში, რომლის ცემენტი წყალში ხსნად ნივთიერებებს შეიცავს.

სუფოზიის ძირითადი გამომწვევი მიზეზია მნიშვნელოვანი ჰიდროდინამიკური წნევების წარმოქმნა და ამავე დროს მიწისქვეშა წყლის კრიტიკული სიჩქარის მომატება. ასეთ მოვლენას ადგილი აქვს, მაგალითად, მდინარის ხეობის კალთებზე წყალდიდობის შემდეგ მდინარეში წყლის დონის მკვეთრი დაცემის შედეგად. კალთებზე გრუნტის წყლების დონე მცირდება გაცილებით ნელა, წარმოიქმნება ციკაბო დეპრესიული მრუდი და მდინარისაკენ მიმართული ჰიდროდინამიკური წნევა. წყლის ნაკადი ერთმანეთს აცილებს და გადაადგილებს ქანის ნაწილაკებს და მეტნაკლები სიჩქარით გამოაქვს ისინი მიწის წიაღიდან. ნაწილაკების წყალში ატივტივება გარკვეულ კრიტიკულ გრადიენტზე მიმდინარეობს. მისი გამოთვლა შეიძლება ე. ზამარინის ფორმულით

$$I_{კვ} = (\Delta - 1)(1 - n) + 0,5n;$$

Δ — ქანის ხედრითი წონა;

n — მისი ფორიანობა ერთეულის ნაწილებში.

ნაწილაკების თანდათანობით გამოტანა საბოლოო ჯამში იწვევს ქანში სიცარიელების წარმოქმნას, რითაც მატულობს წყლის მოძრაობის სიჩქარე; ეს კი, თავის მხრივ, ხელს უწყობს უფრო დიდი ზომის ნაწილაკების გამოტანას. ქანების შედგენილობისა და სტრუქტურის შესაბამისად ეს პროცესი შეიძლება გახანგრძლივდეს და წარმოიქმნას დიდი ზომის სიცარიელები, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს ნაგებობის არათანაბარი ჯდომა და სამშენებლო ობიექტის სერიოზული დეფორმაცია. მექანიკური სუფოზიის წარმოქმნას და აქტიურად განვითარებას ხელს უწყობს ნაგებობათა საფუძველში ფხვიერი შეუკავშირებელი ან სუსტად შეკავშირებული ქანების არსებობა (ქვიშარი).

ჰიდროდინამიკური წნევის გამოვლინების ადგილის მიხედვით სუფოზია შეიძლება მიმდინარეობდეს დედამიწის სიღრმეში ან ზედაპირთან ახლოს. პირველ შემთხვევაში წყლის მიერ წვრილი ნაწილაკების გადატანა ხდება ერთი ფენიდან მეორეში. ან ერთსა და იმავე

ფენაში. სიღრმეში სუფოზიური მოვლენა შეიძლება განვითარდეს ორი ერთმანეთისაგან შედგენილობით განსხვავებული შრის კონტაქტშიც. ამ დროს ერთი ქანის წვრილი ნაწილაკები გადაიტანება მეორე ქანის ფორებში. კონტაქტური სუფოზიის შედეგად შეიძლება გამოყოფილი ზედაპირის გასწვრივ წარმოიქმნას თვისებებით და გრანულომეტრიული შედგენილობით განსხვავებული ქანის შრე. სუფოზიის პროცესი აქტიურად მიმდინარეობს ლიოსებში და ლიოსისმაგვარ ქანებში, სადაც სუფოზიური სიციარეელების ზომები ზოგჯერ მეტრობით იზომება. სუფოზიას ლიოსებში „თიხოვან ანუ ლიოსურ კარსტს“ უწოდებენ.

როგორც მექანიკური, ასევე ქიმიური სუფოზია აქტიურად გამოვლინდება დედამიწის ზედაპირის ახლოს ჰიდროდინამიკური პირობების ბუნებრივი ან ხელოვნური ცვალებადობის დროს — დეპრესიული ძაბვების ფორმირებისას, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების დონეების მერყუობისას, ამოტუმბვის და სადრენაჟო სამუშაოების დროს და ა. შ. განსაკუთრებით საშიშია წვრილი ნაწილაკების გამორეცხვა მიწისქვეშა სამთო გამონაჟღერებელთან და სამშენებლო ქვაბულებიდან წყალქვეყის დროს. მიწისქვეშა წყლის მოდინების წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებათა განხორციელებისას სათანადო ყურადღება უნდა მიექცეს ამოტუმბული წყლის სიმღვრიეს. წყლის ინტენსიური ამოტუმბვის დროს გამოტანილი მყარი მასალის რაოდენობამ შეიძლება მნიშვნელოვან სიდიდეს მიაღწიოს. ვ. მილნერის გამოანგარიშებით მოსკოვის მეტროპოლიტენის ერთ-ერთ ქაურში წყლის ამოტუმბვისას 20 ლ/წმ რაოდენობით წყლის სიმღვრიე 0,1% იყო, მიუხედავად ამისა, 1 წლის განმავლობაში ამოტუმბვის შედეგად გამოტანილმა მყარმა მასალამ 600 მ³ შეადგინა.

სუფოზიის ხანგრძლივმა მოქმედებამ ფერდობებზე შეიძლება გამოიწვიოს მეწყრული დეფორმაციები. სუფოზიური წარმოშობის მეწყრები ხშირი მოვლენაა, განსაკუთრებით ისეთ ფერდობებზე, რომლებიც აგებულია თიხიან-ქვიშიანი ქანების მორიგეობით. სუფოზიური მეწყრები აღწერილია ლიოსებში და ლიოსისმაგვარ ქანებშიც. ასეთი ტიპის მეწყრული დეფორმაციები ხდება ყრილებსა და ფერდობებზეც, ვინაიდან სამშენებლო სამუშაოების პროცესში გაფხვიერებული ქანი გაცილებით უფრო ადვილად განიცდის სუფოზიას გავლენას.

სუფოზიის საინჟინრო-გეოლოგიური შეფასებისათვის გეოლოგიური პირობების უარდა აუცილებელია გეომორფოლოგიური პირობების შესწავლა. ყურადღება უნდა მიექცეს რელიეფის დადაბლებულ და ჩადრმავებულ ადგილებს, რომლებშიც შესაძლებელია წყლის ფილტრაცია. საჭიროა გამახვილდეს ყურადღება ზედაპირული და მიწის-

ქვეშა წყლების მოძრაობის პირობებზე, საკვლევ უბანზე გავრცელებული ქანების მექანიკურ და მინერალურ შედგენილობაზე, ნაწილაკების ურთიერთშეკავშირების ზარისხზე, აგრეთვე ნაპრალიანობასა და გამოფიტვაზე.

სუფოზიის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების ჩამონადენის რეგულირება სპეციალური სადრენაჟო ქსელის მოწყობით, ქანების გამოფიტვის ინტენსიურობის შემცირება დამცავი საფარის გამოყენებით. ფერდობის სიღრმეში წყლის ფილტრაციის შემცირება შესაძლებელია უკუფილტრების საშუალებით. კაშნლების საფუძველში მაღალი ფილტრაციული თვისებების მქონე ქანებში სუფოზიური დეფორმაციების თავიდან აცილების მიზნით აკეთებენ თიხის ძირულებს, ამით ფილტრაციული ნაკადის მოძრაობის გზა იზრდება, შესაბამისად მცირდება ჰიდრაულიკური გრადიენტი და ფილტრაციის სიჩქარე. ზოგ შემთხვევაში სუფოზიის შესამცირებლად მიმართავენ ქანების ფიზიკური თვისებების გაუმჯობესებას სილიკატიზაციისა და ცემენტაციის გამოყენებით. დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს ნაგებობათა კონსტრუქციული ელემენტების შერჩევას. სუფოზიისადმი აქტიურ გრუნტებში უმჯობესია ხიმიწვრილი ტიპის საძირკვლების გამოყენება.

XXXIII.2. მცურავი ქანები

მცურავ ქანებს უწოდებენ წყლით გაჯერებულ, დისპერსიულ, ფხვიერ ქანებს, ჩვეულებრივად ქვიშებს, რომლებიც მიწის სამუშაოების წარმოების დროს (სამშენებლო ქვაბული, სამთო გამონამუშევარი) მოძრაობაში მოდიან მძიმე, ბლანტი სითხის მსგავსად.

მცურავ მდგომარეობაში შეიძლება გადავიდნენ სხვადასხვა გრანულომეტრიული შედგენილობის ქვიშები, როგორც წვრილმარცვლოვანი, ასევე მსხვილმარცვლოვანიც. ეს თვისება, ქვიშის გარდა, შეიძლება გამოავლინოს თიხნარმა, ქვიშნარმა, ხრეშოვანმა, ე. ი. მაღალი ფორიანობის მქონე ქანებმა.

მშენებლობის პროცესში მცურავი ქანი თავისებურად გამოვლინდება. ქვაბულის ჩაღრმავებისას მისი კედლებიდან გამოედინება წყლით ნაჯერი ქვიშური მასალა, რომლითაც ქვაბული შეიძლება მთლიანად ამოივსოს. გვერდებში ჩნდება ღრმულები, ნიშები, რომლებიც თანდათანობით დიდდება და შეიძლება ზევით მდებარე ქანების ჩამოქცევა გამოიწვიოს. მცურავი ქანი ნელა მოძრაობს. მასში შეიმჩნევა ღია ნაცრისფერ-რძისფერი წყალი. მცურავი ქანის ზედაპირი ახლად ჩასხმული ბეტონის ზედაპირს წააგავს. თუ ამ ზედაპირზე გაივლის ადამიანი, მისი ნაკვალევი ბზინვარებას იწყებს ქანიდან სიმძიმის ძალით

გამოყოფილი წყლის გამო, რომელიც ჩადგება ნაფხურში. ჩვეულებრივად, ასეთ ქანში მიწის სამუშაო იარაღებით მუშაობა ძლიერ გაართულებულია.

მცურავი ქანების წარმოქმნის მიზეზად მიიჩნევენ ფორებში არსებული წყლის ჰიდროდინამიკურ წნევას, რომელიც ჩნდება გრუნტის წყლების წნევათა სხვაობის (გრადიენტის) შედეგად ქვაბულის გაჭრის დროს. მცურავი ქანების მცირე წყალშედწევადობის გამო ჰიდრავლიკური გრადიენტი იწვევს ფილტრაციულ წნევას ქანის ნაწილაკებზე და ამოძრავებს მათ განტვირთვის მიმართულებით, ე. ი. ქვაბულისაკენ ან გამონამუშევრისაკენ. ი. პოპოვი ფილტრაციის გრადიენტის კრიტიკული მნიშვნელობის განსაზღვრისათვის, რომლის დროსაც იწყება ეს პროცესი, იძლევა ფორმულას

$$I_{კრ} = (\gamma - 1) (1 - n);$$

ოქ ქანის მოცულობითი წონაა, ზოლო n — ფორიანობა.

მცურავ მდგომარეობაში ქანი ყოველგვარ სტრუქტურულ კავშირებს კარგავს და ატივტივებულ მდგომარეობაში გადადის.

ა. ლებედევი არჩევს ცრუ და ჭეშმარიტ მცურავ ქანებს. ცრუ მცურავ ქანებად იგი მიიჩნევს სხვადასხვა ქვიშებს და ხრეშოვან ქანებს, რომლებსაც სტრუქტურული კავშირები არ გააჩნია. ცურვად მდგომარეობაში ისინი გადადიან მაღალი ჰიდროდინამიკური წნევის გამო. ასეთი ქანების ფილტრაციის კოეფიციენტი შეიძლება აღწევდეს 1—2 მ/დღელამეში. ასეთი ქვიშები ადვილად მოძრაობენ, მაგრამ, ამასთანავე, ადვილად გასცემენ წყალს. გაშრობისას ისინი წარმოქმნიან ფხვიერ ან სუსტად შეცემენტებულ მასას. ჭეშმარიტი მცურავი ქანებისათვის კი დამახასიათებელია კოაგულაციური ან შერეული კავშირები. ასეთ ქანებს მიეკუთვნება თიხოვანი ქვიშა, ქვიშნარი. თიხოვანი სტრუქტურული კავშირების არსებობას განაპირობებს თიხოვანი კოლოიდური ნაწილაკების შემცველობა. მცურავ მდგომარეობაში გადასვლა განისაზღვრება არა იმდენად ჰიდროდინამიკური წნევის სიდიდით, რამდენადაც ტენისუმწოვი კოლოიდური (ჰიდროფილური) ნაწილაკების არსებობით. ამ ნაწილაკების ირგვლივ წარმოიშობა შეკავშირებული წყლის აპები, რაც ასუსტებს სტრუქტურულ შეჭიდულობას და ამცირებს ქანების წყალშედწევადობას. ფილტრაციის კოეფიციენტი ძალიან მცირეა. ასეთი ქანები წყალს ძნელად გასცემენ. მოცულობითი წონა უწყლო მდგომარეობაში ტოლია 1,8—2,2 ტ/მ³. კოლოიდური ნაწილაკები წყალს მღვრიე-რძისფერს აძლევენ. გამოშრობისას ჭეშმარიტი მცურავი ქანები კოლოიდური ნაწილაკების წებოვანი თვისებების გამო წარმოქმნიან საკმაოდ ძლიერად შეცემენტე-

ბულ მასას. ჰემმარტი მცურავი ქანების დაშრობა და რაიმე ქიმიური ნივთიერებით გამაგრება ძნელია იმიტომ, რომ ხსნარი ვერ აღწევს ქანის სიღრმეში და ამასთან კოლოიდურ ნაწილაკებს გარეშე ნივთიერებებთან შექიდულობის უნარი სუსტი აქვთ.

სამშენებლო პრაქტიკაში დიდი მნიშვნელობა აქვს მცურავი ქანების შესაძლო გამოვლინების უბნებისა და ტიპის დადგენას. არის რიგი ნიშანთვისებებისა, რომლებითაც გადავიღებულა ამ საკითხების გადაჭრა. პირველ რიგში უნდა აღინიშნოს ქანების წყლოვანი და ფიზიკური თვისებები: მცირე წყალგაცემა, მაღალი ფორიანობა, გრანულომეტრიულ შედგენილობაში ერთიმეორისაგან ორი მკვეთრად განსხვავებული ფრაქციის შემცველობა, კოლოიდურ-თიხოვანი შემადგენლის მაღალი ჰიდროფილურობა და სხვა თვისებები.

მცურავი ქანები მკვეთრად ართულებენ მშენებლობას ან სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვებას. აღწერილია მთელი რიგი შემთხვევები, როდესაც მათ გამოვლინებას სერიოზულად შეუფერხებია სამშენებლო სამუშაოები ან გამოუწვევია ნაგებობათა მნიშვნელოვანი დეფორმაცია. თუ მცურავი ქანი ჩაკეტილ კონტურშია მოქცეული, მისი ზემოქმედების საშიშროება ნაკლებია, მაგრამ თვით ასეთი კონტურის შექმნა საკმაოდ ძნელია. არის შემთხვევები, როდესაც მცურავი ქანი ვერტიკალურად გადაადგილდება, ქვევიდან აწეება საძირკველს და იწვევს მის რღვევას. ფერდობის ჩამოჭრამ და მცურავი ქანების გაშიშვლებამ შეიძლება გამოიწვიოს ფერდობის სწრაფი, მეწყურისმაგვარი დეფორმაცია. ამ მოვლენის გააქტიურებას ძალიან უწყობს ზელს დინამიკური დარტყმები და რხევები.

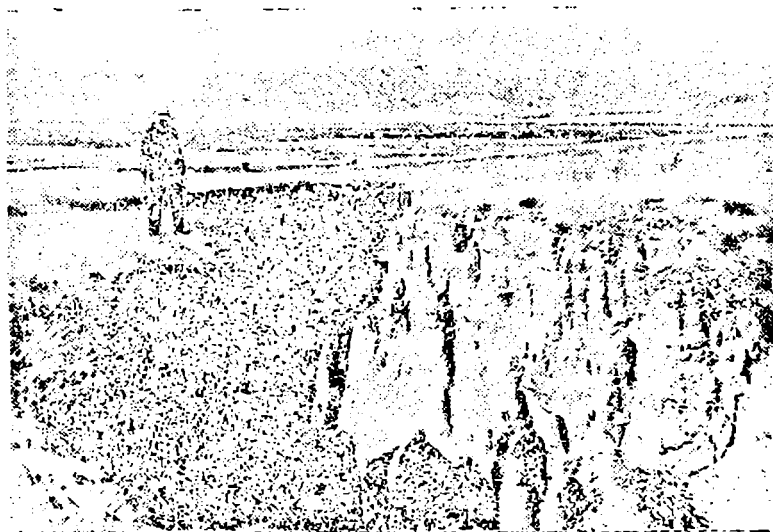
მცურავი ქანების წინააღმდეგ ბრძოლა სიძნელებთან არის დაკავშირებული და არსებული მეთოდები ყოველთვის არ იძლევა სასურველ შედეგს. ყველაზე მნიშვნელოვანია საძირკვლის ისეთი კონსტრუქციის შერჩევა, რომელიც უზრუნველყოფს მცურავი ქანის ნაგებობაზე უშუალო ზეგავლენის თავიდან აცილებას. საძირკვლის ხიმიანების ვარიანტები ამ შემთხვევაში ყველაზე ხელსაყრელია. საერთოდ, უნდა ვერიდოთ საძირკვლისა და მცურავი ქანების მუდმივ კონტაქტს. უშუალოდ მცურავი ქანის წინააღმდეგ იყენებენ: 1. მათ ხელოვნურ დაშრობას; 2. შპუნტური ჯებირის საშუალებით მათი გავრცელების შეზღუდვას; 3. მცურავი ქანების ფიზიკური მდგომარეობის შეცვლას ტექნიკური მელორაციის მეთოდებით (სილიკატიზაცია, ცემენტაცია, გაყინვა, ელექტროქიმიური გამაგრება და ა. შ.).

ლიოსური ქანების ლეზორმაციები

XXXIV. 1. ლიოსების ზოგადი დახასიათება

ლიოსი ეწოდება რბილ, ფქვილისმაგვარ, მტვრისებრ, ხშირად მაკროფორიან, კარბონატულ, არაშრეებრივ თიხნარს. ლიოსი უმეტესად მომწვანო-ყვითელი, მოყვითალო-რუხი და მოყვითალო-ნაცრისფერია. გარდა ტიპური ლიოსებისა, ბუნებაში დიდი გავრცელებით სარგებლობენ ლიოსების დაშლისა და ხელმეორედ დალექვის შედეგად მიღებული თიხნარები, ქვიშნარები და, უფრო იშვიათად, თიხები — ე. წ. ლიოსისმაგვარი ქანები. პირველადი ლიოსებისათვის დამახასიათებელია ერთგვაროვნობა, ლიოსისმაგვარი ქანები კი ხშირად შრეებრივია და შეიცავს ქანების ნამტვრევებსაც.

ლიოსებისათვის დამახასიათებელია ძლიერ ციცაბო და ვერტიკალური ფერდობები. ლიოსური ქანებით აგებული 10—15 მ სიმაღლის ვერტიკალური კედლები დიდხანს ინარჩუნებენ მდგრადობას (ნახ. XXXIV.1). ლიოსური ნალექების სიმძლავრე მეტად ცვალებადია და რამდენიმე მეტრიდან ათეულ მეტრამდე იცვლება. ლიოსები ფარ-



ნახ. XXXIV.1. ხრამის ვერტიკალური ფერდობები ლიოსურ ქანებში (ფოტო ვ. ქოიავასი).

თოდაა გავრცელებული ბუნებაში. მათ უკავიათ ხმელეთის 9%-ზე მეტი, სადაც მათი საშუალო სიმაღლე 10 მეტრია. ცალკეულ ქვეყნებში ლიოსები უზარმაზარ სივრცეებს ფარავს. მაგალითად, ჩინეთში მათი სიმაღლე 100 მეტრს აღემატება და დაბლობ ადგილებში რამდენიმე ასეულ ათას კვადრატულ კილომეტრზეა გადაჭიმული. საბჭოთა კავშირში, განსაკუთრებით შუა აზიის რესპუბლიკებში, კავკასიაში, უკრაინასა და სამხრეთ და დასავლეთ ციმბირის მთელ რიგ რაიონებში ლიოსების სიმაღლე 30—40 მეტრია. ლიოსები გავრცელებულია აგრეთვე დასავლეთ ევროპაში, ჩრდილოეთ და სამხრეთ ამერიკაში.

ლიოსების გრანულომეტრიულ შედგენილობაში სქარბობს მტვროვანი ფრაქცია (70—85%). ქვიშიანი ფრაქციის რაოდენობა არ აღემატება 10%, ხოლო თიხოვანი ფრაქციის — 10—14%. ლიოსისმაგვარ თიხნარებში თიხოვანი ნაწილაკების რაოდენობა, მტვროვანი ფრაქციის შემცირების ხარჯზე, შეიძლება 20—25% აღწევდეს.

ლიოსების დამახასიათებელი თვისებებია მაღალი ფორიანობა. ჩვეულებრივად ლიოსების ფორიანობა 44—55%, ხოლო ცალკეულ შემთხვევებში 58—62% აღწევს. გარდა მაღალი ფორიანობისა, ეს ქანები შეიცავენ მაკროფორებს, ე. ი. ისეთ მსხვილ ფორებს, რომლებიც კარგად ჩანს თვალით. ეს ფორები უმეტესად ვერტიკალურია და მათ შიგა კედლებზე ხშირად გამოლექილია კარბონატები. ჩვეულებრივი ფორების გარდა ლიოსებში ხშირია მსხვილი სიცარიელები და ხვრელები, რომლებიც წარმოშობილია მიწისმთხრელი ცხოველების მიერ.

ლიოსური ქანების ბუნებრივი ტენიანობა დაკავშირებულია ძირითადად რაიონის კლიმატურ თავისებურებებთან. არასაკმარისი გატენიანების ადგილებში ლიოსური ქანების ტენიანობა 10—12% შეადგენს, უფრო ტენიან ადგილებში შეიძლება 12—18% მიაღწიოს. ლიოსური ქანებისათვის დამახასიათებელია ფილტრაციული თვისებების ანიზოტროპიულობა. ვერტიკალური მიმართულებით მათი წყალშეღწევადობა შეიძლება 5—10-ჯერ სქარბობდეს წყალშეღწევადობას სხვა რომელიმე მიმართულებით. ლიოსების პლასტიკურობა და შიგა ხახუნის კუთხე მცირე ფარგლებში მერყეობს, სახელდობრ: პლასტიკურობის ზღვარი 16—17, დენადობის ზღვარი 26—28; პლასტიკურობის რიცხვი 10—12; შიგა ხახუნის კუთხე 17—26°.

ლიოსების წარმოშობის საკითხი ჯერჯერობით არ არის საბოლოოდ დადგენილი. არსებობს მთელი რიგი ჰიპოთეზებისა, მათგან ყველაზე გავრცელებულია ეოლური, წყლოვან-მყინვარული და პროლოვიური ჰიპოთეზები. ეოლური ჰიპოთეზის თანახმად, ლიოსი წარმოშობილია ქარის მიერ უდაბნოებიდან მტვრის გადატანისა და დალექვის შედეგად. წყლოვან-მყინვარული ჰიპოთეზა ამტკიცებს, რომ მყინვარების დნობის დროს წარმოქმნილ ნაკადებს გადაჰქონდათ მტვრის ნაწილა-

კები და ლექავდნენ მათ. პროლუეტური ჰიპოთეზის მიხედვით ლიოსების წარმოშობა შეიძლება დაკავშირებული იყოს ნაკადების მიერ გადატანილი ლიოსური მასალის დალექვასთან. ლიოსების ფართო გავრცელება ბუნებაში გამორიცხავს მათ წარმოშობას მხოლოდ ერთი რომელიმე გზით. უფრო მართებულია დაშვება, რომ ლიოსების წარმოქმნისათვის ხელსაყრელი პირობები იქმნებოდა სხვადასხვა გეოლოგიურ და კლიმატურ გარემოში ცალკეული ბუნებრივი ფაქტორების გამოვლინების დროს.

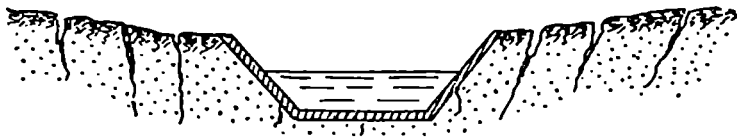
XXXIV.2. ლიოსების ჯდომადი თვისებები

ლიოსები და ლიოსისმაგვარი ქანები მთელი რიგი დამახასიათებელი ნიშან-თვისებებით გამოირჩევიან სხვა ფხვიერ-დისპერსიული ქანებისაგან. ლიოსების უმთავრეს ნიშანთვისებას, რომელსაც არსებითი მნიშვნელობა აქვს ამ ქანების სამშენებლო თვალსაზრისით შეფასებისათვის, წარმოადგენს **ჯ დ მ ა დ მ ბ ა**. ჯდომის პროცესი არის ლიოსური ქანების დასველების შედეგად მათი სტრუქტურის დაშლა და გრუნტის შემკვრივება.

ჯდომადი თვისებები სხვადასხვა ტიპის ლიოსებს სხვადასხვანაირად აქვთ გამოხატული. ზოგი ლიოსის ჯდომისათვის საკმარისია მხოლოდ დასველება. ზოგი ამ თვისებას ავლენს დასველებით და ერთდროულად ვერტიკალური დატვირთვით. არის ლიოსები, რომლებსაც საერთოდ არ გააჩნიათ ჯდომადი თვისებები. ჯდომადობის მიხედვით გამოყოფენ ლიოსების ოთხ ტიპს: 1. ლიოსები, რომლებიც დასველებისას ჯდომად დეფორმაციას განიცდიან საკუთარი სიმძიმის ძალის გამო, 2. ლიოსები, რომლებიც დასველებისას განიცდიან მნიშვნელოვან ჯდომას ნაგებობათა სიმძიმის ძალის გავლენით, 3. ლიოსები, რომლებიც დასველებისას უმნიშვნელოდ ჯდებიან ნაგებობათა სიმძიმის ძალის გავლენით და ზოგჯერ წინასწარ იბურცებიან, 4. ლიოსები, რომლებიც მდგრადი სტრუქტურებით ხასიათდებიან და არ რეაგირებენ წყლის ზემოქმედებაზე.

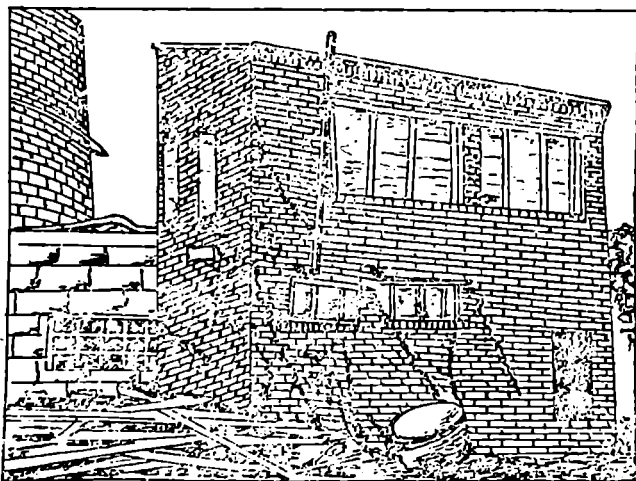
ჯდომადობას განაპირობებს ლიოსების სტრუქტურული შეუქმლადობა. წყლის ზემოქმედებისას ამ ქანების სტრუქტურა იშლება და ამავე დროს ხდება ნაწილაკების გადაადგილება და ურთიერთ მჭიდროდ განლაგება ფორიანობის შემცირების ხარჯზე. ლიოსების შემკვრივება ვერტიკალური მიმართულებით ხდება, ამიტომ ბუნებრივი განლაგების პირობებში ამ მოვლენას თან ახლავს ზედაპირის ჩაღლნვა, ჩაქცევა, ნაპრალების წარმოქმნა. თუ ლიოსების ინტენსიური დასველება ცალკეულ ადგილებში ხდება, მაშინ წარმოიქმნება ზედა-

პირის ჯამსებური ჩაღრმავებანი. თუ ლიოსების დასველება ხდება არხების სიახლოვეს, ასეთ შემთხვევებში არხების გასწვრივ წარმოიქმნება გაპწევი ნაპრალები და ზედაპირული ჩაქცევები, რომლებიც შემოფარგულია ამ ნაპრალებით (ნახ. XXXIV.2).



ნახ. XXXIV.2. ლიოსური ქანების დეფორმაციები სარწყავი არხების სიახლოვეს.

ლიოსების ჯდომებმა ნაგებობათა ნახლობლად შეიძლება გამოიწვიოს მათი არათანაბარი დაჯდომა და ზოგჯერ დანგრევაც კი (ნახ. XXXIV.3.).



ნახ. XXXIV.3. ლიოსზე განლაგებული ნაგებობის სერიოზული დეფორმაცია.

ზედაპირის ჯდომის სიდიდე დამოკიდებულია ლიოსური შრის სისქეზე, პროცესის ინტენსიურობაზე და დასველების ხარისხზე. იგი შეიძლება ცვალებადობდეს რამდენიმე სანტიმეტრიდან ათეულ სანტიმეტრამდე; მაგალითად, დონის როსტოვის მიდამოებში ლიოსების ჯდომის სიდიდე 15—20 სმ-ია, ხოლო ჩრდილო კავკასიის სარწყავი სისტემის ზოგიერთ უბანზე 120—150 სმ-ს აღწევს.

ლიოსურ ქანებს, საკუთარი წონის ზეგავლენით გამოწვეული ჯდომის სიდიდის მიხედვით, ყოფენ ორ ტიპად: I ტიპი — ჯდომა ქანების დასველებისას არ შეიმჩნევა, ან არ აღემატება 5 სმ-ს, II ტიპი — ჯდომა სჭარბობს 5 სმ-ს.

ჯდომადი თვისებები უფრო ხშირად ელინდება ლიოსური შრეების ზედა ნაწილში. ჯდომადი ქანების მდებარეობის სიღრმე სხვადასხვაა არა მარტო ცალკეულ რაიონებში, არამედ თითოეული რაიონის ფარგლებშიაც. ეს დამოკიდებულია ლიოსური ქანების წარმოქმნის პირობებსა და იმ ძველ რელიეფზე, რომელზედაც ლიოსი დაილექა. ჯდომადი ქანები ვრცელდებიან 1—2 მეტრიდან 20—25 მ სიღრმეზე. უმეტეს შემთხვევებში ჯდომადი ქანების სისქე 8—10 მ არ აღემატება. ეს დამახასიათებელია I ტიპის ქანებისათვის, რომლებიც გაცილებით უფრო ფართოდ არიან გავრცელებულნი, ვიდრე II ტიპის ქანები. დიდი სისქის (10—25 მ) ჯდომადი ქანები მიეკუთვნება II ტიპს. ისინი გვხვდება უკრაინის, შუა აზიისა და აღმოსავლეთ კავკასიის ზოგიერთ რაიონში. I ტიპის ქანების ჯდომადი თვისებები სიღრმის შესაბამისად მცირდება და ისინი თანდათანობით გადადიან არაჯდომად ლიოსებში. II ტიპის ქანებში კი ჯდომადობის უნარი მეტ-ნაკლები ინტენსიურობით შენარჩუნებულია ლიოსური შრის თითქმის მთელ სისქეზე.

დაკვირვებები გვიჩვენებს, რომ ჯდომადი თვისებები უფრო მკაფიოდ იმ ლიოსებშია გამოხატული, რომლებიც ნაკლები ტენიანობით ხასიათდებიან. გრუნტის წყლების დონის ქვევით მდებარე ლიოსები, ჩვეულებრივად, ჯდომად თვისებებს არ ავლენენ. საკმარისია ბუნებრივი ან ხელოვნური მიზეზებით გრუნტის წყლის დონემ აწიოს, რომ დაიწყოს აქტიური ჯდომის პროცესი. ამიტომ არის, რომ ლიოსების ჯდომები ხშირია წყალსაცავების, არხებისა და სხვადასხვა საირიგაციო ან ჰიდროტექნიკური მშენებლობის დროს, როდესაც მიწისქვეშა წყლების რეჟიმი მკვეთრად ცვალებადობს.

ჯდომის პროცესი ქანების დასველების მომენტშივე არ იწყება. ჩვეულებრივად იგი შეიმჩნევა დასველებიდან რამდენიმე საათის გავლის შემდეგ. ჯდომის დეფორმაციები წყდება დასველების შეწყვეტისთანავე.

ლიოსებისა და ლიოსისმაგვარი ქანების ჯდომადობის მიზეზი უნდა ვეძიოთ მათი გენეზისისა და შემდგომი სახეცვლის პირობებში. მაღალი:

ფორიანობა, წყალში ხსნადი მარილების შემცველობა, არამკვრივი სტრუქტურა, ნაწილაკების შემაკავშირებელი ცემენტის ქიმიური შედგენილობა, მინერალური და გრანულომეტრიული შედგენილობა, ყველაფერი ეს განაპირობებს ჯდომის პროცესის ინტენსიურობას ხანგრძლივი დასველების პირობებში.

ლიოსების ჯდომადობის უნარის დადგენა და ჯდომადობის სიდიდის ზიანლოებითი შეფასება ხდება ლიოსის ტენიანობის განსაზღვრით. მშრალი (7—9% ტენიანობის) ლიოსი, რომელსაც დიდი სისქე აქვს და ხასიათდება გრუნტის წყლების ღრმა განლაგებით, ჩვეულებრივად ავლენს ჯდომად თვისებებს. მცირე სისქის ტენიან (18—20%-ზე მეტი ტენიანობის) ლიოსს, გრუნტის წყლის არალრმა დონით, ჯდომადი თვისებები არ გააჩნია.

ლიოსების ჯდომადობის განსაზღვრის ლაბორატორიული ხერხი დაამუშავა ი. აბელევამ. ამ მიზნით მან გამოთვალა ფარდობითი ჯდომადობის სიდიდე

$$\delta_{\text{ჯე}} = \frac{h_1 - h_2}{h_1}$$

h_1 ბუნებრივი ტენიანობის მქონე გრუნტის ნიმუშის სიმაღლეა 3 კგ/სმ² წნევით შეკუმშვის დროს, გვერდითი გაფართოების გარეშე.
 h_2 — იმავე ნიმუშის სიმაღლე დასველების შემდეგ 3 კგ/სმ² წნევის შენარჩუნებით.

თუ $\delta_{\text{ჯე}} \geq 0,02$ (ე. ი. 2%), ლიოსური ქანი ჯდომადია,

თუ $\delta_{\text{ჯე}} < 0,02$, ლიოსს პრაქტიკულად არ აქვს ჯდომადი თვისებები.

ფარდობითი ჯდომადობა განისაზღვრება კომპრესიულ ხელსაწყოში. ბუნებრივი სტრუქტურის მქონე ლიოსიდან იღებენ მონოლითს და კუმშავენ 0,5, 1,0, 2,0 და 3,0 კგ/სმ² წნევის ქვეშ. 3,0 კგ/სმ² წნევის დროს იწყებენ ნიმუშის დასველებას. გარდა ფარდობითი ჯდომადობის პარამეტრებისა, ანგარიშობენ ფორიანობის კოეფიციენტს დატვირთვის თითოეულ ინტერვალში და აგებენ შეკუმშვის მრუდს, რომელიც წნევასა და ფორიანობის კოეფიციენტს შორის დამოკიდებულებას გამოხატავს. ამ მრუდზე კარგად შეიმჩნევა დასველების გავლენა გრუნტის თვისებებზე (ნახ. XXXIV.4. ა).

ფარდობითი ჯდომადობის სიდიდესა და წნევას შორის არსებობს პირდაპირი დამოკიდებულება 4—5 კგ/სმ²-მდე დატვირთვის ფარგლებში, ამიტომ მიზანშეწონილია ფარდობითი ჯდომადობის განსაზღვრა გრუნტზე რეალური დატვირთვის პირობებისათვის, ე. ი. იმ დატვირთვისათვის, რომელსაც ჯდომად გრუნტზე ავითარებს ნაგებობა ბუნებ-

რივ პირობებში. ამისათვის გამოცდიან ლიოსური გრუნტის ორ ნიმუშს. ერთი ნიმუშის შეკუმშვა მიმდინარეობს ბუნებრივი ტენიანობის პირობებში, მეორესი კი — წყლით განუწყვეტელი გაჭერების დროს. გრაფიკზე დაიტანება შეკუმშვის ორი მრუდი (ნახ. XXXIV.4. ბ), რაც საშუალებას იძლევა გამოთვლილიქნას ფარდობითი ჯდომადობის სიდიდე ნიმუშზე განვითარებული წნევის ნებისმიერ ინტერვალში.

ლიოსების ჯდომადობის დახასიათება შეიძლება პირობითი ჯდომადობის სიდიდითაც, რომელიც გამოითვლება ფორმულით

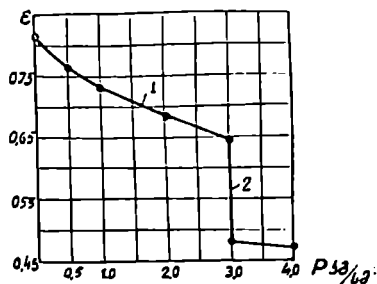
$$\Delta_{\text{ქლ}} = \delta_{\text{ქლ}} (H - h) \text{ სმ,}$$

სადაც $\delta_{\text{ქლ}}$ არის შეფარდებითი ჯდომადობა;

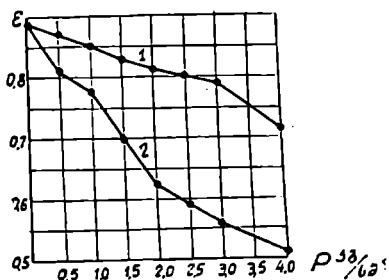
H — ლიოსის ფენის ის სისქე, რომელიც რეაგირებს დასველებაზე, სმ;

h — საძირკვლის ყველაზე მინიმალური სიღრმე, რომელიც გათვალისწინებულია ამ ლიოსზე მშენებლობის დროს, სმ.

პირობითი ჯდომადობის მნიშვნელობის მიხედვით გამოყოფენ ლიოსების ჯდომადობის სამ კატეგორიას: I — რომლის $\Delta_{\text{ქლ}} = 5 - 15$ სმ; II — 16 — 50 სმ; III — 50 სმ ზევით. ჯდომადობის კატეგორიების მიხედვით ტარდება სამშენებლო ღონისძიებები ნაგებობათა მდგრადობის უზრუნველსაყოფად. I კატეგორიის ჯდომადობის გრუნტებისათვის საკმარისია ტერიტორიის პლანირება და ისეთი ზედაპირული დრენაჟი, რომელიც არ დაუშვებს ატმოსფერული წყლების დაგროვებას და სიღრმეში ჩაღწევას. გრუნტებისათვის, რომლებსაც II კატეგორიის ჯდომადობა აქვთ, ახორციელებენ სპეციალურ ღონისძიებებს ლიოსუ-



ბ



ნახ. XXXIV.4.

ა — ლიოსის ფორიანობისა და წნევის დამოკიდებულების გრაფიკი; 1 — ბუნებრივი ტენიანობის ლიოსი; 2 — ლიოსის დასველების შემდეგ. ბ — ლიოსის შეკუმშვის მრუდები; 1 — ბუნებრივი ტენიანობის ლიოსი; 2 — ლიოსი წყლით განუწყვეტლად გაჭერებისას.

რი საფუძვლის გატენიანებისაგან დაცვის მიზნით ან ლიოსის ჯდომადი თვისებების შესაცვლელად. III კატეგორიის ქანების სამშენებლო მიზნით გამოყენების შემთხვევაში, გარდა აღნიშნული ღონისძიებებისა, დამატებით ახორციელებენ კონსტრუქციულ ღონისძიებებს საფუძვლის დეფორმაციებთან და არათანაბარ ჯდომებთან ნაგებობის შეგუების მიზნით.

XXIV.8. მუანებლობა ლიოსებზე

ბუნებრივი სტრუქტურისა და მცირე ტენიანობის მქონე ლიოსები საკმაოდ მდგრად საფუძველს წარმოადგენენ, მაგრამ მათ გააჩნიათ დეფორმაციის პოტენციალური უნარი ნაგებობის საძირკვლის დასველების დროს, ამიტომ ლიოსებზე მშენებლობა ყოველთვის საჭიროებს წინასწარი ღონისძიებების ჩატარებას, რომელთა მიზანია ლიოსური საფუძვლის მდგრადობის უზრუნველყოფა.

ამეამად სამშენებლო პრაქტიკაში გამოიყენება ლიოსებზე მშენებლობის მეთოდების კომპლექსი. ეს დაკავშირებულია ლიოსური ქანების მრავალფეროვნებასთან. არც ერთი მეთოდი არ არის უნივერსალური. ლიოსებზე მშენებლობის არსებული ხერხები ითვალისწინებენ ჯდომადობის საწინააღმდეგო ღონისძიებებს, განსაკუთრებით I ტიპის გრუნტებში; ამასთან, უფრო ეფექტურია ორი ან რამდენიმე ღონისძიების ერთდროული გატარება.

ღონისძიებათა შერჩევა ხდება ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზის საფუძველზე, რომლის დროსაც გათვალისწინებული უნდა იქნეს: 1. საფუძვლის გრუნტების ტიპი; 2. ჯდომადი გრუნტების სიმძლავრე და ჯდომის სიდიდე; 3. ნაგებობათა კონსტრუქციული თავისებურებები.

ლიოსებზე მშენებლობის დროს გამოყენებული მეთოდები შეიძლება სამ ჯგუფში გაერთიანდეს: 1. წყლის ზემოქმედებისაგან დამცველი, 2. კონსტრუქციული, 3. ჯდომადობის თვისებების მომცილებელი.

პირველი ჯგუფის მეთოდებს მიეკუთვნება სამშენებლო მოედნის პლანირება, ზედაპირის პიდროიზოლაცია, შენობების დაცვა წყალსადენისა და კანალიზაციის სისტემებიდან წყლის გაჟონვისაგან, წყალშეუღწევადი იატაკების დაგება და სხვა.

კონსტრუქციულ ღონისძიებათა მიზანია შეაგუოს ნაგებობა შესაძლო არათანაბარ ჯდომებსა და დეფორმაციებს, რაც მიიღწევა კედლების სიხისტისა და შეპირაპირების სიმტკიცის გაზრდით, შენობების რკინაბეტონის სარტყლებით არმირებით, ზომიერ და გაფართოებული ბალიშის ტიპის საძირკვლების გამოყენებით და ა. შ.

ფართოდ გამოიყენება ლიოსების ჯდომადი თვისებების ხელოვნურად შესუსტება. ამ მეთოდების ერთი ნაწილი ლიოსების თვისებების გაუმჯობესებას ახდენს მექანიკურად საშუალებებით, ხოლო მეორე — ფიზიკურ-ქიმიური ხერხების გამოყენებით. პირველიდან აღსანიშნავია ზედაპირული და სიღრმული დატყეპნა. მცირესართულიანი ნაგებობებისათვის უმეტესად იყენებენ ზედაპირულ დატყეპნას. ეს ხდება 3 ტონა ტვირთამწეობის ჯალამბრის გამოყენებით. სატყეპნი ეცემა გრუნტს 3,5 — 4 მ სიმაღლიდან. სიღრმით დატყეპნას მიმართავენ მრავალსართულიანი სახლებისა და დიდი ზომის მქონე ნაგებობათა მშენებლობაში. ამ დროს იყენებენ ლითონის 40 სმ დიამეტრის მილებს, რომლებსაც ასობენ გრუნტში ჯადრაკული წესით, ერთმანეთისაგან 2—3 მ დაშორებით. მილების ამოღების შემდეგ გრუნტში დარჩენილი სივრცე ივსება სუფთა ლიოსური გრუნტის მცირე ულუფებით და მკვრივად იტყეპნება სპეციალური სატყეპნით. გრუნტის გამკვრივება შესაძლებელია აფეთქების ენერჯიის გამოყენებითაც. საირიგაციო არხების მშენებლობაზე ფართოდ იყენებენ ლიოსის გამკვრივებას წინასწარი დასველებით.

ლიოსების თვისებების გაუმჯობესების ფიზიკურ-ქიმიურ ხერხებს მიეკუთვნება თერმული ხერხი, რომელიც გულისხმობს გრუნტების გამოწვას ჯაბურღილებში ცხელი ჰაერის (600—800°) ჯავლის საშუალებით. იყენებენ თერმული დამუშავების მეორე ხერხსაც — გრუნტის სიღრმულ გამოწვას თხევადი ან აირული საწვავით. ლიოსის გამაგრება სილიკატიზაციის მეთოდით იმაში მდგომარეობს, რომ სპეციალური ინექტორების საშუალებით გრუნტში 2—3 ატმოსფეროს წნევის ქვეშ ჩაიჭირხნება თხევადი მინის ხსნარი (ნატრიუმის სილიკატი). გარდა ამისა, ლიოსები შეიძლება გაიყლინოს ცემენტისა და თიხის ხსნარებით, ბიტუმებით, ფისებითა და სხვადასხვა მასალით.

სამშენებლო სამუშაოების დროს ლიოსებზე დასაშვებია შემდეგი საანგარიშო დატვირთვები:

1. სუსტად გატენიანებული ლიოსებისათვის (ტენიანობის ხარისხი 0,5-მდე) — 2,5 კგ/სმ²;
2. ძლიერ გატენიანებული ლიოსებისათვის (ტენიანობის ხარისხი 0,5—0,8) — 2,0 კგ/სმ²;
3. წყლით გაჯერებული ლიოსებისათვის (ტენიანობის ხარისხი 0,8-ზე ზევით) — 1,5 კგ/სმ².

მაღალი ფარდობითი ჯდომადობის მქონე ლიოსებზე მშენებლობისას საანგარიშო დატვირთვების ხვედრითი სიდიდეების შემცირება არ არის მიზანშეწონილი, ვინაიდან ეს ლონისძიება არ ამცირებს დასველების გავლენით ამ ქანების დეფორმაციის საშიშროებას და იწვევს მხოლოდ სამშენებლო სამუშაოთა ღირებულების გაზრდას.

სეზონური და მუდმივი მზრალობა

XXXV.1. ქანების სეზონური მზრალობა

დედამიწის ქერქის სეზონური და მრავალწლიანი გაყინვა, მზრალი ნიადაგებისა და ქანების წარმოშობა, გაყინულობის რეჟიმი რთული გეობოფიზიკური პროცესია, რომელსაც შეისწავლის მეცნიერება გეოკრიოლოგია ანუ გაყინულობათმცოდნეობა.

საბჭოთა კავშირისა და სხვა ქვეყნების ტერიტორიის დიდ ნაწილზე დედამიწის ქერქის ზედა ზონაში ქანები ყოველწლიურად იყინება ან ხანგრძლივი დროის განმავლობაში იმყოფება მზრალ მდგომარეობაში. ქანების ყოველწლიური გაყინვის პროცესს, რომელიც შემოდგომა-ზამთარში შეიმჩნევა, სეზონური გაყინვა ანუ სეზონური მზრალობა ეწოდება. გაყინვის სიღრმე სხვადასხვა ადგილებში სხვადასხვაა, რამდენიმე ათეული სანტიმეტრიდან 3—4 მეტრამდე. იგი დამოკიდებულია გეოგრაფიულ მდებარეობაზე, ქანების შედგენილობა-სა და მდგომარეობაზე, თოვლის საფარის ჩასიათზე და ა. შ. მაქსიმალური გაყინვა დამახასიათებელია ფხვიერი, მსხვილფორიანი ქანებისათვის, რომელშიც ადვილად შეაღწევს ცივი ჰაერი. თიხოვანი ქანები გაყინულობის მცირე სიღრმით ხასიათდებიან, რადგან მათში წყალი და ჰაერი ძნელად ატანს. საბჭოთა კავშირის ტერიტორიისათვის შედგენილია სპეციალური რუკები, რომლებზედაც აღნიშნულია სეზონური გაყინვის ადგილები მზრალი ქანების სხვადასხვა სისქით.

სეზონურად მზრალი ქანები ნაგებობათა საფუძველში არამდგრად გრუნტებს წარმოადგენენ. ხშირად მათთვის დამახასიათებელია ე. წ. გაყინვის ბურცვა. ამ მოვლენის მიზეზია ქანების ფორებში არსებული და უფრო ღრმა ფენებიდან შეწოვილი წყლის გაყინვის შედეგად მოცულობაში მატება. გალხობის შედეგად კი, პირიქით, დედამიწის ზედაპირი დაბლა იწევს. ასეთი არათანაბარი ვერტიკალური გადაადგილება მეტად საშიშია ნაგებობისათვის და შეუძლია გამოიწვიოს მათი მნიშვნელოვანი დეფორმაცია. გაყინვის ბურცვა ყველაზე თვალსაჩინოდ გამოვლინდება მტკრისებრ თიხნარებსა და ქვიშნარებში.

სეზონური გაყინვით გამოწვეული ბურცვის დეფორმაციის გავლენა შენობის მდგრადობაზე შეიძლება აცილებულ იქნეს საძირკვლის ჩაჭრით იმ სიღრმემდე, სადაც ზამთრის გაყინვის გავლენა უკვე აღარ შეიმჩნევა. მშენებლობის პროცესში ამის უგულვებელყოფა ყოველთვის იწვევს გართულებებს. მაგალითად, ქ. კრასნოდარში ზოგი ერთ-და ორსართულიანი შენობა ძლიერ დაზიანდა და მწყობრიდან გამოვი-

და იმის გამო, რომ მათი საძირკვლების სიღრმე მხოლოდ 0,5—0,6 მ შეადგენდა, მაშინ როდესაც სეზონური გაყინვის საშუალო სიღრმე აქ 1 მეტრამდე აღწევს. ცდილობენ სეზონური გაყინულობის ზონის ქვეშ მოაქციონ არა მარტო საძირკვლის ქვედა ნიწნულები, არამედ სხვადასხვა მიწისქვეშა კომუნიკაციები, ძირითადად წყალსადენ-კანალიზაციის ქსელი. ეს იცავს მათ გაყინვისა და დეფორმაციებისაგან.

სეზონური მზრალობის სიღრმის ცოდნა და მისი გათვალისწინება მშენებლობის დროს მნიშვნელოვანი პრაქტიკული ამოცანაა. სეზონური მზრალობის გავრცელებაზე სიღრმეში მოქმედებს მთელი რიგი ფაქტორები, ამიტომ ეს სიღრმე შეიძლება ცვალებადობდეს არა მარტო ერთ რაიონში, არამედ ზოგჯერ სამშენებლო მოედნის ცალკეულ პატარა უბნებზეც კი. ეს გარემოება მნიშვნელოვნად ართულებს სეზონური მზრალობის ერთნაირი სიღრმეების ფართობების შემოკონტურებას რუკებზე, რაც ესოდენ საჭიროა მშენებლობისათვის. მდგომარეობა რთულდება კიდევ იმით, რომ სეზონური გაყინვა-გალხობის სიღრმე ცვალებადია ერთსა და იმავე ადგილას არა მარტო წლის განმავლობაში, არამედ სხვადასხვა წლებშიც. ამ სიღრმის ცვალებადობაზე მოქმედებს ადამიანის სამეურნეო საქმიანობაც, როგორცაა, მაგალითად, ტყის გაჩეხვა, ზედაპირის მოსწორება, დაშრობის ღონისძიებანი და სხვა. პროფ. ვ. კულრიავეცევის მიერ შემუშავებულია სეზონური გაყინვა-გალხობის ტიპების კლასიფიკაცია, რომელიც დაფუძნებულია თბოფიზიკური პროცესებისა და ფიზიკურ-გეოლოგიური გარემოს ურთიერთკავშირზე. ამ კლასიფიკაციის მიხედვით გამოყოფილია სეზონური გაყინვა-გალხობის 83 ტიპი. არსებობს სეზონური გაყინვა-გალხობის ოპტიმალური სიღრმის განსაზღვრის მეტნაკლებად ზუსტი მათემატიკური მეთოდებიც.

XXXV.2. მუღმივი ანუ მზავალწლიანი მზრალობა

დედამიწის ქერქის ზედა ნაწილის ამგები ქანების ხანგრძლივი გაყინვის პროცესს, რომელიც შეიძლება რამდენიმე წლიდან ათასეულ წლებამდე გრძელდებოდეს, ეწოდება მუღმივი (მრავალწლიანი) გაყინულობა ანუ მზრალობა. ქანებს, რომლებმაც ეს პროცესი განიცადეს, მუღმივად მზრალი ქანები ეწოდება.

მუღმივი მზრალობის არეებს დედამიწის ზედაპირის მნიშვნელოვანი ფართობი უკავია. ისინი გავრცელებულია ჩრდილო ევროპაში, აზიის ჩრდილოეთ და აღმოსავლეთ ნაწილში, ჩრდილოეთ ამერიკაში. საბჭოთა კავშირში მუღმივი მზრალობის ტერიტორიის ფართობი 11,2 მილიონ კმ² შეადგენს. მუღმივად მზრალი ქანების აგებულებაში მკაფიოდ

შეიძინევა განედური ზონალობა. უკიდურეს ჩრდილოეთში განლაგებულია მზრალი ქანების გავრცელების ერთიანი ზონა, სამხრეთით იგი იცვლება წყვეტილი, ხოლო უფრო სამხრეთით — ლოკალური, კუნძულოვანი გავრცელების ზონებით. მუდმივად მზრალი ქანების სისქე მათი გავრცელების ადგილებში არ არის მუდმივი და დამოკიდებულია ტერიტორიის კლიმატურ ზონალობასა და ლოკალურ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებზე. განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს რელიეფის აბსოლუტურ სიმაღლეს, რომელთანაც დაკავშირებულია ვერტიკალური ზონალობა მზრალი წყებების სისქეების განაწილებაში. კუნძულოვანი გავრცელების ზონებში მუდმივად მზრალი ქანების სისქე 10—15 მ არ აღემატება. საბჭოთა კავშირის ევროპულ ნაწილში გაყინულობის მაქსიმალური სისქე გამოვლინებულია დაბა ამდერმასთან — 285 მეტრი, ხოლო აზიურ ნაწილში — მდ. ლენის შესართავთან — 600—800 მეტრი.

მუდმივად მზრალი ქანების ტემპერატურა მათი ერთიანი გავრცელების ადგილებში მინუს 5°-ზე დაბალია; წყვეტილი გავრცელების ადგილებში — მინუს 1,5—2°, ხოლო კუნძულოვანი გავრცელების ზონებში — 0° უდრის.

მუდმივად მზრალობას ვერტიკალურ ჭრილში ანაწილებენ შემდეგ დამახასიათებელ ზონებად: 1. აქტიური ფენა, 2. მუდმივად მზრალი ქანები, 3. მზრალობის ქვედა ფენა, რომელზედაც განლაგებულია მზრალი ქანების მთელი წყება.

აქტიური ანუ მოქმედი ფენა ყოველწლიურად ზაფხულში ღვებება და ზამთარში იყინება. იგი სეზონურ მზრალობას შეესაბამება. მოქმედი ფენის სისქე დამოკიდებულია კლიმატზე, ქანების შედგენილობაზე და პერყეობს 20—30 სმ-დან 3—4 მეტრამდე.

ზამთრის პერიოდში გაყინვის სიღრმეში ჩაღწევის მიხედვით არჩევენ შეერთებულ ანუ ერთიან მუდმივ მზრალობას, როცა მოქმედი ფენა მთლიანად იყინება და შეუერთდება მუდმივი მზრალობის ფენებს, და განცალკევებულს, როდესაც ასეთი შეერთება არ ხდება და მათ შორის რჩება გამლხვალი ფენის შუაშრე.

მოქმედი ფენის სიმძლავრე არსებით გავლენას ახდენს მშენებლობის პირობებზე და ღროში მისი ცვალებადობის ხასიათის დადგენა განაპირობებს სამშენებლო სამუშაოთა ნორმალურად წარმართვას.

საკუთრივ მუდმივი მზრალობის სისქე რამდენიმე მეტრიდან რამდენიმე ასეულ მეტრამდე ცვალებადობს. ჩრდილოეთ რაიონებში იგი 100 მეტრს აღწევს. მისი მაქსიმალური სისქე გამოვლინებულია ჩრდილოეთით, ლაპტევეების ზღვის სანაპიროზე — 260 მ. აღსანიშნავია, რომ დიდი მდინარეების ხეობებში მუდმივი მზრალობა ან სრულიად

არ არის, ან მცირე სისქისაა. ამის მიზეზია მდინარეების მიერ მოტანილი სიბოროტი დიდი რაოდენობა.

მუდმივი მზარლობის წყებები ნეიძლება იყოს უწყვეტი, როდესაც ქანები მთელ სიღრმეზე მზარალ მდგომარეობაშია, და ფენებრივი, როდესაც შეიმჩნევა მზარალი და ნაწილობრივ გამლხვალი ქანების მორიგეობა. მზარალი ქანების ეს სახესხვაობა შედარებით იშვიათია.

ფიზიკური მდგომარეობის მიხედვით მუდმივ მზარლობას ჰყოფენ სამ სახედ:

1. მყარად მზარალი (მონოლითური), სადაც ქვიშების, ქვიშნარის, თიხნარის და თიხის შემადგენელი ნაწილაკები შედუღაბებულია ყინულით ერთიან მონოლითურ მასად;

2. პლასტიკურ მზარალი — იგივე ქანები ავლენენ პლასტიკურობის თვისებებს, მაგალითად, იკუმშებიან დატვირთვის ქვეშ იმის გამო, რომ მათი ფორები შევსებულია ყინულით და ნაწილობრივ გაუყინავი წყლით;

3. ფხვიერ მზარალი (მზარალი მზარლობა), როდესაც ქვიშისანი და ხრეშიანი ქანები არ არიან შედუღაბებული ყინულით ტენიანობის სიმცირის გამო და ინარჩუნებენ სიფხვიერეს.

ყინული მზარალ ქანებში ცემენტის როლს ასრულებს, იგი ადუღაბებს მინერალურ ნაწილაკებს და ზრდის ქანის სიმტკიცეს. ფორებში არსებული ყინულის წონის შეფარდებას აბსოლუტურად მზარალი ქანის წონასთან ყინულოვნება ეწოდება. მზარალი ქანები, ყინულის გარდა, შეიცავს გაუყინავ წყალსაც. ყინულისა და წყლის საერთო რაოდენობა (პროცენტებში) აბსოლუტურად მზარალ ქანთან შეფარდებით შეადგენს მუდმივად მზარალი ქანის საერთო ტენიანობას:

მუდმივად მზარალი ქანების გავრცელების ადგილებში გამოვლინებულია მზარლობზედა, მზარლობშორისი და მზარლობქვედა მიწისქვეშა წყლების ჰორიზონტები. მზარლობზედა წყლები დაკავშირებულია მოქმედ ფენასთან და წარმოადგენენ ტიპურ უდაწნევო გრუნტის წყლებს. ისინი ზამთარში მთლიანად ან ნაწილობრივ იყინებიან. მზარლობშორისი წყლები მეტწილად წნევიანია და მუდმივი მზარლობის გამლხვალ შუაშრებთან არიან დაკავშირებული. გაყინულობის ქვედა წყლები მუდმივი მზარლობის ქვეშ ცირკულირებენ. მიწისქვეშა წყლების ყველა ეს სახესხვაობა ურთიერთაკავშირშია, აქვთ რთული რეჟიმი და არსებით გავლენას ახდენენ ნაგებობების მდგრადობაზე.

მუდმივი მზარლობის ქანების გავრცელების არეებში შეიმჩნევა სხვადასხვაგვარი ფიზიკურ-გეოლოგიური მოვლენები, რომლებმაც

შეიძლება საშიშროება შეუქმნან მშენებარე ან ექსპლუატაციაში მყოფ ნაგებობებს. ამ თვალსაზრისით საყურადღებოა: თერმოკარსტი, მინა-
ყინები, ბურცვის გორაკები და სოლიფლუქცია.

თ ე რ მ ო კ ა რ ს ტ ი. განამარხებული ყინულების ან ყინულოვანი ფხვიერი ქანების გავრცელების ადგილებში შეიმჩნევა ზედაპირული კარსტული ფორმების მსგავსი ჩალრმავებები და ჩაქევეები. მათი წარმოშობა დაკავშირებულია მიწისქვეშა ყინულის აქა-იქ დნობასთან. ეს მოვლენა თერმოკარსტის სახელწოდებით არის ცნობილი. თერმოკარსტის განვითარება კავშირშია კლიმატური პირობების ცვალებადობასთან. მისი წარმოქმნის მიზეზი შეიძლება იყოს აგრეთვე ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა: ტყის გაჩეხვა, ყამირის დამუშავება, მელიორაციული ღონისძიებანი და სხვა.

მ ი ნ ა ყ ი ნ ე ბ ი. მიწისქვეშა წყლების ზედაპირზე გამოსვლის ადგილებში, აგრეთვე ტბიური, მდინარეული და მიწისქვეშა წყლების გაყინვის შედეგად ზედაპირზე წნევით ამოსვლის ადგილებში წარმოიქმნება ყინულოვანი ნაღენები — მინაყინები. არჩევენ გრუნტის წყლების, მდინარეების, ტბების მინაყინებს. მინაყინების ფორმა დამოკიდებულია ადგილმდებარეობის მორფოლოგიაზე და შეიძლება მრავალფეროვანი იყოს. უმეტესად მათ აქვთ ნაღენი ფორმების, ნაკადების, განფენების, ყინულის ბორცვების სახე. ზოგჯერ მინაყინების ფართობი რამდენიმე კვადრატულ კილომეტრს აღწევს.

მშენებლობისათვის განსაკუთრებით საშიშია გრუნტის წყლების მინაყინები. წყალს შეუძლია შეიჭრას შენობების სარდაფებში, მიწისქვეშა არხებში და გაყინვისას დაანგრიოს ისინი. მინაყინები ხშირად არღვევენ სატრანსპორტო კომუნიკაციების ნორმალურ ექსპლუატაციას, ავსებენ ხიდის გასასვლელებს, მწყობრიდან გამოჰყავთ ზედაპირული სადრენაჟო ნაგებობები.

მინაყინების წინააღმდეგ წარმატებით იყენებენ ე. წ. გაყინვის სარტყლებს: გზიდან ან ნაგებობიდან მოშორებით იმ ადგილებში, საიდანაც მოსალოდნელია მინაყინის წამოსვლა, ამოიღებენ მცირე სიღრმის ფართო არხს. ამ არხის ქვეშ გრუნტი სწრაფად იყინება და წარმოშობა ბარიერს, რომელიც გზას უღობავს წყალს და წარმოქმნის მინაყინს არხის ზემოთ. მინაყინების წინააღმდეგ გამოიყენება ხელოვნური ნაგებობებიც.

ბ უ რ ც ვ ი ს გ ო რ ა კ ე ბ ი. ქანებში მიწისქვეშა წყლის შემოჭრა და მისი შემდგომი გაყინვა იწვევს ზედაპირზე ამობურცვის თავისებური ფორმების წარმოქმნას, რომლებსაც ბურცვის გორაკები ეწოდება. ისინი შეიძლება იყოს სეზონური და მრავალწლიანი. სეზონური გორაკები უმეტესად გვხვდება დანაწევრებული რელიეფის პირობებში:

ფერდობების ძირას, პატარა მდინარეების ხეობებში, ხევებში და სხვა-
გან.

ბურცვის გორაკები ხშირად აზიანებენ ნაგებობებს. შენობათა დე-
ფორმაცია შეიძლება მოხდეს როგორც გაყინვის შედეგად ნიადაგის
ბურცვისას, ასევე მისი გაღვობისას. მიწისქვეშა წყლების მოქმედებით
წარმოშობილ ბურცვის გორაკებს, რომელთაც გუმბათისებური მოყვა-
ნილობა აქვთ, ეწოდებათ ჰიდროლაკოლითები ანუ ბოლგუნიახები
(იაკუტური სახელწოდება). ბოლგუნიახების დიამეტრი რამდენიმე
ათეულ და ზოგჯერ ასეულ მეტრს აღწევს. ხშირად ბურცვის გორაკე-
ბის წარმოქმნას თან ახლავს წყლით გაუღენთილი ფხვიერი ქანის ამოქ-
რა ზედაპირზე წყლის ან ტალახის ვულკანის მსგავსად. ეს მინაყინის
წარმოქმნის დასაწყისია.

სოლიფლუქცია. სოლიფლუქცია ეწოდება ფერდობის გას-
წვრივ წყალგაჭრებული ფხვიერი ნალექების გადაადგილებას, რომე-
ლიც გამოწვეულია სიმძიმის ძალით და ამ ნალექების პერიოდული
გაყინვა-გაღვობით. სოლიფლუქციის ძირითადი მიზეზი ფხვიერი ქანე-
ბის ნაჭერი გატენიანებაა, რაც განაპირობებს მათ დენად კონსისტენ-
ციას. ხშირად გადაადგილება მცირე ზომის ხევებში ხდება და წარმო-
იქმნება ე. წ. მიწის ნაკადები.

XXIV.3. მშენებლობა მუდმივი მზარდობის რაიონებში

მუდმივი მზარდობის რაიონებში მშენებლობა სულ უფრო ფარ-
თოდ იშლება საბჭოთა კავშირში. უკანასკნელ წლებში ციმბირსა და
შორეულ აღმოსავლეთში აიგო ბევრი მნიშვნელოვანი საინჟინრო ნა-
გებობა. აღსანიშნავია მძლავრი ჰიდროენერგეტიკული კომპლექსების
მშენებლობა ენისეიზე, ანგარასა და სხვა მდინარეებზე. ამჟამად მთელს
ჩვენს ქვეყანაში № 1 მშენებლობად მიჩნეულია ბაიკალ-ამურის რკი-
ნიგზის მაგისტრალი, რომელსაც თავისი მასშტაბებით და სამშენებლო
სამუშაოთა პირობების სირთულით ბადალი არ ჰყავს მთელს მსოფ-
ლიოში. ამ სირთულის ხარისხს მნიშვნელოვნად განაპირობებს მუდმივი
მზარდობა მშენებლობის მთელ ტრასაზე.

მშენებლობა მუდმივი მზარდობის რაიონებში თავისი სპეციფიკუ-
რობით გამოირჩევა, რაც ქანების ფიზიკურ-მექანიკური ცვალებადო-
ბიდან გამომდინარეობს. ცნობილია, რომ ტემპერატურის მეტნაკლება
დაწვევა მკვეთრ ზეგავლენას ახდენს ყველა ფიზიკური სხეულის და მათ
შორის ქანის თვისებებზეც. მაგალითად, ჩვეულებრივი თხური ქანი
დაბალი ტემპერატურის პირობებში კლდოვანი ქანის თვისებებს იძენს.
იზრდება დროებითი წინაღობა კუმშვაზე, მისი დამუშავება სამშენებლო
ქვაბულებსა და ქრილებში გაცილებით უფრო ძნელი ხდება. მშენებ-

ლობისა და ექსპლუატაციის პირობების სირთულეს განსაკუთრებით ის გარემოება განაპირობებს, რომ ტემპერატურის პერიოდული ცვალებადობა, შესაბამისად, ქანის თვისებების ცვალებადობას იწვევს და ეს კი დიდ გავლენას ახდენს ნაგებობის მდგრადობაზე. ნაგებობათა ექსპლუატაციის ნორმალური პირობების დარღვევა მუდმივი მზრალობის რაიონებში ხდება რამდენიმე მიზეზის გამო: 1. გრუნტის გამოწნევა ნაგებობათა საძირკვიდან მისი გაღზობის შედეგად; 2. საძირკვის გრუნტების არათანაბარი ბურცვა გაღზობილი შრეების ხელახალი გაყინვის შემდეგ; 3. გაყინული გრუნტების ცოცვა-გადაადგილება ფერდობებზე; 4. მიწისქვეშა წყლების შემოჭრა და მინაყინების წარმოქმნა. ყოველივე ამის გამო მუდმივი მზრალობის რაიონებში მშენებლობა მოითხოვს სპეციალურ ღონისძიებათა განხორციელებას ნაგებობათა მდგრადობის შესანარჩუნებლად. განსაკუთრებით საჭიროა უზრუნველყოფილ იქნეს ნაგებობის მდგრადობა საძირკვის გრუნტების ტემპერატურული რეჟიმის შეცვლის პირობებში. აქ გამოწვევის წარმოადგენენ კლდოვანი ქანები, აგრეთვე რიყის ქვა და ხრეში, რომლებიც პრაქტიკულად არ ჯდება მიწისქვეშა წყლების ღრმად მდებარეობის დროს. სხვა შემთხვევებში, როდესაც მზრალი გრუნტები შეიძლება გადავიდნენ თხევად მდგომარეობაში, დაპროექტება და მშენებლობა ხორციელდება სპეციალური მითითებების და ტექნიკური პირობების ზუსტი დაცვით.

მშენებლობის რაციონალურად წარმართვის ძირითადი პირობაა მზრალი გრუნტების განლაგებისა და მათი თვისებების ყოველმხრივი შესწავლა. საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოებით უნდა დადგინდეს მოქმედი ფენის სისქე, განლაგება, აგებულება, ტემპერატურული რეჟიმი, ქანების თვისებების ცვალებადობის ხასიათი ტემპერატურული რეჟიმის შეცვლისას, აგრეთვე კლიმატური და მთელი რიგი სხვა ფაქტორები.

მუდმივად მზრალი ქანის შეკუმშვის ძირითად მახასიათებლად მიღებულია ფარდობითი კუმშვის სიდიდე, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით

$$e = \frac{h_1 - h_2}{h_1},$$

სადაც h_1 არის ქანის ნიმუშის სიმაღლე ბუნებრივ მზრალ მდგომარეობაში,

h_2 —სიმაღლე გამლხვალ მდგომარეობაში მოცემული წნევის პირობებში გვერდითი გაფართოების გარეშე.

ფარდობითი შეკუმშვის სიდიდის მიხედვით გრუნტის გამლხვალ მდგომარეობაში გადასვლისას 1 კგ/სმ² წნევის პირობებში აღგენენ მზრალი გრუნტის ჯდომადობის ხარისხს.

სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით, გრუნტებს, რომელთა ფარდობითი ჯდომა 0,03-ზე მეტია, ჯდომად გრუნტებს უწოდებენ. ჯდომის საერთო სიდიდის მიხედვით გამოყოფენ არაჯდომად, ჯდომად და ძლიერ ჯდომად გრუნტებს. მათთვის შესაბამისად ჯდომის სიჩქარეებია: < 4, 4—15, > 15 სმ/წელიწადში.

მუდმივი მზრალობის რაიონებში ნაგებობათა დაპროექტება და მშენებლობა რეკომენდებულია სხვადასხვა მეთოდის გამოყენებით:

1. ქანების მუდმივი მზრალობის მხედველობაში მიუღებლად, ე. ი. ჩვეულებრივ პირობებში მშენებლობისათვის საჭირო სამუშაოთა გათვალისწინებით.

2. ქანების მუდმივი მზრალობის შენარჩუნებით ნაგებობათა ექსპლუატაციის მთელი პერიოდის განმავლობაში.

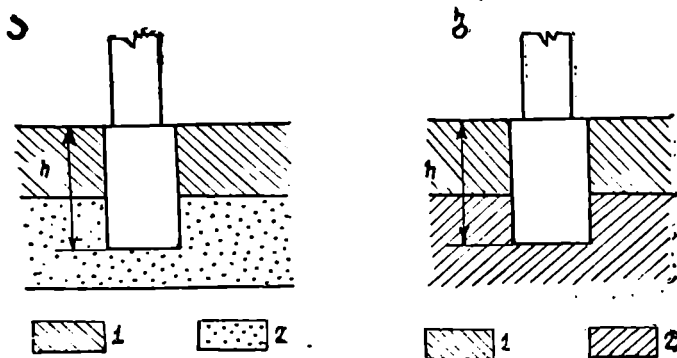
3. შეიძლება დაეუშვათ მზრალი ქანების გალხობის შესაძლებლობა მხოლოდ იმ ნაგებობათა მშენებლობისა და ექსპლუატაციის დროს, რომლებიც იტანენ დიდ და არათანაბარ ჯდომებს.

4. ნაგებობათა საძირკვლების ამოყვანის წინ ქანების ხელოვნური გალხობით და მათი შემკვრივება-განმტკიცებით.

პირველი მეთოდი გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როდესაც ნაგებობის საფუძვლის გრუნტებია კლდოვანი ან ნახევრად კლდოვანი ქანები. მეორე მეთოდს მიმართავენ ისეთი ნაგებობებისათვის, რომლებიც თავისი დანიშნულებით არ საჭიროებენ გათბობას, რათა ნაგებობის სითბო არ გადაეცეს საფუძველს და არ გამოიწვიოს გრუნტების გალხობა. ისეთი შენობებისათვის, სადაც გათბობა აუცილებელია, მიმართავენ სპეციალურ ღონისძიებებს, რათა მოახდინონ შენობის მიერ გამოყოფილი სითბოს იზოლაცია. ამ მეთოდის გამოყენების დროს გრუნტების გალხობის სიღრმე საძირკვლის ჩაჭრის სიღრმეზე ნაკლები უნდა იყოს (ნახ. XXXV.1).

ქანების გაყინული მდგომარეობის დროს მათი ამტანუნარიანობა საკმაოდ მაღალია და საძირკველი საიმედოა. გაყინული მდგომარეობის შენარჩუნებისათვის იყენებენ სპეციალურ გამაცივებელ მოწყობილობას, რომლებშიაც გაცივება უმეტესად ჰაერის ბუნებრივი ნაკადით ხდება. ამის მიღწევა შეიძლება იატაკქვეშა სივრცის გახსნით, ცოკოლში ნასვრეტების დატოვებით, სავენტილაციო არხებით. უმეტესად გამოიყენება სვეტური საძირკვლები. შენობებს სარდაფი, როგორც წესი, არა აქვთ.

მესამე მეთოდს იყენებენ ისეთი შენობებისათვის, რომლებიც სითბოს გადასცემენ საფუძველს და ამ პირობებში გრუნტების გაყინული



ნახ. XXXV.1. საძირკვლის ჩაყრა და გრუნტის გაყინვის პირობები მშენებლობის სხვადასხვა მეთოდის გამოყენებით:

- ა. 1 — გრუნტები, რომლებიც სეზონურად იყინებიან და ლხვებიან;
- 2 — მუდმივად მზრალ მდგომარეობაში მყოფი გრუნტები;
- h — საძირკვლის ჩაჭრის სიღრმე.
- ბ. 1 — გრუნტები, რომლებიც სეზონურად იყინებიან და ლხვებიან;
- 2 — გრუნტები, რომლებიც მზრალ მდგომარეობაში იმყოფებიან ნაგებობის ექსპლუატაციის მთელს პერიოდში. h — საძირკვლების ჩაჭრის სიღრმე.

მდგომარეობის შენარჩუნება ტექნიკურად შეუძლებელი და ეკონომიურად არახელსაყრელია. ამ დროს იყენებენ სპეციალურ კონსტრუქციებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ შენობის მდგრადობას არათანაბარი ჯდომების ან დამატებითი წნევების განვითარების დროს (ნაგებობის დანაწილება ცალკეულ ბლოკებად ტემპერატურული ნაკერებით, რკინაბეტონის გადახურვები, სარტყლები, კედლების არმირება, საძირკვლის სპეციალური ტიპები და ა. შ.).

მეთოზე მეთოდს მშენებლობაში მაშინ მიმართავენ, როდესაც ექსპლუატაციის პირობებით დაუშვებელია საძირკვლის გრუნტების არათანაბარი გაღზობა; ამასთან, გრუნტების მუდმივად გაყინული მდგომარეობის შენარჩუნებაც პრაქტიკულად შეუძლებელია. მეთოდი გულისხმობს ისეთი გარემოს შექმნას, რომელიც დამახასიათებელია მშენებლობისათვის ჩვეულებრივი, არამზრალი ქანების გავრცელების პირობებში. გაღზობის შემდეგ ხდება გრუნტების ხელოვნური გამკვრივება, დაშრობა სპეციალური სადრენაჟო მოწყობილობებით, ელექტროდაშრობის მეთოდებით და ა. შ.

გაყინვის შედეგად ნაგებობების საძირკვლებში გრუნტების გაბურცვის ან მინაყინების წარმოქმნის წინააღმდეგ მიმართავენ სპეციალურ ღონისძიებებს — ნაგებობის ირგვლივ ქმნიან ე. წ. გაყინვის სარტყელს — არხებს, რომელთა სიღრმე მოქმედი შრის მთელს სისქეზე

ნაკლებია. ქანები ამ არხის კედლების სიახლოვეს იყინება და აბრკოლებს მიწისქვეშა წყლის მოძრაობას ნაგებობისაკენ.

მიუხედავად დამცავი საინჟინრო ღონისძიებების ჩატარებისა, მუდმივი მზრალობის რაიონებში მშენებლობის დროს ხშირია გართულებანი, რომლებიც გამოიხატება შენობებისა და ნაგებობების დეფორმაციაში მათი არათანაბარი ჯდომის გამო. წარმატებით, უავარიო მშენებლობა მუდმივი მზრალობის გავრცელების რთულ და არახელსაყრელ ადგილებში ბევრად არის დამოკიდებული საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების საფუძვლიან შესწავლაზე, რომლის დროსაც გათვალისწინებული უნდა იქნეს არა მარტო მუდმივი მზრალობის თავისებურებანი, არამედ ყველა ის შესაძლო გართულება, რომელსაც გამოიწვევს ტემპერატურული პირობების დარღვევა მშენებლობისა და ექსპლუატაციის დროს კონკრეტულ სამშენებლო ობიექტზე.

XXXVI თავი

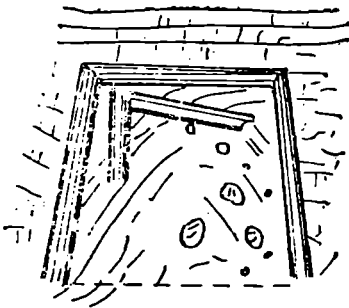
ქანების დეფორმაციები მიწისქვეშა სამუშაოების დროს

XXXVI.1. სამთო წნეხები მიწისქვეშა გამონაშუავერავო

ქანები დედამიწის ქერქში მუდმივად დაძაბულ მდგომარეობაში იმყოფებიან, რასაც ძირითადად მათი საკუთარი წონა განაპირობებს. ეს დაძაბულობა ჰიდროსტატიკურ კანონს ემორჩილება, ე. ი. დამოკიდებულია ქანების განლაგების სიღრმეზე და მათ მოცულობით წონაზე. ქანების ბუნებრივად დაძაბულ მდგომარეობაზე არსებით გავლენას ახდენს ტექტონიკური ფაქტორი. მიწის ქერქის როგორც ნაოქა, აგრეთვე წყვეტილი დეფორმაციები ხელს უწყობენ ჰიდროსტატიკური წნევის გაზრდას.

ბუნებრივად დაძაბულ პირობებში მყოფ ქანებში სამთო გამონამუშევრის, სახელდობრ, გვირაბის გაყვანა, ე. ი. ქანის გარკვეული მოცულობის ამოღება მიწის წიაღიდან იწვევს წონასწორული ჰიდროსტატიკური პირობების დარღვევას და მასივში წნევის განაწილების მკვეთრ შეცვლას. ამ პირობებში ქანები უკვე ცალმხრივად განიცდიან წნევის გავლენას, ამიტომ მათში წარმოიქმნება სხვადასხვა ხასიათის დეფორმაცია — ზოგ უბანზე ადგილი აქვს ქანების შეკუმშვას, ზოგან კი გაფართოებას და ძვრას. გვირაბის სიახლოვეში შეიმჩნევა დაძაბულობის კონცენტრაცია, რომელიც სამთო წნევის სახელწოდებით არის ცნობილი. დაძაბულობის კონცენტრაციის ზონა თანდათანობით ფართოვდება და მოიცავს სულ უფრო მეტი მოცულობის არეს,

უმეტესად გამონამუშევრის თაღურ ნაწილში, ასევე მისი განიკვეთის სხვა ადგილებშიც. ამ ზონაში შეიმჩნევა ქანების ფიზიკური მდგომარეობის შეცვლა. ისინი ნაპრალიანდება, თანდათანობით სულ უფრო მეტად იმსხვრევა, ფხვიერდება და ხშირად იბურცება. წნევების გადანაწილების გამო ქანები ცდილობენ გადაადგილდნენ გამომუშავებული სივრცისაკენ, რის გამოც აღინიშნება წნევის ინტენსიური განვითარება გვირაბის სამაგრზე, იგი დეფორმაციას განიცდის, გამოდის მწყობრიდან და თუ დროზე არ იქნა მიღებული ზომები სამაგრის შესაცვლელად, შესაძლებელია შემოჭრილმა ქანმა გამონამუშევარი მთლიანად ამოავსოს (ნახ. XXXVI.1). ამრიგად, სამთო წნევად შეიძლება მივიღოთ დაწოლის ის სიდიდე, რომელსაც გვირაბში ქანი ავითარებს სამაგრის ერთეულ ფართობზე. სამთო წნევის სიდიდე მეტად ფართო ინტერვალში ცვალებადობს და დამოკიდებულია ბევრ ფაქტორზე. ძირითადად მას განსაზღვრავს მიწის წიაღის გარკვეული უბნის გეოლოგიური აგებულება, ქანების თვისებები, გამონამუშევრის განლაგების სიღრმე, განიკვეთი, კონსტრუქცია და სამაგრის ხასიათი.

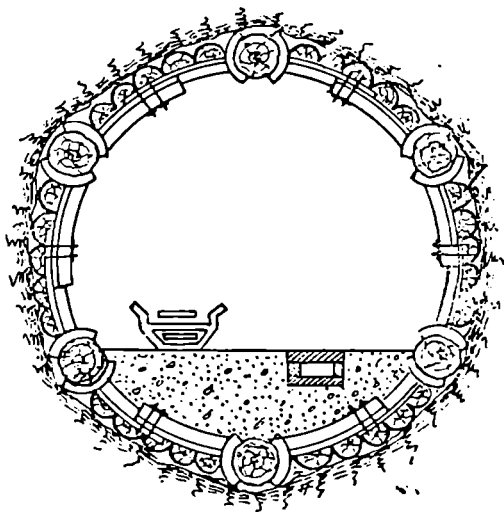


ნახ. XXXVI.1. ქანის შემოჭრა გამონამუშევარში.

მაღალი სამთო წნევები აღინიშნება ისეთ ადგილებში, სადაც არსებობს რთული გეოლოგიური, განსაკუთრებით კი ტექტონიკური პირობები: ინტენსიური დანაოქება, წყვეტილი აშლილობანი. ქანები, რომლებსაც დაბალი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები აქვთ, უფრო მეტად ავლენენ დეფორმაციის უნარს სამთო გამონამუშევრების სიახლოვეს. ამ ნხრივ განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს თიხები და თიხოვანი ქანები, რომლებიც განიცდიან პლასტიკურ დეფორმაციებს, იბურცებიან და სერიოზულ სიძნელებებს ქმნიან მიწისქვეშა მშენებლობისა და სასარგებლო წიაღისეულის დამუშავების დროს. საქართველოში მაღალი სამთო წნევები თიხოვან ქანებში აღინიშნულია ახალციხის მურა ნახშირის საბადოზე, აგრეთვე ტყიბულის ქვანახშირის საბადოს ზოგიერთ შახტში.

სამთო წნევის სიდიდე მასიური კლდოვანი ქანების გავრცელებს ადგილებში, განსაკუთრებით მცირე სიღრმეებზე, ჩვეულებრივ ნაკლებად ან სრულიად არ ვლინდება. ღრმა შახტებსა და გვირაბებში კი მისმა სიდიდემ შეიძლება 110—120 ტ/მ²-ს მიაღწიოს. ცხადია, რომ ასეთი მაღა-

ლი წნეების უვნებელყოფა, ან მისი ამტანუნარიანი სამაგრის შექმნა საკმაოდ რთულია. საერთოდ, სამთო წნევის რეგულირება ანუ მართვა სამთო წარმოების უმნიშვნელოვანესი პრაქტიკული ამოცანაა. მისი წარმატებითი გადაჭრის უმთავრესი პირობაა გამონამუშევრების რაციონალურად განლაგება, გაყვანა და ყველაზე ხელსაყრელი სამაგრის შერჩევა. სამაგრი ისე უნდა იყოს შერჩეული, რომ მან უზრუნველყოს წნევის მთლიანი ან ნაწილობრივი განტვირთვა. ხისტი სამაგრი ყოველთვის რაციონალური არ არის. ზოგ შემთხვევაში კარგ ეფექტს იძლევა ე. წ. დამბობი სამაგრი, რომელიც თანაბრად გადაადგილდება წნევის გავლენით და ერთგვარად განტვირთავს მას (ნახ. XXXVI.2).



ნახ. XXXVI.2. გვირაბის გამაგრება დამბობი რგოლური სამაგრით.

სამთო წნეების გავლენით მიწისქვეშა სამუშაოების დროს წარმოიქმნება მთელი რიგი მოვლენები, როგორცაა სამთო დარტყმები, ქანების გამოცვენა, ბურცვა, ჩამონგრევა, დაძვრა და სხვა. ეს მოვლენები გავრცელებულია არა მარტო სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების დამუშავების დროს, არამედ ჰიდროტექნიკურ, საგზაო მშენებლობაში, აგრეთვე სამშენებლო მიზნებისათვის ჩატარებული სხვადასხვა მიწისქვეშა სამუშაოების დროს.

მიწისქვეშა სამუშაოების წარმოებისათვის წინასწარ ჩატარებულმა საინჟინრო-გეოლოგიურმა კვლევებმა კონკრეტული უბნის გეოლო-

გიური პირობების ყოველმხრივი შესწავლის საფუძველზე უნდა მოგვეცეს პროგნოზული დასკვნები იმ შესაძლო გართულებათა შესახებ, რომლებიც მოსალოდნელია გვირაბების მშენებლობის ან საბადოთა დამუშავების პროცესში, რათა დროულად იქნეს მიღებული საჭირო ღონისძიებანი ამ გართულებათა თავიდან ასაცილებლად ან მათი გავლენის შესამცირებლად.

XXXVI.2. ზედაპირული ძვრები მიწისქვეშა საშუალოების გავლენით

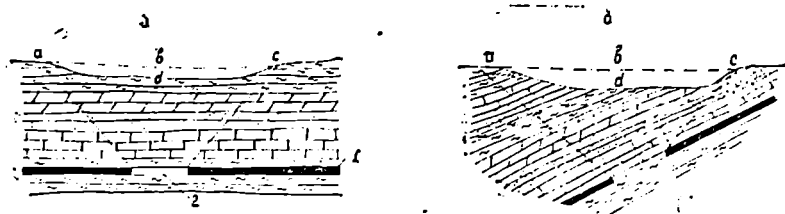
მიწისქვეშა გამომუშავებული სივრცის სიახლოვეს წარმოქმნილი ქანების დეფორმაციები არც თუ ისე იშვიათად იწვევს ზემდებარე შრეების მნიშვნელოვანი ნაწილის დაძვრა-გადაადგილებას, რაც დედამიწის ზედაპირზე გამოვლინდება შენობებისა და ნაგებობების დაზიანებაში და ზოგჯერ მთლიანად დანგრევაში. ზედაპირის ძვრას სამთო საქმეში უწოდებენ იმ ქანების დეფორმაციას, რომლებიც უშუალოდ სამთო გამონამუშევრების ზემოთ არის განლაგებული. ამ დროს ზემდებარე შრეები ან გაიღუნება, ან უწესრიგოდ ჩაიქცევა, იმის მიხედვით, თუ როგორია მათი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, დედამიწის ზედაპირზე კი წარმოიქმნება ე. წ. ძვრის ან უჯლომის მუღდა.

ზედაპირის ძვრების, ისევე, როგორც მიწისქვეშა დეფორმაციების ინტენსიურობა დამოკიდებულია მიწის წიაღიდან ამოღებული მასის მოცულობაზე და ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე, კერძოდ, მათ სიბტკიცეზე. თიხები და თიხოვანი ქანები პლასტიკურ დეფორმაციებს ავლენენ. ასეთი ქანები მოძრაობაში მოდიან მცირე გამომუშავებული სივრცის შემთხვევაშიც კი. ზედაპირული ძვრა გამოიხატება თანაბარ ჩაღუნვაში. ეს ჩაღუნვა ზდება თანდათანობით, ხანგრძლივი დროის განმავლობაში. მტკიცე, არაპლასტიკურ ქანებში ძვრა ზდება დიდი გამომუშავებული სივრცის შექმნის შედეგად. ამასთან, ქანების დეფორმაციას მყისიერი ხასიათი აქვს და გამოიხატება ზემდებარე შრეების ჩამტვრევა-ჩაქცევაში, ნაპრალების წარმოქმნაში როგორც მიწის წიაღში, ასევე ზედაპირზე.

ზედაპირის ძვრის პროცესი იწყება უშუალოდ გამონამუშევრის ზევით მდებარე შრის გაღუნვით. შემდგომ ამ პროცესში თანდათანობით მონაწილეობენ ზემდებარე შრეები. თუ გამომუშავებული სივრცე მცირე მოცულობისაა, ხოლო ზედაპირთან ახლოს მტკიცე ქანების მძლავრი წყება გვაქვს, ეს პროცესი ნელდება და ხანგრძლივად, ზოგჯერ რამდენიმე წლის განმავლობაში მიმდინარეობს. სხვა შემთხვევაში შრეების გაღუნვა სწრაფად აღწევს ზედაპირამდე და წარმოქმნის ნაპრალებს, ჩაქცევებს, ზედაპირის უთანაბრო ჩაღუნვას, რასაც ამ

ზედაპირზე განლაგებული ნაგებობების დეფორმაცია მოყვება (ნახ. XXXVI.3).

თუ შრეები დახრილად არიან განლაგებული, ზედაპირულ ძვრასთან ერთად შეიძლება ადგილი ექნეს ქანების ძვრას დაშრეების სიბრტყის გასწვრივ. ეს მოვლენა განსაკუთრებით ხშირია იმ შემთხვევაში, როდესაც შრეების დახრის კუთხე 20—30°-ს აღემატება.



ნახ. XXXVI.3. ზედაპირული ძვრები მიწისქვეშა გამონამუშევრების გავლენით:

- ა — შრეების თარაზული განლაგებისას;
- ბ — შრეების დახრილი განლაგებისას;
- abc — მიწის ზედაპირის საწყისი მდებარეობა;
- adc — ჯდომის მუღდის ზედაპირი;
- 1 — ქვანახშირის ფენა;
- 2 — გამომუშავებული სივრცე.

ჯდომის მუღდის წარმოქმნაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს შრეების მონაცვლეობა. თუ პლასტიკური ქანები მტკიცე ქანების ქვეშ მდებარეობენ, მაშინ მიწის ზედაპირის დეფორმაცია საკმაოდ მკვეთრი და ინტენსიურია. თუ, პირიქით, პლასტიკური ქანები ზევით იქნებიან განლაგებული, მაშინ დედამიწის ზედაპირის ჩალუნვა თანდათანობითი, არამკვეთრი იქნება.

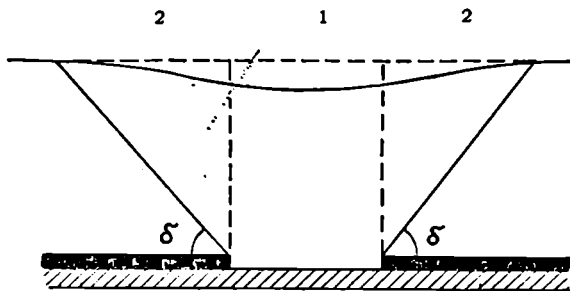
ჯდომის პროცესს შესაძინეველად აჩქარებს მასივის დანაპარალიანება. ნაპარალები ხელს უწყობენ ქანის ცალკეული ბლოკების ვერტიკალურ გადაადგილებას.

გარდა აღნიშნულისა, ზედაპირის ძვრების სიდიდე და ინტენსიურობა დამოკიდებულია სასარგებლო წიაღისეულის დამუშავების სიღრმეზე და საბადოს დამუშავების სამთო ტექნიკურ პირობებზე.

დედამიწის ზედაპირის ჯდომის სიდიდე მუღდის ფარგლებში სხვადასხვაა და უმეტესად შეადგენს მიწისქვეშა გამონამუშევრის სიმაღლის 0,1—0,9 (უფრო ხშირად კი 0,6—0,7) ნაწილს. ჯდომის ცენტრალური ნაწილის სიღრმე მერყეობს მეტრის ნაწილებიდან 1—2 მეტრამდე. მაგალითად, დონბასში ქვანახშირის შრეების მცირედ დახრის პირობებში ჯდომის სიდიდე შრის სიმძლავრის 50—60% შეადგენს,

ციცაბოდ დახრილი შრეების გავრცელების ადგილებში კი—30—50%. ზედაპირის ძვრების სიდიდეს განსაზღვრავენ სხვადასხვა საანგარიშო მეთოდით ან სპეციალური ინსტრუმენტული დაკვირვებებით.

ჯდომის მულდის ფართობი გამომუშავებული სივრცის ზომებს აღემატება. ეს გამოწვეულია იმით, რომ ქანების ძვრა მხოლოდ გამომუშავებული სივრცის თავზე კი არ ხდება, არამედ გვერდითაც გარკვეული კუთხით, რომელსაც ძვრის კუთხე ეწოდება (ნახ. XXXVI.4).



XXXVI.4. ჯდომის მულდის წარმოქმნა:

δ — ძვრის კუთხე.

1—ცენტრალური ნაწილი, 2—პერიფერიული ნაწილები.

ამ კუთხის სიდიდე დამოკიდებულია ქანების შედგენილობასა და მდგომარეობაზე. დონბასის ძირითადი ქანებისათვის, მაგალითად, შრეების პორიზირებული მდებარეობის დროს ეს კუთხე შეადგენს 85° , მეოთხეული ნალექებისათვის — 60° .

ქანების ძვრის პროცესის ხანგრძლივობა სხვადასხვაა და დამოკიდებულია, ძირითადად, დამუშავებული ფენის განლაგების სიღრმეზე, აგრეთვე ზემდებარე ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე და ზოგიერთ სხვა ფაქტორზე. ჯდომის მულდის წარმოქმნა შეიძლება გრძელდებოდეს თვეებისა და წლების განმავლობაში. დონბასის პირობებში 100 მეტრამდე სიღრმის ფენის დამუშავებისას ძვრის პროცესის ხანგრძლივობა 1 წელს უდრის, 200 მეტრამდე — 2 წელს და ა. შ.

იმ ადგილებში, სადაც არის ზედაპირის ძვრის წარმოქმნის საშიშროება, საჭიროა გათვალისწინებულ იქნეს სამეურნეო ნაგებობათა და საცხოვრებელი სახლების შესაძლო დეფორმაციათა ხასიათი. ჯდომის მულდის ცენტრალურ ნაწილში ნაგებობათა დაჯდომა მეტწილად თანაბრად ხდება. ამ მხრივ უფრო საშიშია მულდის პერიფერიული ნაწილები, სადაც ზედაპირის არათანაბარი გადაადგილების გამო შენობები მნიშვნელოვნად ზიანდება.

ეს ყველაფერი გათვალისწინებული უნდა იქნეს ნაგებობათა დაპროექტების დროს, როგორც თვით ნაგებობათა კონსტრუქციებში, ასევე დამკავ ღონისძიებათა სახით. ღონისძიებათა შერჩევა დამოკიდებულია ზედაპირის მოსალოდნელი დეფორმაციის სიდიდეზე. ცხადია, ისეთ ადგილებში, სადაც ზედაპირული ძვრების მაქსიმალური და სწრაფი გამოვლინებაა მოსალოდნელი, მშენებლობა მიზანშეწონილი არ არის. სხვა შემთხვევებში ირჩევენ შენობის რაციონალურ მდებარეობას მულდის მიმართ, სიხისტის შესამცირებლად შენობას ყოფენ სექციებად, აძლიერებენ საძირკვლის კონსტრუქციებს, იყენებენ მაღალხარისხოვან სამშენებლო მასალებს და სხვა.

ზედაპირის ძვრის სწორი პროგნოზი მნიშვნელოვნად უზრუნველყოფს ნაგებობათა მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ნორმალურ პირობებს, ამიტომ საჭიროა ზუსტად იქნეს გათვლილი არა მარტო ამ მოვლენის წარმოშობის შესაძლებლობა, არამედ მისი მოსალოდნელი სიდიდე და დროში განვითარებაც. ეს საკითხები სამთო წარმოებაში მომუშავე ინჟინერ-გეოლოგებს ამოცანებში უდის; მათ მარკშიადერებთან ერთად ანგარიშის ისეთი მეთოდები უნდა გამოიყენონ, რომლებიც მაქსიმალურად გაითვალისწინებენ გეოლოგიური ჰრილის ყველა თავისებურებას და განსაზღვრავენ ზედაპირის შესაძლო დეფორმაციათა ინტენსიურობას და სიდიდეს

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების
შინაარსი და მეთოდები

XXXVII ტა 30

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების მიზანდასახულობანი

ნებისმიერი დანიშნულების საინჟინრო ნაგებობის აგებას ყოველთვის წინ უძღვის კვლევები, რომელთა მიზანია მშენებლობის ტერიტორიის შესწავლა მისი ბუნებრივი და გეოლოგიური პირობების დადგენის მიზნით. ეს კვლევები საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების სახელწოდებით არის ცნობილი. ისინი მშენებლობის პროექტის არსებით ნაწილს შეადგენენ და უზრუნველყოფენ ტექნიკურად და ეკონომიურად სრულყოფილი ნაგებობის დაპროექტებას. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ძირითად ამოცანებს მიეკუთვნება: ადგილმდებარეობის გეოლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური, გეომორფოლოგიური პირობების და თანამედროვე გეოლოგიური პროცესების შესწავლა, ქანების სამშენებლო თვისებების განსაზღვრა და მშენებლობის ან ნაგებობის ექსპლუატაციის პროცესში მოსალოდნელი გეოლოგიური ხასიათის გართულებათა პროგნოზი.

დანიშნულების მიხედვით საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები შეიძლება ჩატარდეს დაპროექტებამდე, მშენებლობის პროცესში ან ნაგებობის ექსპლუატაციის დროს.

ვინაიდან აღნიშნული კვლევები ტერიტორიის წინასწარი შესწავლისა და სათანადო ინფორმაციის მიღების საშუალებას იძლევა, მათი უმრავლესობა სრულდება დაპროექტების წინა სტადიაში. ამ დროს ჩატარებული კვლევების ძირითადი მიზანია მშენებლობისათვის განკუთვნილი ტერიტორიის გეოლოგიური აგებულების შესწავლა, რაც საშუალებას იძლევა შეირჩეს ყველაზე უკეთესი და ხელსაყრელი სამშენებლო მოედანი, დადგენილ იქნეს გეოლოგიური პროცესების გავლენის ხასიათი ნაგებობაზე და მშენებლობით გამოწვეული მოსალოდნელი გეოლოგიური გართულებანი. ნაგებობა ექსპლუატაციის პროცესში სტატიკურ ან დინამიკურ ურთიერთობაშია სხვადასხვა ტიპის ქანებთან (გრუნტებთან). თუ არ იქნა უზრუნველყოფილი ნაგებობის ცალკეული ელემენტებისა და ქანების სრულყოფილი ურთიერთკონტაქტი, შეიძლება მოხდეს ნაგებობის ნაწილობრივი ან მთლიანი დაზიანება და ზოგჯერ დანგრევაც კი. ამიტომ წინასწარი საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების დროს ზოგადი გეოლოგიური პირობების

დადგენის გარდა დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ქანების შესწავლას მათი ფიზიკური, წყლოვანი და მექანიკური თვისებების განსაზღვრის მიზნით, რაც საშუალებას იძლევა რაოდენობრივად შეფასდეს მათი ვარგისიანობა მშენებლობისათვის და სუსტი მექანიკური თვისებების მქონე გრუნტების გამოვლინების შემთხვევაში შემუშავდეს რეკომენდაციები მშენებლობის ადგილის შეცვლის ან ქანების თვისებების გაუმჯობესების შესახებ. გარდა ამისა, ქანების შესწავლა საჭიროა მშენებლობისათვის აუცილებელ ამა თუ იმ სამშენებლო მასალის გამოსავლენად.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევებით მიღებული დებულებანი და დასკვნები უნდა გამომდინარეობდეს მშენებლობის მოთხოვნებიდან და პასუხობდეს მის კონკრეტულ ამოცანებს. გეოლოგიური მონაცემების გარდა, ამ კვლევების პროცესში უნდა დადგინდეს ისეთი მნიშვნელოვანი პარამეტრები, როგორცაა საძირკვლის ჩაქრის სიღრმე, გრუნტზე დასაშვები წნევის სიდიდეები, ნაგებობის შესაძლო ჯდომის საერთო სიდიდე და მისი განვითარება დროში. ნაგებობის სიმდგრადის პროგნოზი და ა. შ. ცხადია, რომ ზემოთ ჩამოთვლილი მონაცემების მისაღებად მარტოოდენ ვიზუალური დაკვირვებანი არ არის საკმარისი და ამიტომაც კვლევების წინასაპროექტო სტადიაზე ფართოდ გამოიყენება სპეციალური საძიებო, საველე და ლაბორატორიული სამუშაოები.

მშენებლობის სტადიაზე, როდესაც იჭრება სამშენებლო ქვაბული, იქმნება საშუალება ადგილზევე შემოწმდეს წინასწარი საძიებო სამუშაოების სისწორე, დაზუსტდეს გეოლოგიური კრილი. თუ ჩატარებულ საძიებო სამუშაოთა რაოდენობა არ არის საკმარისი, შესაძლებელია მივიღოთ განსხვავება წინასწარ შეკრებილ მასალასა და რეალურ პირობებს შორის. თუ ეს განსხვავება არსებითია, ინიშნება დამატებითი საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოები უკვე არსებული პროექტის მართებულობის დასამტკიცებლად ან მასში საჭირო შესწორებების შესატანად.

ნაგებობის ექსპლუატაციის პროცესში საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები დამოკიდებულია ობიექტის დანიშნულებაზე და მისი მშენებლობისას გამოვლინებულ სირთულეებზე. ამ კვლევების მთავარი მიზანია ნაგებობის მდგრადობის პროგნოზი. ტარდება სისტემატური დაკვირვებები ჯდომის ხასიათსა და სიდიდეზე, გრუნტის წყლების და მდინარეების რეჟიმზე, ნაპირების გარეცხვის ინტენსიურობაზე და ფერდობების მდგრადობაზე. ამ პერიოდს მიეკუთვნება სამუშაოები, რომლებიც საინჟინრო-გეოლოგიური ექსპერტიზის სახელწოდებით არის ცნობილი. მათი მიზანია შენობებისა და ნაგებობების დეფორმაციების წარმოქმნის მიზეზების დადგენა.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების წინასწარი რაოდენობრივი განსაზღვრა შეუძლებელია, რადგან ჩასატარებელ სამუშაოთა მოცულობა დამოკიდებულია გეოლოგიური პირობების სირთულეზე, ნაგებობის დანიშნულებასა და ზომებზე, კონსტრუქციულ თვისებებზე და დაპროექტების სტადიაზე. საწყის სტადიაში გათვალისწინებული სამუშაოების მოცულობა გაცილებით ნაკლებია დეტალური დაპროექტების სტადიით გათვალისწინებულ სამუშაოთა მოცულობაზე.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები იყოფა სამ პერიოდად: მოსამზადებელი, საველე და კამერალური.

პირველ პერიოდში იგულისხმება საველე და კამერალური სამუშაოებისათვის მომზადება. ამ დროს ხდება საარქივო, საფონდო და ლიტერატურული მასალის შეგროვება, მომავალი მუშაობის გეგმის შედგენა, არსებული რუკების, კრილების, სტრატეგრაფიული სვეტებისა და ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური თვისებების ამსახველი ცხრილების შესწავლა.

საველე პერიოდში ტარდება პროექტით გათვალისწინებული ყველა საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაო: საძიებო სამთო გამონამუშევრების გაყვანა, საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვა, გეოფიზიკური კვლევები, გრუნტების საცდელი საველე სამუშაოები, მიწისქვეშა წყლების შესწავლა, სინჯების აღება, ველზე მიღებული მონაცემების წინასწარი კამერალური დამუშავება, საველე ლაბორატორიული სამუშაოები.

კამერალურ პერიოდში, გარდა არსებული საარქივო, ლიტერატურული და ფონდური მასალების სისტემატური კვლევისა და გამოყენებისა, მთავარი ყურადღება ეთმობა ველზე მიღებული საინჟინრო-გეოლოგიური ინფორმაციის დამუშავებას, ქანებისა და მიწისქვეშა წყლების სინჯების ლაბორატორიულ შესწავლას, საინჟინრო-გეოლოგიური ანგარიშის შედგენას და გაფორმებას.

XXXVIII თ ა ვ ი

ს ა ვ ე ლ ე ს ა ი ნ ჟ ი ნ რ ო - გ ე ო ლ ო გ ი უ რ ი კ ვ ლ ე ვ ე ბ ი

XXXVIII.1. საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვა

საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვა საკვლევი ტერიტორიის გეოლოგიური პირობების შესწავლას საშუალებას იძლევა. ამ დროს, გარდა გეოლოგიისა, კომპლექსურად შეისწავლება ჰიდროგეოლოგიური, გეომორფოლოგიური და სხვა ბუნებრივი პირობები. საინჟინრო-

გეოლოგიური აგეგმვა საველე საექსპედიციო სამუშაოების ჩატარების დროს უშუალოდ იძლევა წინასწარ პასუხს კითხვაზე — არის თუ არა შესაძლებელი ტერიტორიის გამოყენება სამშენებლო მიზნებისათვის.

საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვა გეოლოგიური აგეგმვის სახესხვაობაა და მეთოდური თვალსაზრისით მისგან არსებითად არ განსხვავდება. ძირითადი განსხვავება სამუშაოს მიზნობრივ დანიშნულებაში მდგომარეობს. თუ გეოლოგიური აგეგმვის მიზანი არის გეოლოგიური აგებულების შესწავლა სასარგებლო წიაღისეულის საბადოთა გამოსავლიანობად ან ტერიტორიის გეოლოგიური შესწავლისათვის საჭირო მონაცემების მისაღებად, საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვის ამოცანა განისაზღვრება ადამიანის საინჟინრო-სამშენებლო საქმიანობით და ამ მიზნით საჭირო ინფორმაციის მიღებას გულისხმობს.

საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვის მასშტაბი დამოკიდებულია კვლევების დეტალურობაზე და შესასწავლი ტერიტორიის სიდიდეზე. რომელიმე კონკრეტული შენობის ან ნაგებობისათვის განკუთვნილი მცირე ტერიტორია ჩვეულებრივად მსხვილ მასშტაბში აიგეგმება (1:5 000 და უფრო მსხვილი). ნაგებობათა კომპლექსის (მაგალითად, ჰიდროტექნიკური და საგზაო მშენებლობა) ტერიტორია შეისწავლება შედარებით უფრო წვრილ მასშტაბში (1:50 000—1:50 000). რეგიონული ხასიათის საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვები ტარდება წვრილ (1:200 000-მდე) მასშტაბში. აგეგმვის დროს შეისწავლება: 1. რელიეფი — გამოიყოფა სხვადასხვა გეომორფოლოგიური ელემენტი — მდინარის ხეობა, ნამდინარევი, ტერასა, ფერდობი, ზეგანი, ბორცვი, ხევი და სხვა; 2. გეოლოგიური პროცესები და საინჟინრო-გეოლოგიური მოვლენები — ზეავი, შვავი, მეწყერი, კარსტი, სუფოზია, ჯდომა, ეროზია, აბრაზია და სხვა. რუკაზე დაიტანება ის უბნები, სადაც ესა თუ ის მოვლენა ყველაზე მეტად არის გავრცელებული; 3. გეოლოგიური აგებულება — ქანების ცალკეული სახესხვაობებისა და წყებების გავრცელება, სიმძლავრე, წოლის პირობები, წოლის ელემენტები. ამ მიზნით შეისწავლება ქანების ბუნებრივი გაშიშვლებები — ძირითადი ქანების გამოსავლები ფერდობებზე, ხევებში, მდინარის ხეობის კალთებზე. გაშიშვლების აღწერა ხდება ვიზუალური დათვალიერებით, გაზომვით. იწერენ ქანის დასახელებას, შედგენილობას, ფერს, მინარევებს, სახეცვლის ხარისხს, რუკაზე ზუსტად აღნიშნავენ მის ადგილმდებარეობას. დამახასიათებელ გაშიშვლებას ჩაიხატავენ ან გადაულევენ სურათს. ზოგჯერ საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვის საფუძვლად აიღება უკვე არსებული გეოლოგიური რუკა. ასეთ შემთხვევაში აგეგმვის დროს მოწინდება და ზუსტდება არსებული გეოლოგიური მასალა; 4. ჰიდროგეოლოგიური პირობები — შეისწავლება მიწსქვეშა წყლების ყველა არსებული ან ახლად გამოვლინებული გამოსავალი, გრუნტის

წყლების დონე, მისი ცვალებადობის ხასიათი და ქიმიური შედგენილობა. თუ მომავალი ნაგებობისათვის მიწისქვეშა წყლები არსებით საშიშროებას ქმნიან, აგეგმვის დროს ყურადღება ექცევა გრუნტის წყლების რეჟიმის და ქანების ფილტრაციული თვისებების შესწავლას.

საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვის დროს ფართოდ გამოიყენება საძიებო სამუშაოები (ქაბურღილები, შურფები, თხრილები) განსაკუთრებით იმ ადგილებში, სადაც ნაკლებია ბუნებრივი გაშიშვლებანი. ყველა გამონამუშევარი დეტალურად უნდა აიწეროს — ხდება მათი დოკუმენტაცია. გამონამუშევრებიდან იღებენ ქანების ნიმუშებს ლაბორატორიული შესწავლის მიზნით. აგეგმვის პარალელურად შეიძლება მიმდინარეობდეს ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლა საველე მეთოდებით. ველზე მუშაობის დროს ხდება ბუნებრივი სამშენებლო მასალების ძებნა-გამოვლინებაც.

ველზე მუშაობის დროს მიღებული მონაცემები დააქვთ ტოპოგრაფიულ ან გეოლოგიურ რუკებზე და დგება ე. წ. საინჟინრო-გეოლოგიური რუკები. მათზე ასახულია ტერიტორიის ის გეოლოგიური პირობები, რომლებიც არსებითია მშენებლობის თვალსაზრისით. ხდება შესწავლილი ტერიტორიის დარაიონება, რაც საშუალებას იძლევა გამოიყოს მშენებლობისათვის ვარგისი, ნაწილობრივ ვარგისი ან უვარგისი უბნები. აგეგმვისა და რუკის შედგენის დროს მიღებული საინჟინრო-გეოლოგიური მონაცემები განსაზღვრავს მშენებლობის პროექტის გეოლოგიურ ნაწილს და ტერიტორიის სამშენებლო პირობების შეფასების ერთ-ერთ ძირითად საფუძველს წარმოადგენს.

XXXVIII.2. გეოლოგიური რუკები

გეოლოგიური რუკა არის ტერიტორიის გეოლოგიური აგებულების ამსახველი ძირითადი დოკუმენტი. რუკაზე გამოსახულია ბუნებაში არსებული გეოლოგიური სტრუქტურების პროექცია პორიზონტალურ სიბრტყეზე. რუკის საშუალებით შეიძლება გავიგოთ ამა თუ იმ ქანის გავრცელების ფართობი, წოლის პირობები, ტექტონიკური სტრუქტურები და მთელი რიგი სხვა გეოლოგიური მონაცემები, რომელთა სიმრავლე დამოკიდებულია რუკის მასშტაბზე. გეოლოგიური რუკის საფუძველს წარმოადგენს შესაბამისი მასშტაბის ტოპოგრაფიული რუკა. გეოლოგიურ რუკაზე ასახულია ძირითადად მიწის ზედაპირზე არსებული გეოლოგიური სიტუაცია, მაგრამ, როგორც ცნობილია, ზოგჯერ დედამიწის ზედაპირი მეტნაკლებად ერთგვაროვანი მეოთხეული საფარით არის დაფარული, ძირითადი ქანები კი ზედაპირზე საერთოდ არ ჩანს. ასეთ პირობებში ზედაპირული გეოლოგიური სურათი საკმაოდ ერთგვაროვანი და მარტივია და შეიძლება სრულიად არ

იყოს საკმარისი სიღრმითი გეოლოგიური აგებულების გასარკვევად. ამისათვის ხშირად გეოლოგიურ რუკებს ადგენენ ცალკ-ცალკე მეოთხეული საფარისა და ძირითადი ქანებისათვის.

მეოთხეული საფარის გეოლოგიურ რუკაზე ნაჩვენებია მეოთხეული ნალექების ლითოლოგიური სახესხვაობანი (მდინარეული, ზღვიური, მყინვარული და სხვა), მათი ასაკობრივი დაყოფა, სიმძლავრეთა ცვალებადობა და ა. შ.

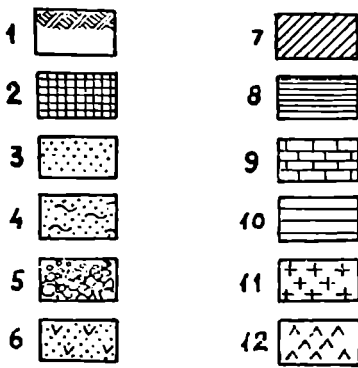
ძირითადი ქანების გეოლოგიურ რუკებზე ასახულია ამ ქანების ზედაპირის მდებარეობა მეოთხეული საფარის მხედველობაში მიუღებლად, მათი სტრატეგრაფიისა და ლითოლოგიის მონაცემები. სხვადასხვა მიზნებისათვის შეიძლება შედგენილ იქნეს სპეციალური დანიშნულების რუკები: ლითოლოგიური, ტექტონიკური, საინჟინრო-გეოლოგიური, პიდროგეოლოგიური და სხვა.

გეოლოგიურ რუკაზე აღნიშნულია სხვადასხვა ასაკის ქანების გავრცელების საზღვრები. ერთი და იმავე ასაკის ქანები რუკაზე აღნიშნულია პირობითი ინდექსებით — ასოებით, რომლებიც გეოქრონოლოგიური სკალის ერთეულებს შეესაბამება და შეფერილია შესაბამისი ფერით. მაგალითად, იურული ასაკის ქანები — ლურჯით, ცარცული — მწვანით, მესამეული — ყვითლით და ა. შ. რუკას თან ახლავს სტრატეგრაფიული სვეტი, რომელზედაც გამოსახულია ქანების განლაგების ასაკობრივი თანმიმდევრობა და მათ გასწვრივ მოცემულია ქანების მოკლე აღწერა ყველაზე უფრო დამახასიათებელი ნიშანთვისებების მიხედვით. სტრატეგრაფიული სვეტის აღწერილობით ნაწილში მოცემულია აგრეთვე ამა თუ იმ სტრატეგრაფიული ერთეულისათვის დამახასიათებელი სახელმძღვანელო ნამარხების დასახელება, თუ ეს ნამარხები ნაპოვნია შესწავლილ რაიონში.

ლითოლოგიურ რუკაზე მთავარი ყურადღება ექცევა ქანების ნივთიერ შედგენილობას, იმ ნიშან-თვისებებს, რომლებითაც ქანები ერთიმეორისაგან განსხვავდებიან: წარმოქმნის პირობები, შემადგენელი მასალა, ნაწილაკების ზომები, მათი ურთიერთგანლაგება, შეცემენტების ხარისხი, ფიზიკური თვისებები და სხვა. თითოეული ქანი გამოისახება პირობითი ნიშნებით (ნახ. XXXVIII.1).

მშენებლობისათვის განკუთვნილ გეოლოგიურ კვლევებში უფრო ხშირად იყენებენ ლითოლოგიურ-სტრატეგრაფიულ რუკებს, რომლებზედაც აღნიშნულია ქანების როგორც ასაკი, ასევე შედგენილობა. ასეთი რუკები უდევს საფუძვლად საინჟინრო-გეოლოგიურ რუკებს. საინჟინრო-გეოლოგიური რუკა არის ძირითადი დოკუმენტი, რომელზედაც კომპლექსურადაა ასახული საველე საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების მონაცემები.

თითოეულ საინჟინრო-გეოლოგიურ რუკას ახლავს შესაბამისი პი-



ნახ. XXXVIII.1. გეოლოგიურ-ლითოლოგიურ რუკებზე გამოყენებული ზოგიერთი პირობითი ნიშანი:

- 1—ნიადაგის ფენა; 2—ტორფი; 3—ქვიშა; 4—მცურავე ქანი; 5—ხრეში; 6—ქვიშნარი; 7—თიხნარი; 8—თიხა; 9—კირჩქვა; 10—მერგელი; 11—გრანიტი; 12—გაბრო.

შესწავლის დეტალურობა და რუკების მასშტაბი განისაზღვრება დაპროექტების მოთხოვნებით და საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების სირთულით. ამის შესაბამისად დგება წვრილ-, საშუალო- და მსხვილ-მასშტაბიანი რუკები.

ს ა ი ნ ე ი ნ რ ო - გ ე ო ლ ო გ ი უ რ ი პ ი რ ო ბ ე ბ ი ს რ უ კ ე ბ ს ადგენენ ნებისმიერი სახის მიწისზედა მშენებლობისათვის და მას იყენებენ იმ ბუნებრივი გარემოს ზოგადი შეფასებისათვის, რომელშიაც ხდება მშენებლობის დაპროექტება.

ს ა ი ნ ე ი ნ რ ო - გ ე ო ლ ო გ ი უ რ ი დ ა რ ა ი ო ნ ე ბ ი ს რ უ კ ე ბ ს ადგენენ როგორც ზოგადი, ასევე სპეციალური მიზნებისათვის. ასეთ რუკებზე სხვადასხვა უბნების შედარება ხდება საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების ერთგვაროვნობის ნიშნით. რუკაზე გამოყოფენ დარაიონების ერთეულებს: რეგიონებს, ოლქებს, რაიონებს და თუ რუკა მსხვილმასშტაბიანია, — უფრო წვრილ ერთეულებსაც, მაგალითად, ქვერაიონებს და უბნებს.

ს პ ე ც ი ა ლ უ რ ი ს ა ი ნ ე ი ნ რ ო - გ ე ო ლ ო გ ი უ რ ი რ უ კ ე ბ ი ს შედგენა ხდება მშენებლობის კონკრეტული ობიექტის მოთხოვნების შესაბამისად. ამ რუკებზე მოცემულია ტერიტორიის საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესების პროგნოზი. რთული გეოლოგიური აგებულების რაიონებისათვის მიზანშეწონილია დამხმარე რუკების შედგენა,

რობითი ნიშნები, გეოლოგიური კრილები და განმარტებითი ტექსტი, ზოგჯერ კი ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ამსახველი ჯამური ცხრილიც.

საინჟინრო-გეოლოგიური რუკის საფუძვლად იყენებენ ტოპოგრაფიულ, გეოლოგიურ, პიდროგეოლოგიურ რუკებს, რაიონის გეომორფოლოგიური შესწავლის მასალებს, ქანების ფიზიკურ-მექანიკური კვლევის შედეგებს და სხვა.

საინჟინრო-გეოლოგიური რუკები სამი ტიპისაა: საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების გამომხატველი, საინჟინრო-გეოლოგიური დარაიონებისა და სპეციალური დანიშნულების.

რომლებიც ახასიათებენ საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების შემადგენელ ნაწილებს, მაგალითად: მეწყრულ, კარსტულ, პიდროგეოლოგიურ და სხვა ელემენტებს.

საინჟინრო-გეოლოგიური რუკების მასშტაბი დამოკიდებულია მათ დანიშნულებასა და დეტალურობაზე.

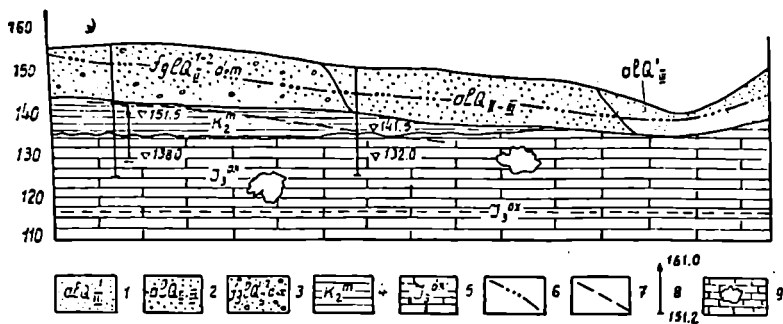
1. ზოგადი მიმოხილვითი (ანუ სქემატური) წვრილმასშტაბიანი (1:500000 და უფრო წვრილი) რუკები გამოსახავენ დიდ ტერიტორიებზე საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების ჩამოყალიბებისა და გავრცელების ზოგად კანონზომიერებებს.

2. საშუალო მასშტაბის (1:200000-დან 1:10000-მდე) რუკები განკუთვნილია დასახლებული პუნქტების, საძრეწველო საწარმოების, პიდროტექნიკური ნაგებობებისა და ა. შ. მშენებლობის დაპროექტებისათვის.

3. დეტალური მსხვილმასშტაბიანი რუკები (1:10000-ზე უფრო მსხვილი) გამოიყენება სამრეწველო მშენებლობის კონკრეტული ობიექტების, საქალაქო ტერიტორიების განაშენიანებისა და ცალკეული საინჟინრო ნაგებობების პროექტების დასასაბუთებლად.

საინჟინრო-გეოლოგიური რუკის სივრცობრივად აღქმის საშუალებას იძლევა გეოლოგიური (ან საინჟინრო-გეოლოგიური) ჭრილები. ჭრილი არის გეოლოგიური სტრუქტურების პროექცია ვერტიკალურ სიბრტყეზე. იგი გვიჩვენებს გეოლოგიურ აგებულებას სიღრმეში. გეოლოგიურ ჭრილზე გამოიხატება ქანების ასაკი, შედგენილობა, სიმძლავრე, წოლის პირობები, პიდროგეოლოგიური პირობები, კერძოდ, ნიწისქვეშა წყლების დონეები. იმ შემთხვევაში, როდესაც ჭრილი ასახავს ფიზიკურ-გეოლოგიურ მოვლენებს და ქანების ცალკეულ თვისებებს, მას საინჟინრო-გეოლოგიური ჭრილი ეწოდება. ჭრილის ხაზი დააქვთ რუკაზე. ჭრილის შესადგენად იყენებენ საძიებო გამონამუშევრებს (ჰაბურდილები, შურფები). თვალსაჩინოებისათვის ჭრილის ვერტიკალური მასშტაბი ჰორიზონტალურზე უფრო მსხვილია 5—10-ჯერ და ზოგჯერ უფრო მეტჯერაც.

რომელიმე საძიებო ხაზის გასწვრივ ჭრილის შესადგენად საჭიროა შეირჩეს ადგილები, სადაც გაჰყავთ საძიებო გამონამუშევრები. გაყვანის პროცესში ხდება გამონამუშევრების დეტალური დოკუმენტაცია. ჭრილზე ან პროფილზე გადააქვთ გამონამუშევრების ადგილმდებარეობის მაჩვენებელი წერტილები და მათ გასწვრივ ვერტიკალურ ხაზზე გადაზომავენ გამონამუშევრის აღწერის დროს მიღებულ ყველა გეოლოგიურ მონაცემს. თითოეული ჭრილი სათანადოდ ფორმდება — აღინიშნება მასშტაბი, სტრატეგრაფიული ინდექსები, ქანების პირობითი ნიშნები, ფიზიკურ-გეოლოგიური მოვლენები, მიწისქვეშა წყლების დონეები და ა. შ. (ნახ. XXXVIII.2).



ნახ. XXXVIII.2. ტიპური საინჟინრო-გეოლოგიური კირილი:

1 — ალუვიური წვილიმარცვლოვანი ქვიშები; 2 — ალუვიური მსხვილმარცვლოვანი ქვიშები; 3 — დელუვიური ხრუშისებრი მსხვილმარცვლოვანი ქვიშები; 4 — ზედა ცარცი (მასტრახტი) — თიხები პირიტის კონკრეციებით; 5 — ზედა იურა (ოქსფორდი) — კირქვები, იმეითად დოლომიტები და მერგალები; 6 — გრუნტის წყლების დონე; 7 — წნევიანი წყლების დონე; 8 — მიწისქვეშა წყლების წნევის სიდიდე (ზევით — პიეზომეტრული დონის აბსოლუტური ნიშნული, ქვევით — წყლის გამორჩენის აბსოლუტური ნიშნული); 9 — კარსტი.

ზუსტად შედგენილი გეოლოგიური კირილები შეიცავენ მნიშვნელოვან ინფორმაციას მიწის სიღრმეში გეოლოგიური პირობების ცვალებადობის შესახებ და დიდ სამსახურს უწევენ ინჟინერ-გეოლოგს მშენებლობის გეოლოგიური პირობების შეფასებაში.

XXXVIII.8. საძიებო გამონამუშევრები

საძიებო გამონამუშევრების საშუალებით შეიძლება გავარკვიოთ უბნის გეოლოგიური აგებულება, მიწისქვეშა წყლების დონე, ქანების ტიპი და მათი მდგომარეობა, აგრეთვე ავილოთ ქანებისა და მიწისქვეშა წყლების სინჯები ლაბორატორიული შესწავლისათვის.

საძიებო გამონამუშევრებს მიეკუთვნება: განაწმენდები, თხრილები, შტოლნები, შურფები და ჭაბურღილები. საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოების დროს ყველაზე ხშირად იყენებენ შურფებსა და ჭაბურღილებს.

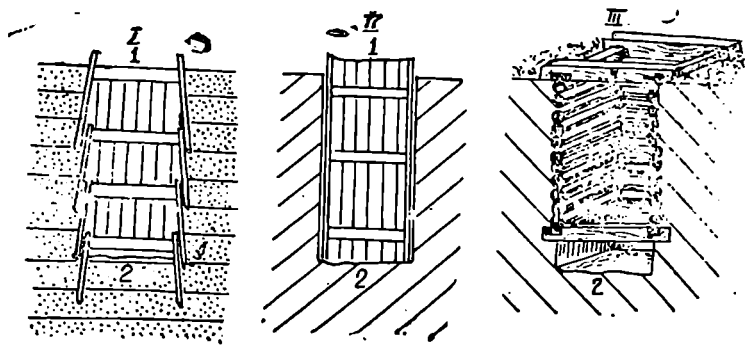
განაწმენდები, თხრილები და შტოლნები ჰორიზონტალური გამონამუშევრებია. ისინი გაჰყავთ უმთავრესად ციცაბოდ დახრილ ფენებში. სუსტად დახრილი ან ჰორიზონტალური განლაგების ფენებში გაჰყავთ შურფები და ჭაბურღილები.

განაწმენდები ისეთი გამონამუშევრებია, რომლებსაც იყენებენ ფხვიერი, ზედაპირული ნაყარი ფენის მოსაცილებლად ძირითადი ქანის გაშიშვლების მიზნით.

თხრილები ანუ ტრანშეები ვიწრო (0,8 მ-მდე) და მცირე სიღრმის (2 მ-მდე) გამონამუშევრებია, რომლებიც აშიშვლებენ ძირითად ქანებს.

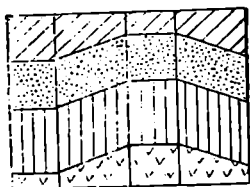
შტოლნი მიწისქვეშა ჰორიზონტალური გამონამუშევრებია. ისინი გაპყავთ ფერდობებზე, ფერდობის სიღრმეში ქანების განლაგების დასადგენად. შტოლნის გვერდებისა და ჭერის გასამაგრებლად, მათი ჩამონგრევის თავიდან ასაცილებლად აყენებენ სხვადასხვა ტიპის სამაგრს.

შურფები კვადრატული, სწორკუთხა ან წრიული კვეთის ჰისმაგვარი ვერტიკალური გამონამუშევრებია. შურფის საშუალებით შეიძლება დეტალურად იქნეს შესწავლილი უბნის გეოლოგიური აგებულება. შესაძლებელია ქანების ნებისმიერი ზომის ნიმუშების — მონოლითების აღება, რომელთაც შენარჩუნებული ექნებათ ბუნებრივი სტრუქტურა, ტექსტურა და ტენიანობა. შურფების ნაკლად უნდა ჩაითვალოს გაყვანის სირთულე და სამუშაოს შრომატევადობა, განსაკუთრებით წყლით გაჯერებულ ქანებში. უკანასკნელ ხანებში გამოყენება პოვა სპეციალურმა მანქანებმა, რომელთა საშუალებით შეიძლება წრიული კვეთის 1,3 მ-მდე დიამეტრის შურფების გაყვანა 25 მ-ზე მეტ სიღრმეზე. ამ მანქანების გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ქანი რბილი ან საშუალო სიმაგრისაა. შურფი, განსაკუთრებით თუ მისი სიღრმე 4 მ აღემატება, აუცილებლად უნდა გამაგრდეს, რათა კედლები არ ჩამოიქცეს. გამაგრების ტიპი და ხერხი ქანების მდგრადობაზეა დამოკიდებული. ფხვიერ ქანებში გამოიყენება ჩასასობი სამაგრი. სუსტ, უწყლო ქანებში — განბჯენითი სამაგრი, ხოლო წყალგაჯერებულ სუსტ ქანებში — მთლიანი სამაგრი (ნახ. XXXVIII.3).



ნახ. XXXVIII.3. შურფის გამაგრების სქემები.

შურფის გაყვანის პარალელურად ხდება მისი დეტალური დოკუმენტაცია. სპეციალურ ჟურნალში შეაქვთ მონაცემები შურფის კედლების ამგები ქანების შესახებ, მათი წოლის პირობები, გრუნტის წყლების გამოჩენის სიღრმე. ქანების ყოველი ახალი შრიდან იღებენ ნიმუშს. შურფის გაყვანის დამთავრებისთანავე ჩაიხატავენ ოთხივე კედელსა და ფსკერს გაშლილი ჩანახატის სახით, რაც საშუალებას იძლევა უფრო ზუსტად განისაზღვროს შრეების სისქე და მათი წოლის ელემენტები (ნახ. XXXVIII.4).



ნახ. XXXVIII.4. შურფის დოკუმენტაცია.

მდგომარეობას, წოლის პირობებს. ამ მონაცემების მიღება ხდება ბურღვის პროცესში მიწის წიაღიდან ამოღებული ქანის ნიმუშების — კერძების საშუალებით.

ჭაბურღილების უპირატესობა სხვა საძიებო გამონამუშევრებთან შედარებით იმაში მდგომარეობს, რომ აქ მეტია გაყვანის სიჩქარე, არის დიდი სიღრმეების მიღწევის საშუალება, რაც ზემოთ ჩამოთვლილი გამონამუშევრებისათვის მიუწვდომელია. ბურღვის პროცესი მექანიზებულია და ბურღვის ერთი დანადგარი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ბევრი ჭაბურღილის გასაყვანად. უკანასკნელ ხანებში ბურღვისათვის იყენებენ ავტომატურად მოწყობილ თვითმავალ საბურღ დანადგარებს, რომელთა მონტაჟი და დემონტაჟი ძალზე ადვილია და სწრაფი. ბურღვის ნაკლად შეიძლება ჩაითვალოს ბურღილის მცირე დიამეტრი, რაც უშუალო დაკვირვების საშუალებას არ იძლევა და ზღუდავს ასაღები ნიმუშის ზომებს, აგრეთვე ის, რომ ერთი ჭაბურღილის მონაცემებით შეუძლებელია ქანების წოლის ელემენტების განსაზღვრა.

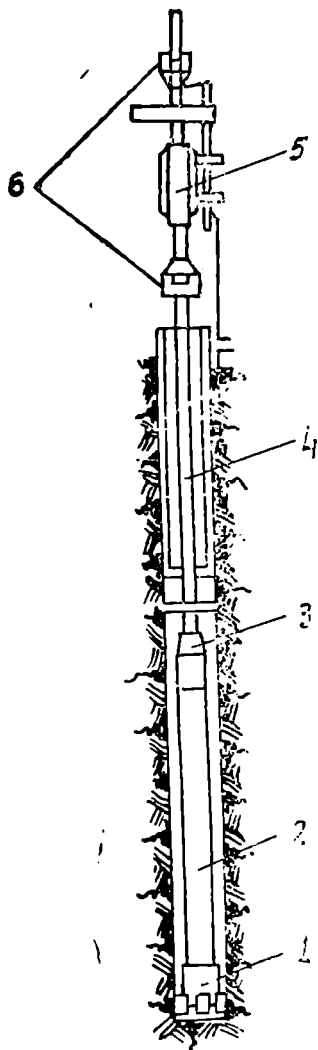
საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების პრაქტიკაში გამოყენებული

ბურღის დიამეტრი 50-დან 150 მმ-მდე ცვალებადობს. ლაბორატორიული კვლევებისათვის ნიმუშების ასაღებად ჰაბურღილის დიამეტრი 100 მმ-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს. საერთოდ, საინჟინრო-გეოლოგიური მიზნებისათვის მცირე სიღრმის ჰაბურღილები იბურღება. მაგალითად, სამრეწველო და საქალაქო, აგრეთვე საგზაო მშენებლობის გეოლოგიური პირობების დასასაბუთებლად ჩვეულებრივად საკმარისია 25—30 მ სიღრმის ჰაბურღილები. ჰიდროტექნიკურ მშენებლობაში ჰაბურღილების სიღრმემ შეიძლება რამდენიმე ასეულ მეტრს მიაღწიოს. ღრმა ჰაბურღილებს (7—8 კმ-მდე) ბურღავენ ნავთობის ძიების დროს. უკანასკნელ ხანებში ზეღრმა ჰაბურღილები (10 კმ-ზე მეტი) დაპროექტებულია დედამიწის ქერქის სიღრმული აგებულების შესასწავლად.

ბურღვაში გამოიყენება შემდეგი ძირითადი ხერხები: დარტყმით-ბაგირული, დარტყმით-ბრუნვითი, სვეტური, ვიბრაციული, შნეკური, როტორული და ტურბინული. ყველა ამ ხერხის გამოყენებებს დროს ბურღვის პროცესი მექანიზებულია, მხოლოდ დარტყმით-ბრუნვითი ბურღვის დროს რიგ შემთხვევებში გამოიყენება ხელით შრომა. თუმცა უკვე შექმნილია მექანიკური დაზგები ბურღვის ამ ხერხისთვისაც.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების დროს უმთავრესად იყენებენ ბურღვის დარტყმით-ბრუნვით, სვეტურ, შნეკურ და ვიბრაციულ ხერხებს, რომელთა დროს შესაძლებელია ბურღვის პროცესში ქანის ნიმუშის ამოღება.

ჰაბურღილების ბურღვა ხდება სა-

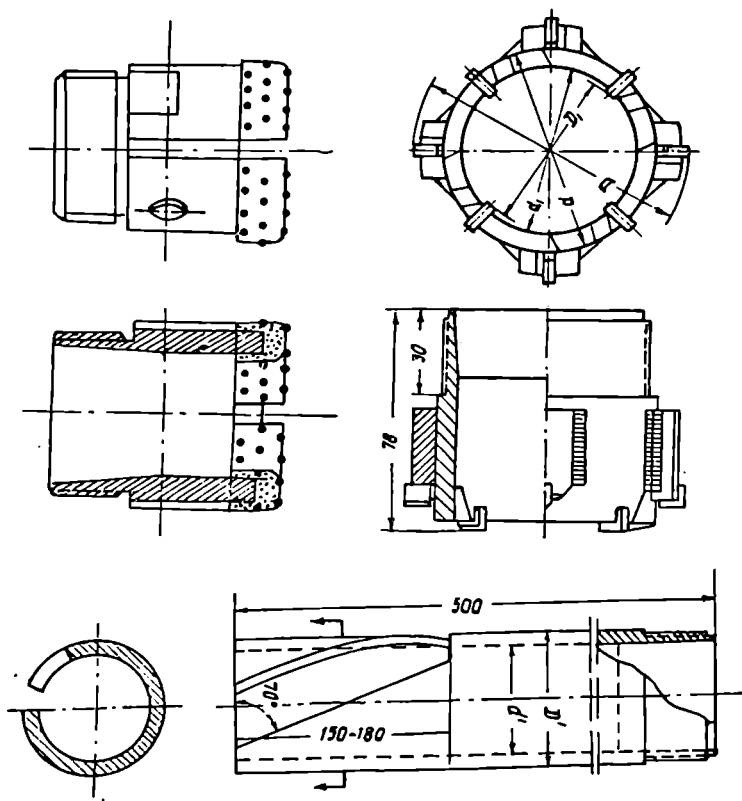


ნახ. XXXVIII.5. საბურღი ჰურვის სქემა სვეტური ბურღვისას: 1—გვირგვინა, 2—სვეტური მილი, 3—გადამყვანი სვეტური მილიდან საბურღი მილების (შტანგების) კოლონაზე, 4—შტანგების კოლონა, 5—დაზგის შპინდელი, 6—შტანგების კოლონის დამჭერი ვაზნები.

ბურღი ბუნკით, რომელიც საბურღ მილებთან (შტანგებთან) ერთად წარმოქმნის საბურღ ჭურვს (ნახ. XXXVIII.5). მისი ბრუნვა ან დარტყმა ხორციელდება საბურღი დაზგების საშუალებით, რომლებიც მოქმედებაში მოლიან სხვადასხვა ტიპის ძრავებით. ძრავები შეიძლება მუშაობდნენ საწვავით ან ელექტროდენით.

ბურღის ტიპი დამოკიდებულია გასაბურღი ქანის სიმტკიცეზე. მაგალითად, კლდოვანი ქანების ბურღვისას ხმარობენ სატეხებს და გვირგვინებს.

სატეხით ამსხვრევენ ქანს და ამოაქვთ ზედაპირზე წვრილი ღორღის სახით. გვირგვინები წარმოადგენენ მტკიცე ლითონის რგოლებს, რომელთა ერთ ბოლოს ჩადუღებულია სალი შენადნობისაგან დამზადებული ფირფიტები ან ალმასის მარცვლები (ნახ. XXXVIII.6). საბურ-



ნახ. XXXVIII.6. საბურღი გვირგვინის ტიპები:

ა—სალი შენადნობით არშირებული; ბ—ალმასის; გ—გვირგვინა საფანტით ბურღვისათვის.

ლი იარაღის ბრუნვის შედეგად სანგრევში ჩნდება წრიული ღრეჩო, რომლის შიგნით ქანი თანდათანობით შედის სვეტურ მილში და ასე გამოიჩარხება ცილინდრული მოყვანილობის კერნი. თიხოვან ქანებში ბურღვისას იარაღის ბოლოზე ამაგრებენ 100—125 მმ დიამეტრის მქონე გრუნტამლებებს, რაც უზრუნველყოფს დაუშლელი სტრუქტურის სინჯების აღებას მონოლითების სახით.

ვიბრობურღვისას ქანში საბურღ მოწყობილობას უშვებენ სპეციალური ვიბრატორების საშუალებით, რომლებიც რხევებს წარმოქმნიან. ამ ხერხით შეიძლება ფხვიერი, ნაყარი გრუნტებისა და საერთოდ რბილი დანალექი ქანების ბურღვა. ვიბრაციის პრინციპს იყენებენ ზღვის სანაპირო ზოლში წყალქვეშა ბურღვის დროსაც. შნეკური ბურღვის დროს გამოიყენება სპეციალური ტიპის შტანგები, რომელთა ზედაპირს წარმოადგენს ფოლადის ბრტყელპირიანი სპირალი—შნეკი. იგი საბურღ იარაღთან ერთად ქმნის სიღრმიდან გრუნტის ამოსაღებ უწყვეტ ზრახნულ ტრანსპორტიორს. ამ დროს ქანის მონგრევა და ნაბურღი მასალის ზედაპირზე ამოტანა ერთდროულად მიმდინარეობს. შნეკური ბურღვით შეიძლება 60-დან 300 მმ-მდე დიამეტრის ჰაბურღილების გაყვანა. ბურღვის ეს ხერხი შეზღუდულია ქანების სიმტკიცის მაჩვენებლებით; უმეტესად იყენებენ ლიოსებში, ლიოსისმაგვარ ქანებში, დელუვიურ თიხნარებში და მსგავსი ტიპის ქანებში. მისი უპირატესობაა გაყვანის სისწრაფე; ნაკლი კი იმაში მდგომარეობს, რომ გაძნელებულია სხვადასხვა ფენას შორის კონტაქტის დადგენა, გრუნტის წყლების დონის გარკვევა და ქანის დაუშლელი სტრუქტურის ნიმუშის აღება.

სუსტი და წყალგაჯერებული ქანების ბურღვისას მოსალოდნელია ჰაბურღილის კედლების ჩამოშლა-ჩამონგრევა. ამ მოვლენის თავიდან ასაცილებლად იყენებენ ფოლადის საცავ მილებს, რომლებსაც ჩაუშვებენ ჰაბურღილში და შემდგომ ბურღვას განაგრძობენ შედარებით მცირე დიამეტრის საბურღი იარაღით. საერთოდ ბურღვის საწყისი დიამეტრის სიდიდე ძირითადად ჰაბურღილის სიღრმის პროპორციულია. თუ ბურღვის დამთავრებისას საჭიროა მონოლითების აღება, მაშინ ჰაბურღილის საბოლოო დიამეტრი 115 მმ-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს. სინჯის აუღებლად კი შეიძლება 75 მმ მივიღოთ. საცავი მილებით გამაგრებისას ჰაბურღილების გაბარიტები შესაბამისად იზრდება. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების პრაქტიკაში ზოგჯერ იყენებენ დიდი დიამეტრის (1000—1350 მმ) ჰაბურღილებს, რომლებშიც შეიძლება ჩასვლა და კედლების დათვალიერება. ასეთი ჰაბურღილები განსაკუთრებით სასარგებლოა სიღრმული ნაპრალიანობის შესწავლის დროს.

სვეტურ-მექანიკური ბურღვის პროცესში იყენებენ თიხის ხსნარს.

იგი ცირკულირებს ჭაბურღილის სანგრევიდან ზედაპირამდე. ხსნარის დანიშნულებაა საბურღი იარაღის მკრელი ბოლოს გაცივება, ჭაბურღილის კედლების მდგრადობის უზრუნველყოფა და სანგრევიდან ბურღვის პროცესში წარმოქმნილი შლამის ამოტანა ზედაპირზე. ზოგჯერ თიხის ხსნარის მაგივრად იხმარება ჩვეულებრივი წყალი. სანგრევის გაწმენდას შეეკმშული ჰაერითაც აწარმოებენ. როგორც თიხის ხსნარი, ასევე წყალი ნავთობის ჭაბურღილების ბურღვის დროს უზრუნველყოფენ აგრეთვე ჰიდროსტატიკური წნევის შექმნას წყლის, ნავთობის ან გაზის მოდენის შესაჩერებლად ბურღვის პროცესში.

XX XVIII.4. ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური დასინჯვა

საინჟინრო-გეოლოგიურ დასინჯვას უწოდებენ საძირკვლის გრუნტების შედგენილობის, მდგომარეობისა და თვისებების გამოვლენების პროცესს. დასინჯვა ხდება ქანების ნიმუშების აღებით სამთო გამონამუშევრებიდან, ჭაბურღილებიდან, გაშიშვლებებიდან ლაბორატორიულ ან საველე პირობებში მათი თვისებების განსაზღვრის მიზნით. საინჟინრო-გეოლოგიური დასინჯვის დასკვნით ეტაპს წარმოადგენს ექსპერიმენტულ მონაცემთა სისტემატიზაცია, განზოგადება და ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების საანგარიშო მაჩვენებლების შერჩევა.

დასინჯვა ტარდება საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ყველა სტადიაში და იგი წინ უძღვის აგებმას და ძიებას. მისი დეტალურობა კვლევის ბოლო სტადიაში იზრდება.

ქანების დასინჯვა ზოგადად სამ ეტაპს მოიცავს: პირველ რიგში შეირჩევა დასინჯვის სისტემა და საჭირო ნიმუშების რაოდენობა. ამის შემდეგ ხდება უშუალოდ ნიმუშების აღება, მათი წინასწარი დამუშავება და კონსერვაცია. მესამე ეტაპზე კი ხდება ნიმუშების კვლევა ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების განსაზღვრის მიზნით.

დასინჯვის საფუძვლად მიღებულია შემდეგი დებულებები: 1. დასინჯვა უნდა ტარდებოდეს ფენების მიხედვით, ყოველი ფენისათვის, რომლის სისქე 5 სმ-ზე მეტია; 2. ყველაზე დეტალურად უნდა დაისინჯოს ის ფენა, რომელიც იქნება შენობის ან ნაგებობის უშუალო საფუძველი, განსაკუთრებით ფენის ის ნაწილი, სადაც მოსალოდნელია დაძაბულობის მაქსიმალური დეფორმაციების გამოვლენება; 3. დასასინჯად აღებული ნიმუშების რაოდენობამ უნდა უზრუნველყოს განსაზღვრული მაჩვენებლების სიზუსტე და საიმედოობა.

საინჟინრო-გეოლოგიური მიზნებისათვის სინჯების ასაღებად ძირითადად გამოიყენება სამი ხერხი: 1. წერტილოვანი — სინჯები აიღება დაუშლელი სტრუქტურის მონოლითების სახით; 2. ღარული; 3. სა-

ერთო. ამ ორი უკანასკნელი ხერხით იღებენ დაშლილი სტრუქტურის სინჯებს, რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ქანების გრანულომეტრიული და ქიმიურ-მინერალური შედგენილობის გასარკვევად.

საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოებისათვის მნიშვნელოვანი პირობაა ისეთი სინჯების აღება, რომელთაც შენარჩუნებული აქვთ ბუნებრივი მდგომარეობა. საჭირო რაოდენობით აღებული ასეთი სინჯები საკმაოდ კარგად ახასიათებს შესასწავლ უბანზე არსებული ქანების თვისებებს. ამავე დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს, რომ საანალიზოდ აღებული სინჯი უმნიშვნელოდ მცირე მოცულობისაა შესასწავლ მასივთან შედარებით და იგი მხოლოდ მოცემულ წერტილს ახასიათებს. მაშინაც კი, როდესაც დასასინჯად აიღება დიდი ზომის (25×25×25 სმ) მონოლითი, მისგან იღებენ შედარებით მცირე ზომის სინჯს ლაბორატორიულ პირობებში შესასწავლად.

მონოლითის აღების მეთოდი დამოკიდებულია დასასინჯი ქანის სიმაგრეზე. რბილი ქანების შემთხვევაში შეიძლება მონოლითი უშუალოდ ხელით იქნეს აღებული მკრელი იარაღის დახმარებით. ფხვიერი, ადვილად შლადი ქანებისათვის გამოიყენება სპეციალური მკრელი რგოლები. აღებული ნიმუში დაუყოვნებლივ უნდა იქნეს იზოლირებული გარემო პირობებისაგან, რათა მან არ დაკარგოს ბუნებრივი ტენიანობა და აღნაგობა. საინჟინრო-გეოლოგიურ პრაქტიკაში იყენებენ პარაფინირებას, რისთვისაც ნიმუშს ალებითსანავე შემოახვევენ ნარმას და ამოაღებენ გამდნარ პარაფინში, გულრონში ან მათ ნახავში, რაც საიმედოდ იცავს სინჯს და საკმაოდ ხანგრძლივად უნარჩუნებს მას ბუნებრივ მდგომარეობას. შედარებით უფრო ადვილია მაგარი ქანების ბუნებრივი მდგომარეობის შენარჩუნება, თუმცა სამაგიეროდ მათი სინჯების აღება ტექნიკურად უფრო რთულია. ჭაბურღილის წერტილოვანი დასინჯვა მდგომარეობს გარკვეულ ინტერვალებზე კერძო ნიმუშების აღებაში. მათი შენახვის წესი ზემოაღწერილის მსგავსია. გამზადებული სინჯები სათანადო ეტიკეტებით თავსდება სპეციალურ ყუთებში. სინჯებს შორის სივრცეს ავსებენ ტენიანი ნახერხით და ამ სახით ხდება სინჯების გადატანა სტაციონარულ ლაბორატორიებში ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესასწავლად.

XXXVIII.5. საინჟინრო-გეოლოგიურ კვლევებში გამოყენებული ამოწმობითი მეთოდები

საინჟინრო-გეოლოგიური ამოცანების გადაწყვეტის დროს ხშირად იყენებენ გეოფიზიკურ მეთოდებს, რაც ზოგ შემთხვევაში რენტაბელურია და მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს იძლევა. მაგრამ ამ

მეთოდებით ყოველთვის არ ხერხდება საკითხის ერთგვაროვნად გადაჭრა, რამდენადაც გეოფიზიკური მონაცემების ინტერპრეტაცია სხვადასხვანაირად შეიძლება. გარდა ამისა, გეოფიზიკურ კვლევებს გამოყენების შეზღუდული არე აქვთ და ხშირად ისინი იხმარება სხვა მეთოდებთან კომპლექსში, როგორცაა ბურღვა, ქანების ლაბორატორიული შესწავლა და სხვა.

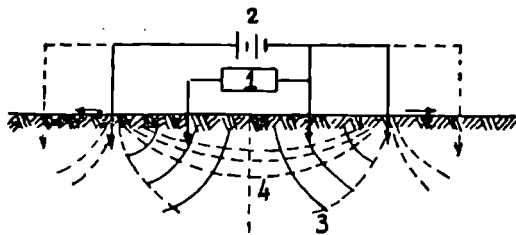
გეოფიზიკური მეთოდები დადებით შედეგს იძლევიან ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავებული ქანების შესწავლის დროს. მათი საშუალებით კარგად ავლენენ საზღვარს ფხვიერ მეოთხეულ ნალექებსა და მაღალი სიმტკიცის მქონე ძირითად ქანებს შორის, ალრიცხავენ კარსტულ სიკარილეებს, მსხვრევის ზონებს. თუ მასივში ქანების თვისებები თანდათანობით იცვლება, გეოფიზიკური მეთოდებით ამ ცვალებადობის გამოვლინება პრაქტიკულად თითქმის შეუძლებელია.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების პრაქტიკაში გეოფიზიკური მეთოდებიდან ყველაზე მეტად გამოიყენება ელექტრომეტრია და სეისმომეტრია.

ელექტროძიება დამყარებულია ქანების მასივში ხელოვნურად შექმნილი ელექტრული ველის შესწავლაზე. ცნობილია, რომ თითოეული ქანი მისთვის დამახასიათებელი ხვედრითი წინააღობის სიდიდით გამოირჩევა. ეს მაჩვენებელი განსხვავებული აქვს ერთ და იმავე ქანსაც მშრალ და წყალგაჯერებულ მდგომარეობაში. რაც უფრო მკვეთრია განსხვავება ხვედრითი წინააღობის მაჩვენებლებში, მით უფრო ზუსტია შესასწავლ უბანზე ელექტროძიების მონაცემები.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევებში იყენებენ ელექტროძიების ორ ძირითად მეთოდს: ვერტიკალურ ელექტროზონდირებას (ვეზ) და ელექტროპროფილირებას.

ვერტიკალური ელექტროზონდირებით შეიძლება განისაზღვროს ძირითადი ქანების მდებარეობის სიღრმე, მიწისქვეშა



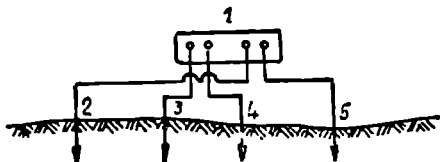
ნახ. XXXVIII.7. ვერტიკალური ელექტროზონდირების სქემა:
 1 — კოტენციომეტრი, 2 — კვების წყარო, 3 — ეკვიპოტენციური ხაზები,
 4 — ღენის ხაზები.

წყლების დონე, გამოიყოს სხვადასხვა ლითოლოგიური შედგენილობის ფენები, მათ შორის წყალგამტარი და წყალგაუმტარი ფენები და ა. შ. ამ მეთოდის არსი ის არის, რომ მკვებავ ა და ბ ელექტროდებს შორის მანძილის გაზრდის შესაბამისად დენის ხაზები სიღრმისაყენ გადაადგილდებიან (ნახ. XXVIII. 7). ელექტრული ზონდირების სიღრმე დამოკიდებულია ა და ბ წერტილებს შორის მანძილზე და საშუალოდ შეადგენს ამ მანძილის ერთ მესამედს ან ერთ მეოთხედს. ზომავენ რა დენის ძალას მკვებავ ა და ბ ელექტროდებს შორის და პოტენცი-ალთა სხვაობას მიმღებ გ და დ ელექტროდებს შორის, საზღვრავენ ქანების ელექტრული წინააღობის მნიშვნელობებს. ამ მონაცემებით შეიძლება გეოლოგიური კრილის შედგენა, რომელზედაც მკვეთრად იქნება გამოყოფილი სხვადასხვა ელექტრული წინააღობის მქონე ქანები ან ცალკეული შრეები.

ვერტიკალური ელექტროზონდირების დროს მანძილი წერტილებს შორის დამოკიდებულია კვლევის დეტალურობასა და ნაგებობის ზომებზე, ჩვეულებრივ იგი 10-დან 50 მეტრამდე იცვლება.

ელექტროპროფილირება საშუალებას იძლევა განვიხილონებულ იქნეს ტექტონიკური რღვევები, განისაზღვროს ინტრუზიული სხეულების, კარსტული სივრცეების მდებარეობის სიღრმე, მათი ფორმა და სხვა. ელექტროპროფილირების დროს საკვლევ უბანზე იღებენ რამდენიმე ლერძის ხაზს და თითოეულ მათგანზე საზღვრავენ ქანების წინააღობას ხელსაწყოს გადაადგილებით, რომელზედაც ელექტროდების მდგომარეობა ფიქსირებულია (ნახ. XXXVIII.8). ეს საშუალებას იძლევა მივიღოთ ინფორმაცია უბანზე ჰვედრითი წინააღობის ცვლილებების შესახებ, რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს სიღრმეში ანომალური უბნების (კარსტული სივრცეების) არსებობით.

ნახ. XXXVIII.8. ელექტროპროფილირების სქემა: 1—ხელსაწყო, 2—5—ელექტროდები.



სეისმოძიება საინჟინრო-გეოლოგიურ პრაქტიკაში ჯერჯერობით შედარებით ნაკლებად გამოიყენება. ამის მიზეზია სეისმური კვლევების მეთოდის და კვლევებისათვის საჭირო აპარატურის სირთულე. უკანასკნელ დრომდე სეისმოძიებაში იყენებდნენ დიდი ზომის სტაციონარულ დანადგარებს, რომლებიც საჭიროებდნენ სპეციალურ მომსახურე პერსონალს და ამასთან იკვლევდნენ ქანებს დიდ სიღრმეებზე, რაც ჩვეულებრივ საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოებისათვის არ იყო საჭირო.

ბოლო წლებში შექმნილია პორტატიული სეისმური აპარატები მცირე სიღრმეების შესასწავლად. სეისმური მეთოდის გამოყენება დაწყებულია იმ პრინციპზე, რომ სხვადასხვა შედგენილობის ქანებში დრეკადი ტალღის გავლის სიჩქარე სხვადასხვაა. ტალღების გამოწვევა ხდება ხელოვნურად, მცირე ძალის აფეთქებებით. სპეციალური მიკროსეისმური დანადგარები აღრიცხავს რხევების გავრცელებას ყველა მიმართულებით, განსაკუთრებით სიღრმეში. ტალღის გავრცელების სიჩქარის მკვეთრად შეცვლა უტყუარად მიუთითებს კონტაქტზე, რომელიც ერთმანეთისაგან ჰყოფს სხვადასხვა შედგენილობისა და მდგომარეობის ქანებს.

XXVIII.6. ქანების თვისებების შესწავლა სხვადასხვა პირობებში

ქანების თვისებების შესწავლა ბუნებრივ პირობებში გაცილებით უფრო ზუსტ მონაცემებს იძლევა, ვიდრე ცალკეული ნიმუშების ლაბორატორიული კვლევა, რადგან სხვადასხვა პირობებში მხედველობაში მიიღება ბუნებრივი გარემოს ყველა თავისებურება, რომელიც შეიძლება მეტნაკლებ გავლენას ახდენდეს ტერიტორიის შეფასებაზე სამშენებლო თვალსაზრისით. ქანების თვისებების კვლევა სხვადასხვა პირობებში ტექნიკურად შრომატევადი სამუშაოა და შემსრულებლის მაღალ კვალიფიკაციას მოითხოვს: ამასთან, საჭიროებს ზოგჯერ საკმაოდ რთულ აპარატურას, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, ეს მეთოდი სულ უფრო მეტად მკვიდრდება საინჟინრო-გეოლოგიურ კვლევებში, სრულყოფილი ხდება და იზრდება მისი გამოყენების სფერო. სხვადასხვა პირობებში ქანების კვლევას საცდელ სამუშაოებს უწოდებენ. საცდელი სამუშაოების დიდი უპირატესობა კიდევ ის არის, რომ რიგ შემთხვევებში ისინი საგრძნობლად ამცირებენ საძიებო გამონამუშევრების რიცხვს, რაც, ცხადია, უფრო ეკონომიურს ხდის საინჟინრო-გეოლოგიურ კვლევებს.

სხვადასხვა საცდელ სამუშაოებს ძირითადად მიმართავენ შემდეგი საკითხების შესწავლის მიზნით:

1. მსხვილნატეხიანი, ნაპრალოვანი და სხვა ტიპის ქანების ფილტრაციული თვისებების განსაზღვრა (საცდელი ჩატუმბვები და ამოტუმბვები).

2. ქვიშიან-თიხიანი ქანების დეფორმაციული მახასიათებლების დადგენა (საცდელი დატვირთვები, პრესიომეტრია).

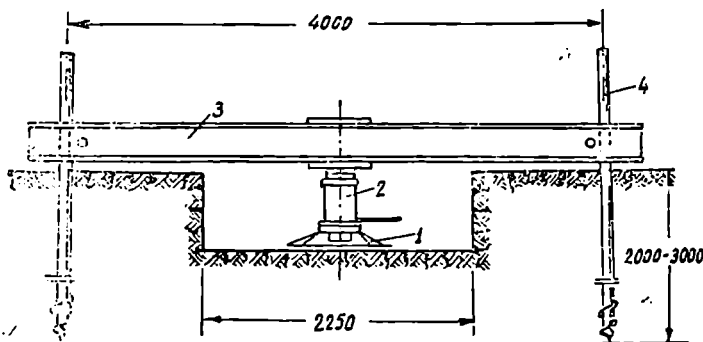
3. ქანების სიმტკიცის მახასიათებლების დადგენა და გეოლოგიური კრილების დეტალური დანაწევრება (საცდელი ძვრები, ზონდირება).

სხვადასხვა საცდელი ჰიდროგეოლოგიური სამუშაოები აღწერილი

იყო XVI თავში, ამიტომ მასზე აქ აღარ შეეჩერდებით. მოკლედ გავაშუქებთ მხოლოდ ქანების დეფორმაციული და სიმტკიცის მახასიათებლების საველე შესწავლის შინაარსს და მეთოდებს.

ს ა ც დ ე ლ ი დ ა ტ ვ ი რ თ ვ ე ბ ი. საცდელი დატვირთვების დაწინაურებაა ნაგებობის საძირკვლის გრუნტის ამტანუნარიანობის განსაზღვრა სტატიკური დაწოლის პირობებში. ამ დროს დასაპროექტებელი წონის მხედველობაში მიღებით საჭიროა გაირკვეს, თუ რამდენად შეუძლია გრუნტს სტრუქტურის დაურღვევლად გაუძლოს მშენებლობით გამოწვეულ სტატიკურ ან დინამიკურ დატვირთვებს. საცდელი დატვირთვები ტარდება შურფებსა და ქაბურღილებში, ხოლო ნაგებობის აგების პროცესში — სამშენებლო ქვაბულებში. სპეციალური კვადრატული ან წრიული კვეთის შ ტ ა მ პ ე ბ ი თ ახდენენ დატვირთვის გაზრდას გრუნტის გარკვეულ ფართობზე წნევის თანდათანობით, საფეხურებად მომატების გზით. უმატებენ წნევას და აკვირდებიან გრუნტის ჯდომის სტაბილიზაციას თითოეული საფეხურის დატვირთვაზე მანამ, სანამ შტამპის ქვეშ გრუნტი არ დაიშლება. ცდის მონაცემების მიხედვით ადგენენ დატვირთვისა და გრუნტების ჯდომას შორის დამოკიდებულების გრაფიკს. საცდელი დატვირთვების საშუალებით განისაზღვრება გრუნტების დეფორმაციის მოდულის რიცხობრივი მნიშვნელობა, აგრეთვე ლიოსური ქანების ჯდომადობის სიდიდე. საცდელი დატვირთვის ხელსაწყოს სქემატური სურათი მოცემულია XXXVIII.9 ნახაზზე.

პ რ ე ს ი ო მ ე ტ რ ი ა. მშენებლობის მასშტაბების გაზრდა, დიდი ზომისა და მრავალსართულიანი, რთული კონსტრუქციების მქონე შე-



ნახ. XXXVIII.9. შურფში სტატიკური დატვირთვის ქვეშ გრუნტების გამოსადეგი დანადგარის სქემა:

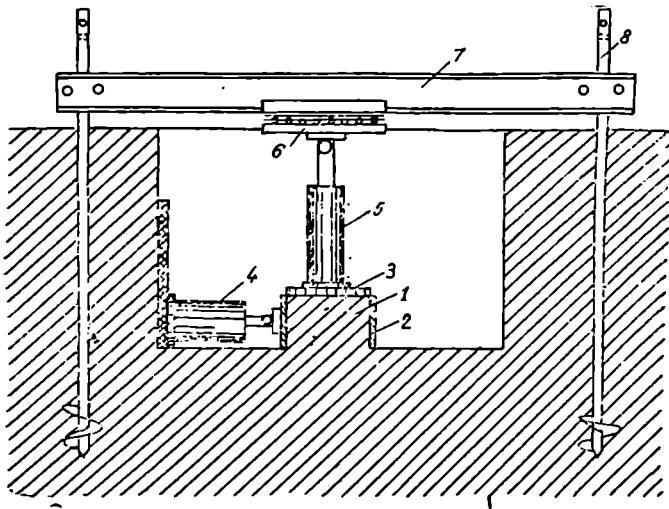
1—მრგვალი შტამპი (ფართობი 5000 სმ²), 2—ჰიდრაულიკური დომკრატი, 3—ვრძივი საყრდენი ბელო, 4—ზრახნიანი ანკერული ხიმინჯაზი.

ნობების აგება საჭიროებს გრუნტების დეფორმაციული თვისებების დადგენას გაცილებით უფრო მეტ სიღრმეებზე, ვიდრე ეს შესაძლებელია შურფებში საცდელი დატვირთვებით. ამასთან, შტამპებით საცდელი დატვირთვები საკმაოდ შრომატევადი პროცესია და მისი შეცვლა შესაბამისად სრულყოფილი ხერხით, რომელიც მოგვცემს დასაბუთებულ ინფორმაციას საძირკვლის გრუნტების მექანიკური თვისებების შესახებ, მნიშვნელოვანი პრაქტიკული ამოცანაა. ერთ-ერთი ასეთი, შედარებით ახალი მეთოდია პ რ ე ს ი ო მ ე ტ რ ი ა, ანუ ქანების მექანიკური თვისებების განსაზღვრა ჰაბურლილებში სპეციალური ხელსაწყოთი — პრესიომეტრით. იგი გამოიყენება ქვიშიან-თიხიან და ხრეშიან-თიხიან ქანებში. ამ დროს განისაზღვრება ჰაბურლილის კედლებზე წნევის ზემოქმედების შედეგად გამოწვეული ქანის დეფორმაციის სიდიდე. ჰაბურლილში საკვლევ სიღრმეზე უშვებენ სამ კამერად გაყოფილ ელასტიკურ კედლებიან ცილინდრს და სპეციალური მოწყობილობით გადასცემენ საჭირო წნევას. წნევას უმატებენ თანდათანობით და პერიოდულად ხდება დეფორმაციის სიდიდეების გაზომვა. წნევის, სამუშაო კამერის მოცულობის ნაზრდისა და გვერდითი გაფართოების კოეფიციენტის მიხედვით ანგარიშობენ ქანის დეფორმაციის მოდულს.

ს ა ც დ ე ლ ი ძ ვ რ ე ბ ი. როდესაც საჭიროა არაერთგვაროვანი ქანების სიმტკიცის მაჩვენებლების განსაზღვრა, მაგრამ შეუძლებელია დაუშლელი სტრუქტურის ნიმუშის აღება, მიმართავენ საცდელი ძვრების ჩატარებას ქანის ბუნებრივი წოლის პირობებში. მიღებულ სიმტკიცის მაჩვენებლებს (შეჭიდულობის სიდიდეს და შიგა ხახუნის კუთხეს) იყენებენ ნორმატიული წნევის გამოსაანგარიშებლად შენობების და ნაგებობების დაპროექტების დროს. ცდებს ძვრაზე ატარებენ შურფებში ან ჰაბურლილებში.

შედარებით მდგრად ქანებში ამ სახის საცდელ სამუშაოებს შურფებში ატარებენ. XXXVIII.10 ნახაზზე მოცემულია ცდის მსვლელობის სქემა ქანის მთელანისა და ქანის პრიზმის ძვრით. ცდების სერიების ჩატარებით სხვადასხვა ვერტიკალური დატვირთვის დროს აგებენ ძვრის დიაგრამას მძვრელი დაძაბულობისა და ნორმალური წნევის მონაცემების მიხედვით.

ერთგვაროვანი ლამისებრი და პლასტიკური თიხების სიმტკიცის მაჩვენებლების გაზომვა, თუ ეს თიხები არ შეიცავს მსხვილ ჩანართებს და 20 მ-ზე ღრმად არ მდებარეობს, ხდება ძვრის საზომი ფრთოვანით. ამ ხელსაწყოთი ზონდირებისათვის საჭირო დანადგარების სქემა მოცემულია XXXVIII.11 ნახაზზე. მეთოდის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ხელსაწყოს სამუშაო ნაწილს, რომელიც ღერძზე დამაგრებული ორი ან ოთხი ფრთისაგან შედგება, არკობენ ჰაბურლილის



ნახ. XXXVIII.10. ქანის მთელანის ძვრაზე წინაღობის განსაზღვრა (დანადგარის სქემა:

1—ქანის მთელანა, 2—გარსაკრი, 3—შტამპი, 4—პორიზონტალური ღომკრავი დინამომეტრით, 5—ვერტიკალური ღომკრავი დინამომეტრით, 6—ბრტყული ბურთულა გარსაკრი, 7—საყრდენი ძელი, 8—ხრახნიანი ხიმინჯები.

სანგრევეში ან კედელში და გარკვეული ძალის მიყენებით ღერძის გარშემო შემობრუნებენ. ფრთების შემობრუნებისას განსაზღვრავენ მბრუნავ მომენტს. ამ სიდიდისა და ფრთების ზომის მიხედვით გამოითვლიან ძვრის წინაღობას ფორმულით

$$\tau = \frac{M}{1,57d^2 \left(h + \frac{d}{3} \right)} \text{ კგ/სმ}^2,$$

სადაც

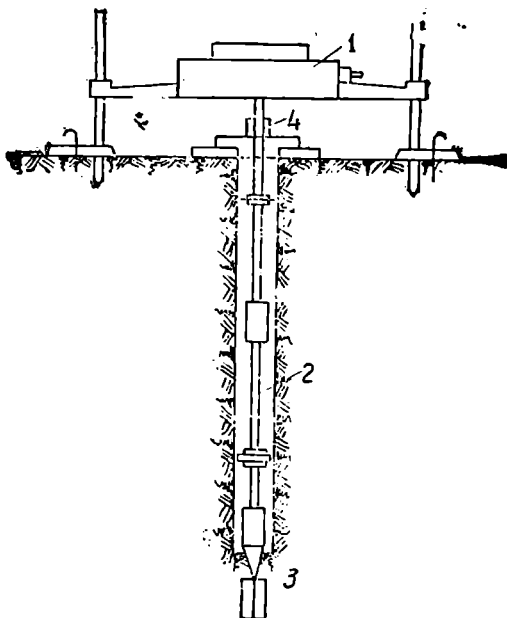
M მბრუნავი მომენტი, d — ბრუნვის ცილინდრის დიამეტრი (ერთი ფრთის ორმაგი სიგანე), h — ბრუნვის ცილინდრის სიმაღლე.

ჩვეულებრივად, ფრთოვანები კონსტრუქციულად ისე მზადდება, რომ $h=2d$, მაშინ

$$\tau = \frac{M}{3,66d^3} \text{ კგ/სმ}^2.$$

ფრთოვანას გამოყენება, გარდა ჰაბურლილისა, შეიძლება შურფში და გაშიშვლებაზეც.

ზონდირება (პენეტრაცია). საინჟინრო-გეოლოგიური ძიების დროს ქვიშიან-თიხიანი ქანების სიმტკიცის თვისებების კვლევით, სათვის ხშირად მიმართავენ ზონდირებას ანუ პენეტრაციას. მეთოდის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ განვსაზღვროთ, თუ რა წინააღმდეგობას უწევს გრუნტი მასში ზონდის ჩარჭობას. ზონდირება წარმოდგება



ნახ. XXXVIII.11. ფრთოვანი ზონდის სქემა:

1—ოპერატიული მავიდა, 2—შტანგა, 3—ფრთოვანი ბუნკი, 4 — საკიდარი.

ნას იძლევა გრუნტის სიმკვრივესა და სიმტკიცეზე ამა თუ იმ სიღრმეზე და შეიძლება დაახასიათოს ამ მაჩვენებლების ცვლილება სიღრმის მიხედვით.

ზონდის წვეროს გრუნტში ჩარჭობის ხერხის მიხედვით იყენებენ ორი სახის ზონდირებას: დინამიურსა და სტატიურს. დინამიური ზონდირების დროს ზონდის ჩარჭობა ხდება გარკვეული სიმაღლიდან სტანდარტული ტვირთის დარტყმების სერიით. გრუნტების სიმკვრივე და სიმტკიცე ხასიათდება დარტყმების რიცხვით, რომლებიც საჭიროა ზონდის განსაზღვრულ სიღრმემდე ჩასარჭობად. სტატიური ზონდირების დროს ქანში ზონდის წვეტი ერჭობა დაწოლით. ამ

შემთხვევაში საკვლევი ქანის სიმკვრივესა და სიმტკიცეს განსაზღვრავს ზონდის ჩასარქობად საჭირო დაწოლის სიღიღე. ამ მონაცემების მიხედვით აიგება მრუდები, რომლებიც გვიჩვენებს, თუ როგორი სიმკვრივისა და სიმტკიცის ფენებისაგან არის აგებული საკვლევი უბანი.

ზონდირების მეთოდი საკმაოდ სწრაფია და მისი გამოყენება შეიძლება საძიებო გამონამუშევრების გაყვანის გარეშე. იმისათვის, რომ დაადგინონ სამშენებლო მოედანზე გრუნტების თვისებები, ამ მეთოდით ცდას რამდენიმე წერტილში ატარებენ. ცხადია, რაც უფრო ხშირია დაკვირვებათა წერტილები, მით ზუსტი და საიმედოა მიღებული მონაცემები.

XXXVIII.7. სტაციონარული საინჟინრო-გეოლოგიური დაკვირვება

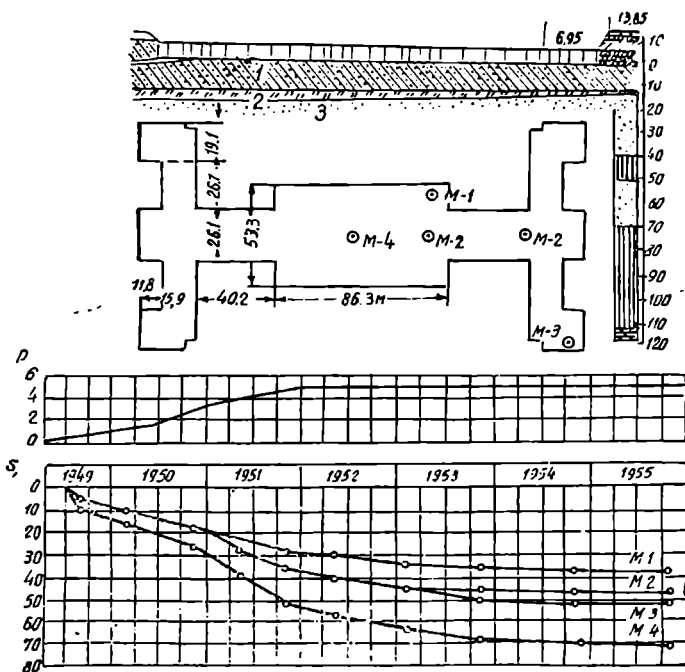
სტაციონარული დაკვირვებანი ტარდება მრავალფეროვან გეოლოგიურ გარემოში და მათ სხვადასხვა მიზნობრივი დანიშნულება აქვთ, ამიტომ თითოეულ კონკრეტულ შემთხვევაში უნდა შევიმუშაოთ ამ დაკვირვებათა სპეციალური პროგრამა. სტაციონარული დაკვირვებანი შეიძლება ტარდებოდეს: 1. ფიზიკურ-გეოლოგიური პროცესების განვითარების დასადგენად, 2. ნაგებობათა დეფორმაციის სიღიღის სარეგისტრაციოდ, 3. მიწისქვეშა წყლების რეჟიმზე დაკვირვებისათვის.

ფიზიკურ-გეოლოგიური პროცესებიდან დაკვირვებისათვის ისეთი პროცესები შეირჩევა, რომლებიც გამოვლინების მეტნაკლები ხანგრძლივობით ხაზიათდება: მეწყრები, გამოფიტვა, ლიოსური ქანების ჯდომები. მეწყრულ ფერდობებზე დაკვირვებისათვის აწყობენ ზედაპირული და სიღრმული რეპერების ბადეს. მათ მდებარეობას ზომავენ რომელიმე მდგრადი წერტილიდან გეოდეზიური ხელსაწყობების საშუალებით. რეპერებს ამაგრებენ მეწყრული ნაპრალების ორივე მხარეს და აღრიცხავენ ნაპრალის გახსნის სიჩქარეს. გამოფიტვის სიჩქარეზე დაკვირვებისათვის ირჩევენ მცირე ფართობის მოედნებს — სადგურებს, მოაცილებენ გამოფიტულ ქანს და დროის გარკვეულ ინტერვალში, რომელიც დამოკიდებულია ქანის გამოფიტვის ინტენსიურობაზე, აკვირდებიან ქანის სახეცვლის ხასიათს. ზოგჯერ ამოჭრიან ქვაბულს და აკვირდებიან ქანების გამოფიტვის მიმდინარეობას ქვაბულის ფსკერსა და კედლებში.

ლიოსური ქანების ჯდომის სიღიღეს ზომავენ წინასწარ შერჩეულ უბნებზე, სადაც ხდება ლიოსების საცდელი დასველება. ჯდომის ინტენსიურობას და მის გავრცელებას დროში ამოწმებენ სხვადასხვა სიღრმეზე განლაგებული რეპერებით.

ნაგებობათა ჯდომებსა და დეფორმაციებზე სტაციონარული დაკვირვებანი ტარდება ან დეფორმაციების ნიშანთვისებათა პერიოდული

აღწერით (ნაპრალების წარმოქმნა-გაფართოება, ნაგებობათა ან მათი ცალკეული კონსტრუქციული ელემენტების თვალთ შესამჩნევი გადახრა), ან რეგულარული ინსტრუმენტული დაკვირვებებით, რომელიც წარმოებს ნაგებობათა კონსტრუქციულ ელემენტებში მყარად ჩამაგრებულ სპეციალურ ლითონის ღეროებზე — მარკებზე. ატარებენ ამ მარკების პერიოდულ ნიველირებას. მიღებულ მონაცემებს გამოხატავენ გრაფიკულად. ზოგჯერ ასეთ დაკვირვებებს იწყებენ მშენებლობის პროცესშივე გრუნტზე წნევის თანდათანობით გაზრდის შესაბამისად. XXXVIII.12 ნახაზზე გამოსახულია ასეთი გრაფიკი და მარკების განლაგების სისტემა, რომელიც გამოყენებულ იქნა მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მშენებლობის და ექსპლუატაციის პირველ წლებში. ასეთი გრაფიკები საშუალებას იძლევიან ჯდომის საანგარიშო სიდიდეები დავუპირისპიროთ ჭეშმარიტ სიდიდეებს.



ნახ. XXXVIII.12. მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საძირკვლის დაჯდომის გრაფიკები და დაკვირვების წერტილების განაწილება (ასო M-ით აღნიშნულია მარკები).

ლაბორატორიულ-კამერალური საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები

XXXIX.1. კანაზისა და ვინისკვავა წყლის შედგენილობისა და თვისებების ლაბორატორიული შესწავლა

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების კომპლექსში მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს ლაბორატორიულ სამუშაოებს. ლაბორატორიულ სამუშაოთა შედეგად მიღებული ინფორმაცია ქანების სამშენებლო თვისებების განსაზღვრისა და საერთოდ საინჟინრო-გეოლოგიური დასკვნების არსებითი შემადგენელი ნაწილია. ციფობრივი მონაცემები, რომლებიც ლაბორატორიაში მიიღება, ქანების თვისებების რაოდენობრივი შეფასების მთავარ პირობას წარმოადგენს. უნდა აღინიშნოს, რომ რაოდენობრივი მაჩვენებლების დადგენა სავსე პირობებშიაც შეიძლება სავსე საინჟინრო-გეოლოგიური ლაბორატორიების გამოყენებით.

როგორც პროფ. ნ. კოლომენსკი აღნიშნავს, ლაბორატორიული კვლევები საჭიროა შემდეგი ამოცანების გადასაწყვეტად:

1. ქანების გეოლოგიური შესწავლა (მინერალური, ქიმიური შედგენილობა და ა. შ.);
2. ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების საკლასიფიკაციო მაჩვენებლების დადგენა;
3. ქანების ფიზიკურ-ტექნიკური თვისებების საანგარიშო მაჩვენებლების განსაზღვრა, ნაგებობათა მდგრადობისა და ექსპლუატაციის ხანგრძლივობის გაანგარიშების მიზნით;
4. ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების განსაზღვრა ამ თვისებათა გაუმჯობესების ღონისძიებათა რაციონალური შერჩევისათვის.

ქანების ნიმუშების ლაბორატორიული კვლევები იძლევა ამ ქანების ხარისხობრივ და რაოდენობრივ მაჩვენებლებს. ზოგი მათგანი უშუალოდ გამოხატავს ქანის თვისებას (სიმტკიცე, ძერის წინალობა, წყალშედწევადობა და სხვა) და მათ იყენებენ ამა თუ იმ გაანგარიშების დროს. სხვა მაჩვენებლები იძლევა მხოლოდ ქანის შედგენილობისა და მდგომარეობის დახასიათებას (მინერალური და გრანულომეტრიული შედგენილობა, გამოფიტვის ხარისხი).

ლაბორატორიული ანალიზების სახეობა და რაოდენობა დამოკიდებულია ქანების შედგენილობაზე და თვისებებზე, აგრეთვე კვლევების დანიშნულებაზე და დეტალურობაზე. ანალიზების ძირითად ნუსხაში

ქანების ძირითადი ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები

მაჩვენებლების ჯგუფების დასახელება	მაჩვენებლები	აღნიშვნა
ნივთიერი შედგენილობა	<ol style="list-style-type: none"> 1. მინერალური შედგენილობა 2. ქიმიური შედგენილობა 3. ორგანული შედგენილობა 4. ჩანართები, მინარევეები 5. ახალწარმონაჭმენები (შედგენილობა), მარილების შემცველობა 6. ცემენტის შედგენილობა 	
ქანების სტრუქტურისა და ტექსტურის მაჩვენებლები	<ol style="list-style-type: none"> 1. გრანულომეტრიული შედგენილობა 2. ფორიანობა, ფორიანობის კოეფიციენტი, სიმკვრივის ხარისხი 	n, ε, D
ფიზიკური მდგომარეობა	<ol style="list-style-type: none"> 1. ბუნებრივი ტენიანობა 2. პლატიკურობის ზღვრები და რიცხვი 3. ტენიანობის ხარისხი 4. კონსისტენციის კოეფიციენტი 5. გამოფრტვის ხარისხი 	W W_p, W_T, W_n G B
ფიზიკური და წყლოვანი თვისებების მაჩვენებლები	<ol style="list-style-type: none"> 1. მოცულობითი წონა 2. მოცულობითი წონა წყალში 3. კუთრი წონა 4. ფილტრაციის კოეფიციენტი 5. ხსნადობა 6. წყალში დაღობა 7. გაჭირჭევა 8. წებულობა 9. წყალგაცემა 	γ γ_t Δ K $—$ $—$ H S W_B
კექშეადობა	<ol style="list-style-type: none"> 1. კომპრესია 2. ჯდომის მოდული 3. საერთო დეფორმაციის მოდული 4. დრეკადობის მოდული 5. პუასონის კოეფიციენტი 	$—$ $—$ E E_0 μ
მექანიკური სიმტკიცე	<p>თიხიანი ქანებისათვის</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ძვრის წინაღობა 2. შექიდულობა და შიგა ხახუნის კუთხე <p>ქვიშიანი ქანებისათვის</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ძვრის საერთო წინაღობა 2. ბუნებრივი დაფერღების კუთხე <p>კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანებისათვის</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. დროებითი წინაღობა კუმშვაზე (ყველა ქანისათვის) 2. ბუნებრივი დაფერღების კუთხე 	τ $c\varphi$ τ α R ξ

შედის ნივთიერი შედგენილობის, სტრუქტურული მაჩვენებლებისა და მექანიკური სიმტკიცის განსაზღვრა.

ანალიზის თითოეული სახის შინაარსი ქანების ცალკეული სახესვაობებისათვის მოცემულია მოქმედ ინსტრუქციებსა და სახელმძღვანელოებში.

მიწისქვეშა წყლების ლაბორატორიული შესწავლა შეიძლება ტარდებოდეს ჰიდროგეოლოგიური და საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევებისათვის. პირველ შემთხვევაში ანალიზების რაოდენობა და მოცულობა უფრო მეტია და მათი მიზანია წყლის მინერალურ-ქიმიური ბუნების გამოვლენა როგორც მოხმარებისათვის, ასევე მიწისქვეშა წყლების ფორმირების პირობების დასადგენად, რეგიმის საკითხების შესასწავლად და სხვა. საინჟინრო-გეოლოგიურ კვლევებში დიდი ყურადღება ექცევა წყლის აგრესიულობის დადგენას, აგრეთვე მასში მინერალური, ორგანული და აირული მინარევების განსაზღვრას.

XXXIX.1 ცხრილში მოცემულია ქანების ძირითადი ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები, რომელთა განსაზღვრა ლაბორატორიული სამუშაოებით არის გათვალისწინებული.

XXXIX.2. აეროფოტოგრაფიის გამოყენება

აეროფოტომეთოდები სულ უფრო მეტად იკიდებს ფეხს გეოლოგიის სხვადასხვა დარგში.

აეროფოტოაგეგმვის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ სპეციალური აპარატურის დახმარებით თვითმფრინავიდან შექმგრძნობიარე ფირზე იღებენ ადგილმდებარეობის ფოტოგრაფიულ გამოსახულებას. ასეთი გამოსახულება შეიცავს საინჟინრო-გეოლოგიური ინფორმაციის განსაზღვრულ მოცულობას. აეროსურათიდან ამ ინფორმაციის მიღება საინჟინრო-გეოლოგიური გაშიფვრის ამოცანას წარმოადგენს.

აეროფოტოსურათების გაშიფვრა საშუალებას იძლევა წინასწარი წარმოდგენა ვიქონიით შესასწავლი ტერიტორიის საინჟინრო-გეოლოგიურ პირობებზე. გაშიფვრა ტარდება ჩვეულებრივად აგეგმვის წინ ან მის პარალელურად და მნიშვნელოვნად აჩქარებს საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვის პროცესს. ამ სამუშაოს სჭირდება სპეციალური ცოდნა და გამოცდილება.

კამერალურ პირობებში აეროფოტომასალების გაშიფვრისას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა რელიეფის შემადგენელ ისეთ კომპონენტებს, რომლებიც საინტერესოა საინჟინრო-გეოლოგიურ თვალსაზრისით. რაც უფრო მსხვილია აეროფოტოაგეგმვის მასშტაბი. მით უფრო დეტალურად შეიძლება თანამედროვე გეოლოგიური პროცესების გამომხატველი ელემენტების ფიქსირება. მაგალითად, აერო-

ფოტომასალებზე კარგად აღიბეჭდება მეწყრული რელიეფი, ეროზიული და აბრაზიული პროცესები, კარსტული ზედაპირული ფორმები და სხვა. აეროფოტომასალების კვალიფიციური დამუშავება დიდად უწყობს ხელს საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების რაციონალურად წარმართვას.

XXXIX.3. საინჟინრო-გეოლოგიური ანგარიშისა და დასკვნის
შედეგადა

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ყველა შედეგი თავს იყრის საინჟინრო-გეოლოგიურ ანგარიშში, რომელიც ამ კვლევების დასკვნით ეტაპს წარმოადგენს.

საინჟინრო-გეოლოგიური ანგარიშის შინაარსი და მოცულობა დამოკიდებულია დაპროექტების სტადიაზე და შესაბამისად საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების დეტალურობაზე, მშენებლობის ტიპსა და სირთულეზე.

ანგარიში ჩვეულებრივ შედგება ოთხი ნაწილისაგან: ზოგადი, სპეციალური, გრაფიკული დანართები და საინჟინრო-გეოლოგიური ბართი.

ზოგად ნაწილში მოცემულია საერთო ცნობები საკვლევი რაიონის შესახებ, მისი ფიზიკურ-გეოგრაფიული ნარკვევი, აქვე არის დახასიათებული რაიონის გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობები, ბუნებრივი გეოლოგიური პროცესები, რაიონში გამოვლინებული სასარგებლო წიაღისეული.

სპეციალური ნაწილის ცალკეულ თავებში აღწერილია დასაპროექტებელ ნაგებობათა კონსტრუქციები, მშენებლობის მოთხოვნები ბუნებრივი პირობების მიმართ, კვლევის მეთოდოლოგია, ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლის შედეგები, ნაგებობის მშენებლობისა და ექსპლუატაციის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობები. მოცემულია ცალკეული სამშენებლო მოედნების დახასიათება და ერთმანეთთან შედარება.

ანგარიშის ბოლოს მოცემულია დასკვნები ცალკეული ნაწილების მიხედვით და აგრეთვე გამოყენებული ლიტერატურა. ანგარიშს თან ახლავს გრაფიკული მასალა (რუკები, პრილები, საძიებო გამონამუშევართა სვეტები), ცხრილები, გრაფიკები, სქემები, ფოტომასალა და სხვა.

იმ შემთხვევაში, როდესაც საინჟინრო-გეოლოგიური ანგარიში სრულდება მსხვილი ნაგებობებისა და სამშენებლო ობიექტებისათვის, ან საკვლევი ტერიტორია დიდად, ანგარიშის ტექსტი მნიშვნელოვანი მოცულობისაა. ამის გამო ნაგებობათა პროექტს თან ერთვის არა

მთლიანად ეს ანგარიში, არამედ საინჟინრო-გეოლოგიური ბარათი, რომელიც შეიცავს ბუნებრივი პირობების მოკლე აღწერას და ძირითად დასკვნებს.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების პრაქტიკაში ხშირად დიდი მოცულობის ანგარიშების ნაცვლად ადგენენ საინჟინრო-გეოლოგიურ დასკვნებს, რომელიც შეიცავს ყველა საჭირო ინფორმაციას სამშენებლო ობიექტის გეოლოგიური პირობების შესახებ. საინჟინრო-გეოლოგიური დასკვნები ძირითადად შეიძლება მოიცავდეს სამ საკითხს: 1. ობიექტის მშენებლობის პირობებს, 2. ნაგებობათა დეფორმაციის მიზეზებს, 3. ექსპერტიზას. პირველ შემთხვევაში დასკვნას შემოკლებული საინჟინრო-გეოლოგიური ანგარიშის სახე აქვს. დასკვნები სამშენებლო ობიექტის დეფორმაციის მიზეზების შესახებ სხვადასხვა შინაარსისა და მოცულობისაა. მათ საფუძვლად უდევს ადრე ჩატარებული კვლევების, აგრეთვე ობიექტის ადგილზე შემოწმების მასალები. დასკვნებში მკაფიოდ უნდა იქნეს გამოვლინებული დეფორმაციის ყველა შესაძლო მიზეზი და დასაბუთებული მათი თავიდან აცილების გზები. საინჟინრო-გეოლოგიური ექსპერტიზა ტარდება მსხვილი, მნიშვნელოვანი ნაგებობებისათვის. ექსპერტიზის შესადგენად იწვევენ ცნობილ სპეციალისტებს, რომლებიც ამოწმებენ ჩატარებული კვლევების მეტოდურ სისწორეს, მათი მოცულობის საკმარისობას, დასკვნებისა და რეკომენდაციების მართებულობას, ავარიის და გართულებათა მიზეზებს, მათი აღმოფხვრის რაციონალურ გზებს და ა. შ.

ზოგჯერ ექსპერტიზისათვის არსებული კვლევის შედეგები არ არის საკმარისი და საჭირო ხდება დამატებითი, სპეციალური სამუშაოების ჩატარება გარკვეულ ვადებში. ექსპერტიზა უნდა იძლეოდეს ამომწურავ პასუხებს დასმულ კითხვებზე და შეიცავდეს კონკრეტულ, სათანადოდ დასაბუთებულ რეკომენდაციებს.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები სხვადასხვა სახის მზენებლობასთან დაკავშირებით

XL ტ ა ვ ი

მზენებლობის დაპროექტების სტადიები

მზენებლობის პროექტის შესამუშავებლად ინჟინერ-დამპროექტებელმა უნდა იცოდეს მონაცემები სამზენებლო ტერიტორიის ბუნებრივი პირობების შესახებ, რომლებიც უნდა გაითვალისწინოს დაპროექტების ამა თუ იმ სტადიაზე. ამ მონაცემების შეგროვება და ანალიზი ხდება დაპროექტების ცალკეული სტადიების შესაბამისი საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების საფუძველზე. კვლევების შინაარსი და შესრულების მეთოდები განისაზღვრება იმ საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესებით, რომელთა გამოვლინება მოსალოდნელია ნაგებობათა მზენებლობისა და ექსპლუატაციის დროს. საინჟინრო ნაგებობის პროექტის დამუშავება რამდენიმე სტადიისაგან შედგება. საწყის სტადიაში პროექტს ამუშავებენ ზოგად მონახაზებში. თითოეულ მომდევნო სტადიაზე ზუსტდება ნაგებობის მდებარეობა, მისი კოორდინატები და მზენებლობის მეთოდები. სტადიების რიცხვი დამოკიდებულია დასახული ამოცანის სირთულეზე და მზენებლობის ტექნიკურ შესაძლებლობებზე.

მზენებლობის ცალკეული სახისათვის შემუშავებული და დამტკიცებულია სამზენებლო ნორმები და წესები. ამ წესებში ცალკეული საკითხების დამუშავების ხარისხი განსხვავებულია, მაგრამ დაპროექტების ერთი და იმავე სტადიისათვის დადგენილია საინჟინრო-გეოლოგიურ კვლევათა დეტალურობის მსგავსი პრინციპული მოთხოვნები და საკითხთა დაახლოებით ერთი და იგივე ჯგუფი, რომლებზედაც საჭიროა ამომწურავი პასუხის გაცემა. საკითხთა ამ ჯგუფში ძირითადია დასაპროექტებელი ნაგებობის ბუნებრივ გარემოსთან ურთიერთქმედების პროგნოზი.

წინა წლებში დაპროექტების სტადიების რაოდენობა გაზრდილი იყო, რაც, შესაბამისად, იწვევდა მზენებლობის დროის გახანგრძლივებას. შემდგომში მზენებლობაში ახალი ინდუსტრიული მეთოდების დანერგვამ, მეცნიერულ-ტექნიკურმა პროგრესმა, რომელმაც სახალხო მეურნეობის ყველა სფერო და მათ შორის მზენებლობაც მოიცვა, შესაძლებელი გახადა დაპროექტების სტადიების შემცირება და, შესაბამისად, მზენებლობის ტემპების გაზრდა. მზენებლობის დაპროექტე-

ბის ძირითადი სტადიებია: 1. ტექნიკურ-ეკონომიკური მოხსენება ან ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება; 2. საპროექტო მოცემულობა; 3. ტექნიკური პროექტი; 4. სამუშაო დაპროექტება (სამუშაო ნახაზები). ზოგიერთი სახის მშენებლობაში შესაძლებელია დაპროექტების ერთ-ერთი სტადია ამოღებულ იქნეს, ან გაერთიანდეს ორ ერთმანეთის მომდევნო სტადიად.

ტექნიკურ-ეკონომიკური მოხსენება. დაპროექტების ეს სტადია ხორციელდება მხოლოდ მსხვილი სამშენებლო ობიექტებისათვის, რომლებსაც დიდი სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა აქვთ (მაგალითად, ქალაქების, ახალი დასახლებული რაიონების, მსხვილი პიროვნერგეტიკული და სამრეწველო ობიექტების მშენებლობის დროს). ტექნიკურ-ეკონომიკური მოხსენების ძირითადი ამოცანაა მოცემული ობიექტის მშენებლობის ტექნიკური შესაძლებლობებისა და ეკონომიკური მიზანშეწონილობის განსაზღვრა. დაპროექტების ამ ეტაპზე ჩატარებულმა საინჟინრო-გეოლოგიურმა სამუშაოებმა უნდა დაასაბუთონ გარემოს ვარგისიანობა მშენებლობისათვის სამშენებლო მოედნის განლაგების სხვადასხვა ვარიანტში, რათა შექმდეთ შეირჩეს ბუნებრივი და გეოლოგიური პირობების მხრივ უკეთესი ვარიანტი. იმ შემთხვევაში, როცა დაპროექტების ეს სტადია გათვალისწინებული არ არის, ზემოაღნიშნული დანიშნულების საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაო სრულდება საპროექტო მოცემულობის სტადიაში.

საპროექტო მოცემულობის სტადია დამახასიათებელია სამრეწველო და სამოქალაქო მშენებლობისათვის. ამ შემთხვევაში განისაზღვრება წინა სტადიაში შერჩეულ სამშენებლო მოედანზე ასაგებ ნაგებობათა ტიპი, კონსტრუქციული თავისებურებანი, განლაგების რაციონალური ვარიანტი და მშენებლობის ტექნიკურად განხორციელების პირობები. საპროექტო მოცემულობის სტადია ითვალისწინებს დიდი მოცულობის როგორც სავლე, ასევე ლაბორატორიულ საინჟინრო-გეოლოგიურ სამუშაოებს. ამ დროს უნდა მივიღოთ კონკრეტული წარმოდგენა საძირკვლის გრუნტის სამშენებლო თვისებებზე, განვსაზღვროთ მისი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ყველა მახასიათებელი, რომლებიც მნიშვნელოვანია მშენებლობის თვალსაზრისით. ამ სტადიაზე ჩატარებულმა საინჟინრო-გეოლოგიურმა კვლევებმა ამოწურავად უნდა გააშუქოს ყველა საინჟინრო-გეოლოგიური საკითხი, რაც აუცილებელია დაპროექტების შემდგომი სტადიის — ტექნიკური პროექტის (ზოგჯერ სამუშაო პროექტის) შემუშავებისათვის.

ტექნიკური პროექტის სტადია. ტექნიკური პროექტის საკვანძო საკითხების დამუშავება ხდება უკვე საბოლოოდ შერჩეული და დაზუსტებული სამშენებლო მოედნის ფარგლებში. ამ დროს ითვა-

ლისწინებენ ნაგებობის ცალკეული კონსტრუქციული ელემენტების განლაგების თავისებურებებს და გარემოსთან მათ შესაძლო ურთიერთქმედებას. ძიების ამ ეტაპზე ჩატარებული საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოები შინაარსით უფრო დეტალურია და მიზნად ისახავს ცალკეული კონკრეტული ამოცანის გადაწყვეტას; მაგალითად, ნაგებობის ქვეშ განლაგებული აქტიური ზონის ფარგლებში გრუნტების თვისებების შესაძლო ცვლილებების პროგნოზს, წერტილოვანი საყრდენ-საძირკვლიანი შენობისათვის თითოეული საყრდენის ქვეშ მდებარე გრუნტების თვისებების შესწავლას და სხვა.

სამუშაო დაპროექტების სტადია. ამ სტადიისათვის საინჟინრო-გეოლოგიური საკითხები ამოწურული უნდა იყოს. მაგრამ არის შემთხვევები, როდესაც სამუშაო დაპროექტების სტადიაში, რომელიც ფაქტიურად უკვე მშენებლობის საწყის ეტაპს ემთხვევა, მაინც იქმნება საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოების ჩატარების აუცილებლობა. ეს ხდება მაშინ, როდესაც დაწყებისას წარმოიქმნება წინასწარ გაუთვალისწინებელი გართულებანი, მაგალითად, წყლის შემოჭრა სამშენებლო ქვაბულში, მშენებლობის დასაწყისშივე არათანაბარი ჯდომითი დეფორმაციების წარმოქმნა და ა. შ. სამუშაო დაპროექტების სტადიაზე დამუშავდება და ფორმდება მუშა ნახაზები, რომლებიც საფუძვლად ედება მშენებლობის პროცესს.

როგორც აღვნიშნეთ, ხშირად დაპროექტების ყველა სტადიის განხორციელება საჭირო არ არის. მაგალითად, სამრეწველო-სამოქალაქო მშენებლობისათვის ტექნიკურ-ეკონომიკური მოხსენებისა და საპროექტო მოცემულობის სტადიები ხშირად გაერთიანებულია. ასევე მიზანშეწონილად ითვლება ტექნიკური პროექტისა და სამუშაო პროექტის სტადიების ურთიერთშეთავსება, რასაც ზოგჯერ მნიშვნელოვანი სამშენებლო ობიექტისთვისაც კი მიმართავენ. დაპროექტების სტადიების შემცირება და მათი ურთიერთშეთავსება, რა თქმა უნდა, არ გულისხმობს საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების დეტალურობის დაქვეითებას.

XLI თავი

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები სამრეწველო ნაგებობათა მშენებლობისათვის

სამრეწველო ნაგებობათა მრავალფეროვნება როგორც დანიშნულების, ასევე განლაგების თავისებურების და ექსპლუატაციის პირობების თვალსაზრისით შეუძლებელს ხდის დაწესდეს საინჟინრო-გეოლო-

გიურ სამუშაოთა მოცულობის ოპტიმალური ნორმები. სამშენებლო ნაგებობათა დაპროექტება დღეისათვის უმეტესად ორ სტადიად სრულდება. პირველ რიგში მუშავდება საპროექტო მოცემულობა და შემდგომ, მის საფუძველზე, ტექნიკური პროექტი და სამუშაო ნახაზები. ამასთან, სამუშაო ნახაზების შედგენა ტექნიკური პროექტის სტადიის დასკვნით ეტაპს წარმოადგენს. ისეთ ობიექტებზე, სადაც რთული ბუნებრივი და გეოლოგიური პირობებია, შეიძლება გათვალისწინებულ იქნეს დამატებითი ძიებაც, რომელიც ადრე ჩატარებულ სამუშაოთა შემოწმებისა და დეტალიზაციისათვის იქნება საჭირო. ზემოთქმულიდან გამომდინარე, სამრეწველო ნაგებობათა მშენებლობისათვის ჩატარებული საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები იყოფა ორ ძირითად ეტაპად. პირველი ეტაპი დაკავშირებულია საპროექტო მოცემულობასთან. ამ ეტაპზე კვლევები წინასწარი ხასიათისაა, თუმცა თავისი მოცულობითა და შინაარსით ისინი საკმაოდ მრავალფეროვანია. მეორე ეტაპი ტექნიკურ პროექტსა და სამუშაო ნახაზებს შეესაბამება და აქ ჩატარებული საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები დეტალურობით და კონკრეტული მიზანდასახულობით გამოირჩევიან.

სამრეწველო ობიექტი თანამედროვე პირობებში — ეს არის სხვადასხვა დანიშნულებისა და მასშტაბის საინჟინრო ნაგებობათა ერთობლიობა. ასეთი ობიექტის მშენებლობის გეოლოგიური პირობების დასადგენად არ არის საკმარისი ძირითადი ნაგებობის სამშენებლო მოედნის შესწავლა, ასევე აუცილებელია დამხმარე ნაგებობათა მშენებლობის პირობების გამოვლინებაც. მათ განეკუთვნება: ელექტროგადამცემი ხაზები, მაგისტრალური მილსადენები, გზები, წყალსადენისა და კანალიზაციის ქსელი და სხვა. ამიტომ არის, რომ სამრეწველო ნაგებობათა საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები სამუშაოთა საკმაოდ მრავალფეროვან კომპლექსს გულისხმობს.

XLII. წინასწარი საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები

წინასწარი კვლევების ძირითადი მიზანია სამრეწველო ნაგებობის ასამშენებელი მოედნის შერჩევა. იმ შემთხვევაში, როდესაც სამშენებლო მოედანი წინასწარ უკვე განსაზღვრულია, მუშაობა უშუალოდ მასზე მიმდინარეობს.

სამშენებლო მოედნის შესარჩევად საჭირო კვლევები ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების სტადიას შეესაბამება და გულისხმობს როგორც არსებული მასალის შეგროვებას და სისტემატიზაციას, ასევე წინასწარი სავლე სამუშაოების ჩატარებას. პირველ რიგში აუცილებელია გეოლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური, გეომორფოლოგიური,

კლიმატური მასალების გაცნობა და შესწავლა. საველე სამუშაოებსა ძირითადად დაზვერვითი ხასიათისაა. ამ დროს შეისწავლიან ბუნებრივ გაშიშვლებებს, ცალკეულ გეომორფოლოგიურ ელემენტებს. თუ გაშიშვლებები არ არის და ამავე დროს მცირეა ლიტერატურული მონაცემები რაიონის გეოლოგიის შესახებ, შეიძლება გაყვანილ იქნეს რამდენიმე მცირე სიღრმის კაბურღილი ან შურფი. ზოგადი ჰიდროგეოლოგიური გარემოს შეფასების მიზნით პირველ რიგში განსაზღვრვენ მიწისქვეშა წყლების გავრცელების პირობებს, მათ რეჟიმს, განსაკუთრებით იმ მაქსიმალურ დონეებს, რომლებიც დამახასიათებელია გრუნტის წყლებისათვის. მნიშვნელოვანია სამშენებლო მოედნის წყალმომარაგებისა და დრენაჟის პირობების გარკვევა. შეგროვილი მასალა ფორმდება ანგარიშის სახით, რომელსაც თან ახლავს გეოლოგიური კრილები და სამთო გამონამუშევართა გეოლოგიური სვეტები. ეს ანგარიში ძირითადი გეოლოგიური დოკუმენტია, რომელსაც მშენებლობის ადგილის შესარჩევად იყენებენ.

წინასწარი კვლევების დროს მნიშვნელოვანი მოცულობის საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაო ტარდება შერჩეულ სამშენებლო მოედანზე. ამ სამუშაოს ძირითადი მიზანია მოედნის საინჟინრო-გეოლოგიური შეფასება. სამუშაო კომპლექსში შედის საინჟინრო-გეოლოგიური ავეგმვა, საძიებო გამონამუშევართა გაყვანა, გეოფიზიკური სამუშაოები, საველე საცდელი სამუშაოები, ლაბორატორიული და კამერალური კვლევები და საინჟინრო-გეოლოგიური ანგარიშის შედგენა.

საინჟინრო-გეოლოგიური ავეგმვა სამშენებლო მოედნის შესწავლის ძირითადი საშუალებაა. მისი მასშტაბი დამოკიდებულია ობიექტის დანიშნულებაზე და გეოლოგიური პირობების სირთულეზე, რომლის მიხედვით არჩევენ მარტივ, საშუალო სირთულისა და რთულ უბნებს. შესაბამისად, ავეგმვის მასშტაბი შეიძლება იცვლებოდეს 1 : 25 000-დან 1 : 2 000-მდე. ავეგმვის დეტალურობაზე უშუალოდ არის დამოკიდებული შესასრულებელ საველე სამუშაოთა მოცულობა.

გეოლოგიური პირობების შესწავლა პირველ რიგში გულისხმობს ქანების შედგენილობის, სიმძლავრისა და წოლის პირობების დადგენას. ამ მიზნით საველე სამუშაოების პროცესში გაჰყავთ საძიებო გამონამუშევრები, რომელთა საშუალებითაც ხდება ქანებისა და მიწისქვეშა წყლების სინჯების აღება, გრუნტის წყლების განლაგების სიღრმის დადგენა. გამონამუშევრებს იყენებენ აგრეთვე საცდელი სამუშაოებისა და სტაციონარული დაკვირვებებისათვის.

სამშენებლო მოედანზე საძიებო გამონამუშევრების განლაგება გარკვეული კანონზომიერებით ხდება. ისინი ნაწილდება საძიებო ბაღეზე ან საძიებო ხაზებზე. საძიებო ხაზები (პროფილები) ისეთ აღ-

გილებზე შეირჩევა, რომლებიც ყველაზე მნიშვნელოვანია ნაგებობათა საძირკვლის ან ცალკეული კონსტრუქციული ელემენტების განლაგების თვალსაზრისით. ერთმანეთის მეზობლად მდებარე გამონამუშევართა შორის მანძილი, გარდა აგეგმვის მასშტაბისა, დამოკიდებულია რელიეფის თავისებურებაზე და ნაგებობის ზომებზე. მსხვილმასშტაბიანი აგეგმვის დროს ეს მანძილი რამდენიმე ათეული მეტრიდან 100 მეტრამდე ცვალებადობს. მარტივი გეოლოგიური პირობებისა და ჩვეულებრივი ტიპის სამრეწველო ნაგებობის შემთხვევაში ქანების შესწავლის მაქსიმალური სიღრმე 10 მეტრია, ცალკეულ შემთხვევებში — 15—20 მეტრი. რთული პირობებისა და კაპიტალური ნაგებობის დროს კი საძიებო გამონამუშევართა ერთი მესამედი შეიძლება იყოს ისეთები, რომელთა სიღრმე 20—30 მ აღწევს. იმ შემთხვევაში, როდესაც კლდოვანი ქანები ზედაპირთან ახლოს მდებარეობენ, მათში ჭაბურღილების გაყვანა საკმარისია 0,5—1 მეტრზე. თუ კლდოვანი ქანებიდან ამოღებული კერნი მიუთითებს ამ ქანების გამოფიტვის მაღალ ხარისხზე, მაშინ ჭაბურღილი უნდა ჩაღრმავდეს მანამ, სანამ არ გამოვლინდება სალი ქანი. განსაკუთრებული დანიშნულების სამრეწველო ობიექტებისათვის (სტრატეგიული დანიშნულების ნაგებობანი, მძლავრი დომენის ღუმელები, მალღივი საქარხნო მილები და სხვა) გამონამუშევართა სიღრმემ შეიძლება გადააჭარბოს 30—40 მეტრს.

როგორც დაუშლელი, ასევე დაშლილი სტრუქტურის ქანების ნიმუშებს ისე იღებენ, რომ უზრუნველჰყონ სამშენებლო მოედნის ფარგლებში განლაგებული ქანების ყველა დამახასიათებელი ტიპის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების კვლევა. მიწისქვეშა წყლების შესწავლის ძირითადი ელემენტია მათი აგრესიულობის თვისებების გამოვლინება. თუ სამშენებლო მოედანი დიდი ზომისაა, ან არ არის მაქსიმალური რაოდენობით საძიებო გამონამუშევრების გაყვანის ტექნიკური საშუალება, ლითოლოგიურად განსხვავებული ქანების ან მიწისქვეშა წყლების დონის გამოვლინება ხდება ელექტრო- და სეისმოძიების დახმარებით.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ამ ეტაპზე ფართოდ იყენებენ საველე საცდელ სამუშაოებს, რომელთა დანიშნულებაა ქანების გაყინულობის სიღრმის დადგენა, კუმშვადობის განსაზღვრა საცდელი დატვირთვებით, სიმკვრივის განსაზღვრა ზონდირებით, საველე პირობებში ქანების ძვრის წინააღობის განსაზღვრა და სხვა. საველე პირობებში შეისწავლიან ქანების ფილტრაციულ მაჩვენებლებს, გრუნტის წყლების ნაკადის მიმართულებას და სიჩქარეს, მათი დონეების მერყეობის ამპლიტუდას. ზოგიერთი ნაგებობისათვის აუცილებელია გრუნტის წყლების რეჟიმზე ხანგრძლივი დაკვირვება, თანამედროვე გეოლოგიური მოვლენებისა და საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესების

განეთარების ინტენსიურობის შესწავლა. ამისათვის გამოიყენება სტატისტიკური დაკვირვებანი.

საინჟინრო-გეოლოგიურ ანგარიშში, რომელიც წინასწარი კვლევების დასკვნით ეტაპზე ღვება, განზოგადდება მუშაობის დროს შეგროვილი მთელი მასალა. ტექსტთან ერთად დამუშავდება მშენებლობის რაიონის მიმოხილვითი საინჟინრო-გეოლოგიური რუკა 1:25 000—1:100 000 მასშტაბებში, რომელზედაც შემოკონტურებულია მომავალი სამშენებლო მოედნის საზღვრები. ანგარიშს დაერთვის აგრეთვე სამშენებლო მოედნის საინჟინრო-გეოლოგიური რუკა ჭრილებით, სვეტებით, ქანებისა და მიწისქვეშა წყლების თვისებების მაჩვენებელი ცხრილებით, დაკვირვებათა გრაფიკებით, ფოტოსაილუსტრაციო მასალით. ანგარიში იძლევა მოედნის ზოგად საინჟინრო-გეოლოგიურ შეფასებას დასაპროექტებელი სამრეწველო ობიექტის თავისებურებათა გათვალისწინებით.

უმეტეს შემთხვევაში სამშენებლო მოედნის ფარგლებში საჭირო ხდება დამატებითი სამუშაოების ჩატარება, რაც გამოწვეულია მისი რთული გეოლოგიური პირობებით. ასეთ პირობებს შეიძლება მიეკუთვნოს: სეისმურობა, დაქაობება, კარსტი, მეწყერი, აგრეთვე მარადმზრალი ან ლიოსური ქანები, ნაყარი, ფხვიერი ქანების დიდი სისქე. ყოველ ცალკეულ შემთხვევაში დამატებით ჩატარებული საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოების მოცულობა და შედგენილობა განისაზღვრება სამშენებლო მოედნის სირთულის სპეციფიკურობით, რაც გამოვლინდება უშუალოდ სავსე სამუშაოების დროს.

IX.2. დეტალური საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები

დეტალური საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები ტარდება როგორც ტექნიკური პროექტის, ასევე სამუშაო პროექტის სტადიაში, უფრო ხშირად კი დაპროექტების გეარითიანებულ სტადიაში. მათი მიზანია წინასწარი კვლევების დროს მიღებული საინჟინრო-გეოლოგიური მონაცემების დეტალიზაცია და დაზუსტება, რაც ტარდება სამრეწველო ობიექტში შემავალი თითოეული ნაგებობისათვის ცალ-ცალკე. ისეთი ობიექტებისათვის, რომელთაც არა აქვთ პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა, ზოგჯერ სრულიად საკმარისია ის საინჟინრო-გეოლოგიური ინფორმაცია, რომელიც შეგროვდება კვლევის წინასწარ სტადიაში.

დეტალური კვლევების დროს უმთავრესია საძიებო გამონამუშევრების გაყვანა და სავსე საცდელი სამუშაოები. საძიებო გამონამუშევრების განლაგება აქ უკვე ძირითადად დამოკიდებულია ასაშენებელი ნაგებობის საძირკვლის მოყვანილობაზე. გამონამუშევრებს განლაგებენ შენობის პერიმეტრის ან ღერძების გასწვრივ. გამონამუშევ-

რების რაოდენობა დამოკიდებულია მთელ რიგ ფაქტორებზე, მათ შორის ნაგებობის ზომებზე, სართულიანობაზე, სამშენებლო მოედნის გეოლოგიურ აგებულებაზე, კერძოდ, საძირკვლის გრუნტების თვისებების ცვალებადობაზე. მაგალითად, მარტივი გეოლოგიური აგებულების მქონე მოედანზე ერთ-ან ორსართულიანი შენობისათვის გამონამუშევრებს შორის მანძილი მიღებულია 50—60 მეტრი, მრავალსართულიანისათვის კი — 25—30 მეტრი. საშუალო სირთულის მოედნებისათვის ეს მანძილები შესაბამისად 30 და 15 მეტრია, ხოლო გეოლოგიურად რთული მოედნებისათვის — 15 და 7 მეტრი. გეოლოგიური აგებულების თავისებურებებსა და სირთულეზე არის დამოკიდებული აგრეთვე საძიებო გამონამუშევართა სიღრმეც. კლდოვანი ქანების მიწის ზედაპირთან ახლოს განლაგებისას, თუ ამ ქანების ზედაპირი საღია, მათში სამთო გამონამუშევრების გაყვანა საკმარისია 1 მ-მდე. როდესაც სამშენებლო მოედანი აგებულია მეტნაკლებად ერთგვაროვანი და საკმაოდ მტკიცე ქანებით (თიხები, თიხნარები, კონგლომერატები ქვიშიან-თიხიანი ცემენტით), გამონამუშევრის სიღრმე მიიღება საძირკვლის ერთნახევარი ან ორმაგი სიგანის ტოლად, მაგრამ არანაკლები 6—8 მეტრისა. რთული გეოლოგიური პირობების შემთხვევაში კი მისმა სიღრმემ შეიძლება მიაღწიოს 20—25 მეტრს.

თუ სამშენებლო მოედანზე გავრცელებულია სუსტი ან განსაკუთრებული თვისებების მქონე ქანები (წყლით გაჭერებული ქვიშები, შლამები, ჭაობის ნალექები და სხვა), ჭაბურღილები უნდა გაიჭრას იმ ქანებში, რომელთა გამოყენება შეიძლება ნაგებობის საფუძვლად. გაყვანის სიღრმე 2—3 მეტრზე ნაკლები არ უნდა იყოს.

საძიებო გამონამუშევრების მიხედვით ხდება გეოლოგიური ჭრილების შედგენა, ქანის ნიმუშების აღება მათი შედგენილობის, ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლისა და დაპროექტებისათვის საჭირო საანგარიშო მაჩვენებლების დასადგენად.

საველე საცდელი საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოები ტარდება მხოლოდ განსაკუთრებით პასუხსაგები ნაგებობებისათვის. მათი მიზანია ნაგებობის კონტურის საზღვრებში გრუნტების სიმტკიცისა და დეფორმაციული თვისებების დაზუსტება. ტარდება აგრეთვე საცდელი ჰიდროგეოლოგიური სამუშაოები ქვაბულებში წყლის მოღინების განსაზღვრისა და გრუნტების ფილტრაციული თვისებების დასახასიათებლად, რის საფუძველზეც ხდება სადრენაჟო არხების გაანგარიშება. ჰიდროგეოლოგიური სამუშაოების დეტალურობის ხარისხი, გარდა მიწისქვეშა წყლების გამოვლინების მრავალფეროვნებისა, დამოკიდებულია ასაშენებელი ობიექტის დანიშნულებაზე. ჰიდროგეოლოგიურ ანგარიშში, რომელიც ცალკე დოკუმენტს წარმოადგენს, დიდი ყურადღება ეთმობა მიწისქვეშა წყლების აგრესიული ზემოქმედების

ხარისხის პროგნოზს, რეკომენდაციებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ საძირკვლებისა და შენობათა მიწისქვეშა ნაწილების დაცვას მიწისქვეშა წყლების მექანიკური ან ქიმიური ზემოქმედებისაგან. შინაარსობრივად ჰიდროგეოლოგიური ანგარიში უნდა წარმოადგენდეს საერთო საინჟინრო-გეოლოგიური ანგარიშის შემადგენელ ნაწილს. ამ უკანასკნელში დეტალურად უნდა იქნეს გაშუქებული სამშენებლო მოედნის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობები, მშენებლობის პროცესში მოსალოდნელ გართულებათა პროგნოზი და იმ საინჟინრო ღონისძიებათა აღწერა, რომლებიც უზრუნველყოფენ შენობებისა და ნაგებობების მდგრადობას მშენებლობისა და ექსპლუატაციის დროს.

XLII თავი

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები საქალაქო მშენებლობისათვის

საქალაქო და სადაბო მშენებლობის დაპროექტებაში გამოიყოფა სამი თანმიმდევრული ეტაპი: 1. პირველი რიგის მშენებლობის დაგეგმარება და განლაგების გეგმა; 2. დეტალური დაგეგმარება; 3. განაშენიანების პროექტი. დაპროექტების თითოეულ სახეს გააჩნია საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევის შესაბამისი სტადიები.

XLII.1. კვლევები პირველი რიგის მშენებლობის დაგეგმარებისა და განლაგების გეგმის პროექტისათვის

ქალაქმშენებლობის პროექტის ამ ნაწილში ჩატარებულმა საინჟინრო-გეოლოგიურმა კვლევებმა ზოგჯერ უნდა მოიცვას რამდენიმე ათეული კვადრატული კილომეტრი ტერიტორია და პასუხი გასცეს კითხვაზე, თუ რამდენად შესაძლებელია მისი გამოყენება მასობრივი მშენებლობისათვის. მშენებლობის განხორციელება მარტო გეოლოგიური პირობების გათვალისწინებით არ ხდება. ამ სამუშაოების პარალელურად აღნიშნული ტერიტორია შეისწავლება ეკონომიკური, კლიმატური, ჰიდროგეოლოგიური და სანიტარულ-ჰიგიენური თვალსაზრისითაც.

საქალაქო მშენებლობის მასობრივი განხორციელებისათვის ჩატარებული გეოლოგიური კვლევები ტერიტორიის ბუნებრივ-გეოლოგიური პირობების განმსაზღვრელი მთელი რიგი საკითხების ერთობლივ შესწავლას გულისხმობს. ასეთებია: რელიეფი, ჰიდროლოგია, კლიმატი, ნიადაგი, მცენარეულობა, გეოლოგიური აღნაგობა, ჰიდროგეო-

ლოგია, ბუნებრივი გეოლოგიური მოვლენები, საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესები, გრუნტების შედგენილობა და თვისებები. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები თანმიმდევრულად სრულდება მოსამზადებელ, საველე და კამერალურ პერიოდებში.

მოსამზადებელ პერიოდში სამუშაოს ძირითადი ნაწილი მოდის წინა წლების საინჟინრო-გეოლოგიური გამოკვლევების მასალების შეკრებასა და დამუშავებაზე. თუ ეს მასალები საკმარისი რაოდენობითაა, მაშინ ინჟინერ-გეოლოგის ამოცანა ამ პერიოდში შეიძლება შემოიფარგლოს ტერიტორიის დაზვერვითი ხასიათის ღაფალიერებით და მცირე რაოდენობის საძიებო გამონამუშევრების გაყვანით საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების დაზუსტების მიზნით.

საველე პერიოდში საკვლევ ტერიტორიაზე ტარდება საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვა, ხდება ჭაბურღილებისა და შურფების გაყვანა. საჭიროების შემთხვევაში ასრულებენ საველე საცდელ სამუშაოებს, სხვადასხვა სახის სტაციონარულ დაკვირვებებს. ტარდება ქანების ნიმუშების ლაბორატორიული კვლევა.

საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვა ტარდება 1:5 000-დან 1:25 000 მასშტაბში, შესასწავლი ტერიტორიის ფართობისა და გეოლოგიური აგებულების სირთულის შესაბამისად. აგეგმვის შედეგად ტერიტორიაზე შეიძლება გამოიყოს მშენებლობის სირთულის მხრივ ერთმანეთისაგან განსხვავებული უბნები: 1. მშენებლობისათვის ხელსაყრელი; 2. პირობითად ხელსაყრელი, სადაც მშენებლობა შესაძლებელია განსაზღვრული სახის დამკვეთ ღონისძიებების ჩატარებით; 3. მშენებლობისათვის არახელსაყრელი.

საძიებო გამონამუშევრები წარმოდგენას გვაძლევს ადგილმდებარეობის გეოლოგიურ-ლითოლოგიურ აღნაგობაზე, მიწისქვეშა წყლების გავრცელებასა და დონეებზე, იძლევა სხვადასხვა სიღრმეზე ქანების ნიმუშების აღების საშუალებას. გამონამუშევრების განლაგება და ტიპი დამოკიდებულია შესასწავლი ტერიტორიის სირთულეზე და ადგილობრივ თავისებურებებზე. საორიენტაციო მანძილი საძიებო წერტილებს შორის 300—500 მეტრია. იმ ადგილებში, სადაც შეიმჩნევა გეოლოგიური პირობების განსაკუთრებული სირთულე, გამოწვეული, მაგალითად, ტექტონიკური ფაქტორებით, აუცილებელია დამატებითი ჭაბურღილების გაყვანა, ე. ი. საძიებო წერტილებს შორის მანძილის შემცირება ორ-სამჯერ. ჭაბურღილების სიღრმე 20—30 მ ფარგლებში ცვალებადობს. საერთო გეოლოგიური სურათის წარმოსადგენად დიდი დახმარების გაწევა შეუძლია ამ ტერიტორიაზე ძველად გაყვანილ ჭაბურღილებსაც.

თანამედროვე პირობებში, როდესაც ქალაქმშენებლობაში ძირითადი ადგილი დაიჭირა მრავალსართულიანმა მშენებლობამ, საველე

კვლევების საერთო მოცულობაში სულ უფრო ხშირია საცდელი სამუშაოების წილი. საცდელი სამუშაოებიდან უმეტესად მიმართავენ საძირკვლის გრუნტების საცდელ დატვირთვებს და მიწისქვეშა წყლების ამოტუმბვას. ეს სამუშაოები აუცილებელია აგრეთვე მეტნაკლებად რთული გეოლოგიური პირობების მქონე ტერიტორიების შესწავლისას.

ვინაიდან ქალაქმშენებლობის ტერიტორია დიდ ფართობს მოიცავს, არ არის გამორიცხული თანამედროვე გეოლოგიური მოვლენების არსებობა, რომლებსაც შემდგომში შეუძლიათ უარყოფითი ზეგავლენა მოახდინონ შენობებზე. ასეთ შემთხვევაში სავსე პერიოდში მიმართავენ სტაციონარული დაკვირვებების ციკლს მიწისქვეშა წყლების დონეებზე, მეწყრების დინამიკაზე, ეროზიული პროცესების განვითარებაზე, ჯდომით დეფორმაციებზე, სუფოზიასა და მსგავს მოვლენებზე.

ქანების ლაბორატორიული შესწავლის დროს დიდი ყურადღება ექცევა სიმტკიცისა და დეფორმაციული თვისებების განსაზღვრას და წყლის ზეგავლენით მათი შეცვლის ხარისხის დადგენას. მიწისქვეშა წყლების სავსე და ლაბორატორიული კვლევის დროს მნიშვნელოვანია ქალაქის წყალმომარაგების საკითხების წინასწარი გარკვევა. თუ მიწისქვეშა წყლების მინერალიზაცია მაღალია, რომელთანაც შეიძლება დაკავშირებული იყოს აგრესიულობა, ტარდება ქიმიური ანალიზები მათი ქიმიური შედგენილობისა და აგრესიულობის განსაზღვრისათვის. წყლების აგრესიულობის ნიშანთვისებები დგინდება სპეციალური ნორმებით.

მიწისქვეშა წყლების რეჟიმზე დაკვირვება საჭიროა დაიწყოს რაც შეიძლება ადრე, რათა საპროექტო სამუშაოთა დასაწყისისათვის დაგროვდეს მაქსიმალური რაოდენობის მასალა. მეტეოროლოგიური სადგურის არარსებობის შემთხვევაში საჭიროა მეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა ორგანიზაცია ჰაერის ტემპერატურაზე, ნალექებზე, ბარომეტრულ წნევაზე და თოვლის საფარზე.

სპეციალური სამშენებლო ნორმები და წესები ითვალისწინებენ იმ დამატებითი საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოების მოცულობას, ამოცანებსა და შინაარსს, რომლებიც უნდა განხორციელდეს განსაკუთრებული საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების მქონე ტერიტორიების შესწავლისას. ასეთ განსაკუთრებულ პირობებს ქმნიან მარადი გაყინულობის, სეისმური, მეწყრული, კარსტული პროცესები. განსაკუთრებული პირობებია ლიოსური ქანების გავრცელების რაიონებში, ზღვებისა და წყალსაცავების სანაპიროებზე, დაჭაობებულ ფართობებზე, მიწისქვეშა სამთო გამონამუშევრების ზევით მდებარე ადგილებში და სხვა.

კამერალურ პერიოდში მთავრდება საველე პერიოდში დაწყებული კვლევის შედეგების დამუშავება. საინჟინრო-გეოლოგიური ანგარიში საფუძვლად ედება დაგეგმარებისა და პირველი რიგის მშენებლობის პროექტს.

კამერალურ სამუშაოებში იგულისხმება: 1. მასალების წინასწარი (მიმდინარე) დამუშავება საველე კვლევის პროცესში, 2. მასალების საბოლოო დამუშავება საველე პერიოდის დასრულების შემდეგ — ქანებისა და წყლების ლაბორატორიული კვლევა და მასალის სტატისტიკური დამუშავება, 3. საინჟინრო-გეოლოგიური ანგარიშის შედგენა და აუცილებელი გრაფიკული მასალის შესრულება.

XLII.2. კვლევები დაბალური დაგეგმარების პროექტისათვის

ქალაქის ან დაბის დეტალური დაგეგმარების პროექტი შეიცავს პირველი რიგის განაშენიანების რაიონების არქიტექტურულ-დაგეგმარებითი და სამშენებლო-ტექნიკური ორგანიზაციის საკითხებს. პროექტში ასახულია განაშენიანების ხასიათი და თანმიმდევრობა, ქალაქის კეთილმოწყობის განხორციელების ძირითადი გზები და საშუალებები. პროექტის შედგენილობაში შედის ქალაქის ცალკეული რაიონის დეტალური დაგეგმარებისა და განაშენიანების პროექტი. მასში გათვალისწინებულია აგრეთვე: ქუჩების დაგეგმარება, კვარტალების შიგა გასასვლელების, ნარგავების, საბავშვო და სპორტული მოედნების მოწყობა, ძირითადი შენობების, წყალსადენისა და კანალიზაციის ქსელების, მიწისქვეშა სატრანსპორტო ხაზების, საქალაქო ელექტროქსელის განლაგება, ვერტიკალური დაგეგმარების სქემა და მსხვილ სატრანსპორტო კვანძებში ტრანსპორტის მოძრაობის სქემა. ძირითადი ნახაზები დგება 1:1000 ან 1:2000 მასშტაბით, ხოლო, იშვიათად, უფრო მსხვილი მასშტაბით.

ისევე, როგორც დაპროექტების წინა სტადიაში, აქაც საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები მოიცავს მოსამზადებელ სამუშაოებს, საველე ძიებას და კამერალურ პერიოდს. ეს უკანასკნელი, გარდა საველე და ლაბორატორიული კვლევის შედეგების საბოლოო დამუშავებისა, გულისხმობს ანგარიშის შედგენას და საინჟინრო-გეოლოგიურ დასკვნას ტექნიკური მოცემულობის შესაბამისად.

დეტალური დაგეგმარების პროექტისათვის ჩატარებული საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების საფუძველს წარმოადგენს დაგეგმარების პროექტისათვის ჩატარებული ძიების დროს მიღებული მასალები. ამ სტადიაზე ადგილმდებარეობის გეოლოგიურ აგებულებას უფრო დეტალურად სწავლობენ. გაზრდილია ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლის ხარისხიც. გაიყვანება ჭაბურღილები ახალი ან

რეკონსტრუირებული ქუჩების გასწვრივ. ჭაბურღილების სიღრმე უმეტეს შემთხვევაში 8 — 10 მ უნდა აღწევდეს. არამდგრადი ქანების გავრცელების ადგილებში საჭიროა შურფების გაყვანა და მონოლითების აღება ლაბორატორიული კვლევის სრული კომპლექსის ჩასატარებლად. კვლევის ამ სტადიაზე ცალკეული შენობის, განსაკუთრებით მრავალსართულიანი შენობის განლაგების ადგილებში ფართოდ გამოიყენება სავლე საცდელი სამუშაოები გრუნტების სიმტკიცისა და დეფორმაციის უნარის გამოსავლინებლად, აგრეთვე მიწისქვეშა წყლების გავრცელების თავისებურებათა შესასწავლად. განსაკუთრებული დეტალურობით არის საჭირო ქანების ამტანუნარიანობის შეფასება აქტიურ ზონაში და ამ ზონის ყველა არახელსაყრელი თავისებურების გამოვლინება, რაც ხელს შეუწყობს საფუძვლის გრუნტების სიმტკიცის გაზრდისათვის საჭირო საინჟინრო ღონისძიებათა შემუშავებას.

XLII.3. კვლევები განაშენიანების პროექტისათვის

განაშენიანების პროექტი არსებული ქალაქებისა და მსხვილი დასახელებული პუნქტების ფარგლებში ითვალისწინებს ცალკეული საცხოვრებელი სახლების (მიკრორაიონების), კვარტალების, ქუჩებისა და მოედნების მშენებლობას, რომელიც ხორციელდება ქალაქის მიმდებარე ტერიტორიების ათვისების ან თვით ქალაქის ფარგლებში არსებული ძველი უბნების რეკონსტრუქციის ხარჯზე. დაპროექტება სრულდება ორ სტადიად: საპროექტო მოცემულობა და სამუშაო ნახაზები. თითოეული მათგანისათვის ტარდება შესაბამისი მოცულობის საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები საპროექტო მოცემულობის სტადიაზე ითვალისწინებს სამშენებლო მოედნის გეოლოგიური და პიდროგეოლოგიური პირობების შესწავლას, ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების დახასიათებას. იმ შემთხვევაში, თუ მოცემულ ფართობზე წინა წლებში ჩატარებულია კვლევები დაგეგმარების ან დეტალური დაგეგმარების პროექტისათვის, არსებული მასალა სრულიად საკმარისია იმისათვის, რომ არ ჩატარდეს ახალი გამოკვლევები განაშენიანების საპროექტო მოცემულობის სტადიაში. როდესაც ასეთი მონაცემები არ არის, ძიება ტარდება იმ შემადგენლობით და მოცულობით, როგორც ეს აღნიშნული იყო დაგეგმარებისა და დეტალური დაგეგმარების პროექტისათვის.

სამუშაო ნახაზების სტადიაში ძირითადად ხდება არსებული გეოლოგიური მასალის სრული ანალიზი. თუმცა, არის შემთხვევები, როდესაც საჭიროა დამატებით საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოების

ჩატარება. ეს უმთავრესად მაშინ არის საჭირო, როდესაც განაშენიანება ითვალისწინებს შენობათა განლაგებას იმ ადგილებში, სადაც წინათ მშენებლობა არ იყო ჩატარებული, ან მოხდა ცვლილება მათ განლაგებაში საპროექტო მოცემულობის სტადიის შესრულების შემდეგ. არსებული გეოლოგიური მასალის ხელახლა შემოწმება, რომელიც ხდება ცალკეული მნიშვნელოვანი ობიექტის მშენებლობის შემთხვევაში, ზოგჯერ ავლენს დამატებითი მასალის მიღების საჭიროებას. დამატებითი სამუშაოები სრულდება სამუშაო ნახაზების სტადიაში. ამ სამუშაოების მოცულობა და შინაარსი განისაზღვრება ობიექტის დანიშნულებით, გეოლოგიური პირობების სირთულით და მრავალფეროვნებით.

XLIII თავი

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები ცალკეული შენობის ან ნაგებობის მშენებლობისათვის

XLIII.1. კვლევები ცალკეულ შენობათა მშენებლობისათვის

საინჟინრო-გეოლოგიურ კვლევებს ცალკეულ შენობათა მშენებლობის პროექტისათვის წინათ ახორციელებდნენ ორ სტადიად: საპროექტო მოცემულობასა და ტექნიკურ-სამუშაო დაპროექტებაში. ამჟამად ეს კვლევები ერთდროულად ტარდება როგორც საპროექტო მოცემულობის, ასევე სამუშაო ნახაზების შედგენის დროს, ე. ი. ფაქტიურად ერთ სტადიაში. კვლევების ხასიათი, მოცულობა და დეტალურობის ხარისხი დამოკიდებულია შენობათა კატეგორიებზე და გეოლოგიური პირობების სირთულეზე. პირველ კატეგორიას მიეკუთვნება: მარტივი ფორმის აგურის შენობები საძირკველზე თანაბარი დატვირთვით; რკინა-ბეტონის ერთსართულიანი შენობები; საცხოვრებელი ხის სახლები. მეორე კატეგორიაში შედის: I კლასის შენობები და ნაგებობები; გვეგმაში რთული კონფიგურაციის მქონე ნაგებობები ცალკეული კონსტრუქციული ელემენტების არათანაბარი დატვირთვით; შენობები, რომელთა საძირკველი გათვლილი უნდა იქნეს დინამიკურ დატვირთვებზე.

გეოლოგიური პირობების სირთულის მიხედვით არჩევენ: მარტივ, საშუალო სირთულის და რთულ უბნებს. პირველს მიეკუთვნება ისეთი უბნები, სადაც შრეები თარაზულადაა განლაგებული და მათი ამტანუნარიანობა ექვს არ იწვევს; გრუნტის წყლები აქტიური ზონის ქვევით მდებარეობს: ნაყარი გრუნტის სისქე არ აღემატება 2 მეტრს.

საძულო სირთულის უბნებში ქანების წყება აგებულია ლითოლოგიურად ერთმანეთისაგან განსხვავებული და დანაოჭებული რამდენიმე ფენისაგან; გრუნტის წყლები მდებარეობს აქტიური ზონის ფარგლებში; ნაყარი გრუნტების სისქე 3—4 მეტრია; რთული უბნები მდებარეობენ დანაწევრებული რელიეფის პირობებში; გეოლოგიური გარემო მრავალფეროვანია; ფენები ერთმანეთისაგან ლითოლოგიურად მკვეთრად განსხვავდებიან და წოლის პირობები გართულებულია ნაოჭა ან წყვეტილი დისლოკაციებით; გრუნტის წყლების დონე მაღალია და საძირკველი გაწყლიანების ზონაშია; აქტიური ზონა შეიცავს ტორფის, შლამის ტიპის სუსტ გრუნტებს; ნაყარი გრუნტების სისქე 4 მეტრს სჭარბობს; ალინიშნება თანამედროვე გეოლოგიური პროცესების განვითარება.

საინჟინრო-გეოლოგიურ კვლევებში ასახულია ის თანმიმდევრობა, რომელიც დამახასიათებელია დაპროექტების უკვე აღწერილი სტადიებისათვის. დასაწყისში ხდება ადრე ჩატარებული ძიების მასალების შევსება და ანალიზი, რომელთა შესაბამისად უნდა დავსახოთ კვლევის პროგრამა. ამის შემდეგ უბანზე გაპყავთ საძიებო გამონამუშევრები, იღებენ გრუნტებისა და წყლის სინჯებს ლაბორატორიული შესწავლისათვის. მაღლივი მშენებლობის უბნებზე კვლევის აუცილებელ ელემენტს წარმოადგენს საცდელი დატვირთვები გრუნტების აპტანუნარიანობის გარკვევის მიზნით. მიმართავენ აგრეთვე დინამიკურ და სტატიკურ ზონდირებას.

ჩატარებული კვლევების შედეგები უნდა გაფორმდეს საინჟინრო-გეოლოგიური დასკვნის სახით. დასკვნას თან ერთვის გამონამუშევართა განლაგების გეგმა, საინჟინრო-გეოლოგიური ჭრილები, ცხრილები. ყველაფერი ეს საფუძვლად ედება ცალკეული შენობის პროექტს. საკვლევი მოედნის საინჟინრო-გეოლოგიური შესწავლის საქმეში დიდი დახმარების გაწევა შეუძლია მოედნის მიმდებარე ტერიტორიებისათვის არსებულ გეოლოგიურ-საძიებო მასალას, აგრეთვე შეზობლად, მსგავს გეოლოგიურ პირობებში მდებარე შენობებისა და ხაგებობების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის გამოცდილებას.

საძიებო გამონამუშევრების მიზანია მოედნის გეოლოგიურ-ლითოლოგიური აგებულების გამოვლინება, მიწისქვეშა წყლების გავრცელების პირობების დადგენა, ლაბორატორიული კვლევისათვის საჭირო ქანებისა და წყლის სინჯების აღება. ჭაბურღილებს გარდა გაპყავთ შურფები. ეს საშუალებას იძლევა დაზუსტდეს გეოლოგიური კრილი და აღებულ იქნეს დიდი ზომის მონოლითები. საძიებო გამონამუშევრებს შორის მანძილი განისაზღვრება საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების სირთულით და შეიძლება იცვლებოდეს 50-დან 150 მეტრამდე. იგი შეესაბამება აგრეთვე საკვლევი მოედნის ფართობსაც.

საძიებო გამონამუშევართა სიღრმე დამოკიდებულია აქტიური ზონის სიდიდეზე, ე. ი. შენობის დატვირთვით გამოწვეული დაძაბულობის გავრცელების სიღრმეზე, საძირკვლის ტიპსა და გრუნტის წყლების განლაგების დონეზე. ყველა შემთხვევაში საძიებო გამონამუშევარი უნდა გასცდეს გამოფიტვის პროცესებისაგან მეტნაკლებად შეცვლილ ზონას და ჩააღწიოს საღ ქანებში, რომლებიც ჩვეულებრივ შეირჩევა მომავალი შენობის საძირკვლის გრუნტებად. ლაბორატორიული სამუშაოებისათვის გრუნტების ნიმუშები აღებული უნდა იქნეს ცალკეული შრიდან, რითაც მიიღწევა ყველა ლითოლოგიური სახესხვაობის სრული დახასიათება. დასინჯვის სიღრმე დაახლოებით 2—3 მეტრით უნდა გასცდეს აქტიურ ზონასაც, თუმცა სიმტკიცისა და დეფორმაციის თვისებების განმსაზღვრელი საანგარიშო მაჩვენებლები ძირითადად აქტიური ზონის გრუნტებისათვის არის საჭირო.

XLIII.2. კვლევები შენობაგაზე დაშენებისათვის

ყველა დიდ ქალაქში გათვალისწინებულია და მიმდინარეობს ძველ შენობათა მთლიანი ან ნაწილობრივი რეკონსტრუქცია, კერძოდ სართულების დაშენება. ეს პირველ რიგში ნიშნავს საძირკვლის ერთეულ ფართობზე დაწოლის გადიდებას გრუნტის ამტანუნარიანობის ფარგლებში. რეკონსტრუქციისა და კერძოდ დაშენების სამუშაოები აუცილებლად საჭიროებს გარკვეული მოცულობის საინჟინრო-გეოლოგიურ კვლევებს, რომელთა ძირითადი დანიშნულება საძირკვლის გრუნტების სიმტკიცისა და დეფორმაციისადმი უნარის შემოწმებაში მდგომარეობს.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები ერთ ეტაპად სრულდება; ამასთან, ინჟინერ-გეოლოგების, მშენებლებისა და კონსტრუქტორების მუშაობა თანადროულია. მშენებელი სპეციალისტები შეისწავლიან შენობის კონსტრუქციას მასზე დამატებითი სართულების დაშენების შესაძლებლობის თვალსაზრისით. ინჟინერ-გეოლოგები კი — საძირკვლის გრუნტებს მათი ამტანუნარიანობის შემოწმების მიზნით. თუ არსებობს ძველი შენობის პროექტი და აღრინდელი საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევის მასალები, მაშინ სამუშაოთა მოცულობა შეიძლება მინიმალური იყოს. ამ შემთხვევაში საკმარისია აღებულ იქნეს საძირკვლის გრუნტების ნიმუშები ლაბორატორიული კვლევისათვის და ყურადღებით შემოწმდეს, თუ რა მდგომარეობაშია შენობა. ხომ არ არის ნაპრალები კედლებში და საძირკვლის ახლოს, რაც მიუთითებს მის არათანაბარ ჯდომაზე, როგორია ცალკეული კონსტრუქციული ელემენტების შეპირაპირება, სამშენებლო მასალის, დუღაბის ხარისხი, ხის კონსტრუქციების სისაღე და სხვა. თუ შენობის საინჟინრო-გეოლო-

გიური დოკუმენტაცია არ არსებობს, მაშინ აუცილებელია სამუშაოთა სრული მოცულობის შესრულება.

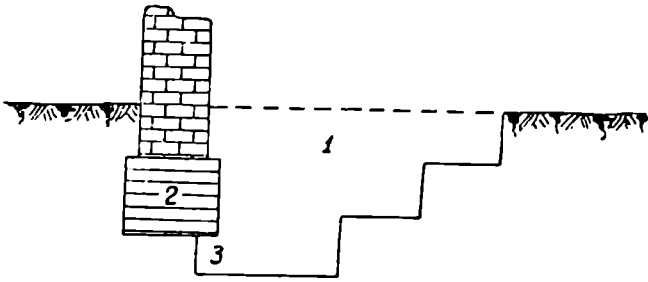
საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების სრულ მოცულობაში შედის მოცემული ტერიტორიისა და მეზობელი უბნების გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური მასალების დამუშავება, შენობის ფარგლებში გავრცელებული ქანების გეოლოგიურ-ლითოლოგიური აღნაგობის, გრუნტის წყლების, საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესებისა და ბუნებრივი გეოლოგიური მოვლენების შესწავლა. საძირკვლის მახლობლად გაყვანილ სპეციალური დანიშნულების შურფებში განსაზღვრავენ საძირკვლის ჩაჭრის სიღრმეს და მის მდგომარეობას. აკვირდებიან აგრეთვე საძირკვლების, სარდაფების კედლების, იატაკის, ჰიდროიზოლაციის, ღრენჯის, კონსტრუქციების და წყალსადენ-კანალიზაციის მდგომარეობას.

მაღალი კატეგორიისა და დიდი ზომის შენობებისათვის საძირკვლის გრუნტების გეოლოგიური მდგომარეობის გარკვევა ხდება საძიებო გამონამუშევრებით, რომელთა რაოდენობას და სიღრმეს განსაზღვრავს შენობის ზომები და უბნის გეოლოგიური აგებულების სირთულე. შენობის ზომების შეფასება ხდება სექციების რიცხვის მიხედვით (სექცია შენობის ნაწილია, რომლის სიგრძე არ აღემატება 30 მეტრს). 1—2 სექციის შემთხვევაში ბურღავენ 4 ჰაბურლილს, 3—4 სექციის შენობებისათვის — 6 ჰაბურლილს. თუ სექციების რაოდენობა 4-ზე მეტია, მაშინ შეიძლება გაიბურღოს 8 და მეტი ჰაბურლილი. სექციების რიცხვით გაითვლება შურფების რაოდენობაც. 1 სექციისათვის საკმარისია 3 შურფი, 2 სექციისათვის — 5, 4-ზე მეტი სექციისათვის 10 და მეტი. თუ გეოლოგიური აგებულება ერთგვაროვანია და ფენებს თარაზული გავრცელება აქვთ, საძიებო გამონამუშევართა რაოდენობა შეიძლება შემცირდეს. ჰაბურლილის სიღრმე h გამოიანგარიშება ფორმულით

$$h = \sum h_1 + kB + c,$$

h_1 არის საძირკვლის ჩაჭრის სიღრმე; k — საფუძვლის აქტიური ზონის სიღრმე; B — საძირკვლის საგების მაქსიმალური სიგანე; c — მუდმივი სიდიდე, რომელიც 3 და უფრო ნაკლებსართულიანი შენობებისათვის 2 მ-ია, ხოლო 3-ზე მეტსართულიანი შენობებისათვის 3 მეტრს უდრის.

ჰაბურლილები განლაგდება შენობის ირგვლივ, მისგან რამდენიმე მეტრის მოშორებით, ხოლო შურფები — საძირკვლის კონტაქტში შენობის ყველაზე დამახასიათებელ კვეთებზე (საძირკვლის კვანძებში, განტოტებებში, კუთხეებში და ა. შ., ნახ. XI.III.1).



ნახ. XLIII.1. შურფის განლაგება საძირკვლის მიმართ:
1—შურფი; 2—საძირკველი; 3—მონოლითის ალების ადგილი.

მონოლითების ალება ხდება ფსკერიდან შურფების გაყვანის ყოველ 0,5 მეტრზე და გრუნტის ფენის ყოველგვარი სახეცვლის დროს. სინჯების ალება გრძელდება საფუძვლის აქტიური ზონის ქვედა საზღვრამდე.

საძირკვლის გრუნტების შეფასებისას საჭიროა გვახსოვდეს, რომ არსებული შენობის წონის ზეგავლენით ისინი უკვე გარკვეულ ზომაზე შემკვრივებული არიან და შეძენილი აქვთ ქარბი ამტანუნარიანობა. ასეთ მდგომარეობას იძენენ ქვიშიანი გრუნტები მშენებლობის დამთავრებიდან 1 წლის შემდეგ, ქვიშიან-თიხიანი გრუნტები — 1,5—2 წლის შემდეგ, ხოლო თიხები — 2—3 წლის შემდეგ. საძირკვლის გრუნტების ქარბი ამტანუნარიანობის შემოწმება შეიძლება შედარებითი დახასიათებით, რისთვისაც უშუალოდ საძირკვლის მახლობლად ალებული გრუნტის ნიმუშის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს შეადარებენ შენობის კონტურის გარეთ ალებულ იმავე ტიპის ქანის ნიმუშის თვისებებთან.

შენობის დამაკმაყოფილებელი ტექნიკური მდგომარეობა, არსებული კონსტრუქციების ზომები და საიმედოობა, აგრეთვე საძირკვლის გრუნტების შემკვრივება და სიმტკიცე დაშენების საშუალებას იძლევიან არსებული საძირკვლების გაფართოება-გალრმავების გარეშე. ეს იმას ნიშნავს, რომ საძირკვლის გრუნტებზე შეიძლება დაშვებულ იქნეს დაწოლის გადიდება 25—35%, ხოლო ზოგ, განსაკუთრებით ხელსაყრელ პირობებში, — 45—50%-თაც კი. შენობის დაშენებასთან დაკავშირებული კვლევის ყველა მასალა, გაფორმებული საინჟინრო-გეოლოგიური დასკვნის სახით, გამოიყენება საპროექტო სამუშაოთა შესასრულებლად.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები ჰიდროტექნიკური მშენებლოგისათვის

XLIV.1. ზოგადი საკითხები

ჰიდროტექნიკური მშენებლობისათვის ჩატარებული საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები გამოირჩევა თავისი სირთულითა და მრავალფეროვნებით. ჰიდროტექნიკური ნაგებობანი ხშირ შემთხვევაში მკვეთრად ცვლის თანამედროვე გეოლოგიურ გარემოს და ბუნებრივ ჰიდროგეოლოგიურ პირობებს არა მარტო უშუალოდ მშენებლობის ადგილას, არამედ მის ფარგლებს გარეთაც. ადგილმდებარეობის გაწყლიანების პირობების შეცვლა ზოგჯერ ჰიდროტექნიკური მშენებლობის უშუალო ამოცანაა; მაგალითად, მორწყვის ან დაშრობის საკითხების გადაწყვეტის დროს. ჰიდროგეოლოგიური პირობები შეიძლება მკვეთრად შეიცვალოს ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის დროსაც, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს სერიოზული გართულებანი. ბუნებრივ პირობებში, მშრალ მდგომარეობაში მყოფი ქანები ექცევიან მაქსიმალური გაწყლიანების გარემოში, რაც მკვეთრად აქვეითებს მათ მექანიკურ თვისებებს. განსაკუთრებით ეს ითქმის დისპერსიულ თიხიან-ქვიშიან ქანებზე. კლდოვან-ნაპარალოვან ქანებში წყლის შეტბორვისას, დაწნევისა და ჰიდროდინამიკური წნევის მატების გამო, თვალსაჩინოდ ძლიერდება ფილტრაციის პროცესი, რომელმაც, თავის მხრივ, შეიძლება წარმოქმნას სუფოზია ქვიშიან ქანებში, კარსტული პროცესების გააქტიურება კირქვებში და სხვა. ლიოსურ ქანებში წყლის შეღწევა კი განაპირობებს მათ ჯდომადობას. ჰიდროტექნიკურ მშენებლობასთან დაკავშირებული საინჟინრო-გეოლოგიური საკითხების სირთულე კიდევ იმაში მდგომარეობს, რომ ჰიდროტექნიკური ობიექტების მშენებლობა, განსაკუთრებით მთიან ნაოჭა არეებში, ისეთ ადგილებთან არის დაკავშირებული, რომლებიც რელიეფისა და გეოლოგიური, განსაკუთრებით კი ტექნიკური, პირობების სირთულით გამოირჩევიან. ამის გამო ინტენსიურად მიმდინარეობს თანამედროვე გეოლოგიური პროცესები.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების როლი დიდ მდინარეებზე ჰიდროკვანძების მშენებლობის დროს. მათ შედგენილობაში შემავალი საინჟინრო ნაგებობები ურთიერთდაკავშირებული რთული ტექნიკური ობიექტებია, რომელთაც სხვადასხვა დანიშნულება და ექსპლუატაციის პირობები აქვთ. ამასთან, ისინი ხშირად მშენებლობის პროცესშივე წარმოქმნიან გართულებებს, რო-

მელთა გათვალისწინება აუცილებელია ნაგებობის ნორმალური ექსპლუატაციისათვის. მაგალითად, კაშხლისათვის ამოჭრილი ქვაბული თავისთავად უკვე რთულ სამშენებლო ამოცანას წარმოქმნის და მოითხოვს ადგილმდებარეობის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების ყურადღებით შეფასებას. გარდა ამისა, ჰიდროტექნიკური ნაგებობის ესა თუ ის ტიპი ექსპლუატაციის დროს ხელს უწყობს საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესების წარმოქმნას, რომელთა პროგნოზი ნაგებობათა დაპროექტების საწყის სტადიებზე საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების აუცილებელ ელემენტს წარმოადგენს. ასეთ პროცესებს მიეკუთვნება: ქანების შემკვრივება კაშხლის ფუძეში, კაშხლისქვეშა ფილტრაცია და მასთან დაკავშირებული ფილტრაციული დეფორმაციები, სუფოზიური და კარსტული პროცესების გააქტიურება, წყალსაცავის სანაპიროების ინტენსიური გარეცხვა და მასთან დაკავშირებული გრავიტაციული, კერძოდ, მეწყრული პროცესები და სხვა.

ზემოაღნიშნულიდან ირკვევა, რომ საინჟინრო-გეოლოგიურ კვლევებს ჰიდროტექნიკური მშენებლობისათვის კომპლექსური ხასიათი აქვს და მათში, გარდა არსებული გეოლოგიური პირობების შესწავლის და რაოდენობრივი შეფასებისა, დიდი ხვედრითი წილი უკავია საინჟინრო-გეოლოგიური პროგნოზის საკითხებს.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევის მოცულობა და მეთოდები განისაზღვრება ჰიდროტექნიკური ნაგებობის ხასიათით, დაპროექტების სტადიითა და საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების სირთულით. ჰიდროტექნიკური ნაგებობები თავიანთი სახალხო-სამეურნეო დანაშნულების მიხედვით იყოფა: ჰიდროენერგეტიკულ, წყალ-სატრანსპორტო, მელიორაციულ და წყალმომარაგების ნაგებობებად. დიდ მდინარეებზე ჩვეულებრივ აშენებენ ჰიდროკვანძებს, რომელთა დახმარებითაც წყდება სახალხო-სამეურნეო ამოცანათა კომპლექსი.

გამოყენების პირობების მიხედვით ჰიდროტექნიკური ნაგებობანი იყოფა ძირითად ნაგებობად, რომლის გამოყენება ხდება ობიექტის ექსპლუატაციის პროცესში (კაშხლები, წყალსაგდებები, სადერივაციო გვირაბები და არხები, წნევიანი მილსადენები, ჰიდროელექტროსადგურის შენობები, რაბები და სხვა) და დამხმარე ნაგებობად. რომელიც გამოიყენება მხოლოდ ნაგებობათა მშენებლობის და რემონტის დროს (ზღუდარები, საფარი კედლები, წყალსარინი გვირაბები და არხები).

ჰიდროტექნიკურ მშენებლობაში ამჟამად გამოყენებული სამშენებლო ნორმებითა და წესებით მიღებულია დაპროექტების შემდეგი სტადიები:

1. მდინარის კომპლექსური გამოყენების სქემის ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების სტადია;
2. ტექნიკური პროექტის სტადია;
3. სამუშაო ნახაზების სტადია.

იმის მიხედვით, თუ როგორია ენერგეტიკული ობიექტის დანიშნულება და მასშტაბები, შესაძლებელია გარკვეული ცვლილებები და პროექტების სტადიებში.

**X LIV.2. კვლევები მდინარის კომპლექსური გამოყენების
სქემის დასაბუთების დროს**

მდინარის კომპლექსური გამოყენების სქემაში მოცემული უნდა იქნეს წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენების ტექნიკური იდეა, რომლის განხორციელება ხელს შეუწყობს მნიშვნელოვანი სახალხო-სამეურნეო ამოცანის გადაწყვეტას. აქვე უნდა ჩანდეს პირველი რიგის მშენებლობის დასაბუთება. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ამოცანაა ჰიდროკვანძების და წყალსაცავების აგებისათვის ყველაზე ხელსაყრელი უბნების შერჩევა. ეს კვლევები ტარდება ორ ეტაპად. საწყის ეტაპზე ხდება მასალის შეგროვება და სისტემატიზაცია, მომავალი სამუშაო რაიონების რეკოგნოსცირება. მეორე ეტაპზე კი ატარებენ მდინარის ხეობის ზოგად საინჟინრო-გეოლოგიურ გამოკვლევას მდინარის საფეხურებად დაყოფის დასაბუთებლად და ჰიდროკვანძისა და წყალსაცავების მშენებლობის ტექნიკური შესაძლებლობის დასამტკიცებლად. ამ სამუშაოებში შედის საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვა 1:50000 — 1:200000 მასშტაბით. ჰიდროკვანძების მშენებლობის წინასწარ შერჩეულ უბნებზე ტარდება უფრო მსხვილმასშტაბიანი 1:1000—1:25000 საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვა, გეოფიზიკური სამუშაოები, გაჰყავთ ჰაბურღილები და სამთო გამონამუშევრები. კაშხლის მშენებლობის უბნებზე საძიებო გამონამუშევრები გაჰყავთ მდინარის რამდენიმე განივკვეთზე ისე, რომ მოიცვან ამ უბანზე არსებული ყველა გეოლოგიური და გეომორფოლოგიური ელემენტი. გამონამუშევრების სიღრმე დამოკიდებულია, პირველ რიგში, მდინარის კალაპოტში ალუვიური ნალექების სისქეზე. გამონამუშევრებმა უნდა ჩაჭრან ეს ნალექები და ჩაღრმავდნენ ძირითად ქანებში. კვლევის ეს სტადია ითვალისწინებს ჰიდროგეოლოგიურ სამუშაოებსაც, რომლებმაც უნდა დაასაბუთონ ფილტრაციის პირობები კაშხლის რაიონში და მისი საფუძვლის ფილტრაციული დეფორმაციების შესაძლებლობა. ამ საკითხების გასარკვევად ფართოდ იყენებენ საცდელ ამოტუმბვებს, ჩაჭირხვნებსა და მიწისქვეშა წყლების რეჟიმზე დაკვირვების სხვა მეთოდებს. გარდა აღნიშნულისა, ზდება ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლა და სამშენებლო მასალათა ძებნა-ძიება.

ტექნიკურ პროექტში საბოლოოდ უნდა შეირჩეს ჰიდროტექნიკური ობიექტის განლაგების ადგილი და გადაიჭრას მშენებლობის ყველა ტექნიკური და ორგანიზაციული საკითხი. საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოები ტარდება ორ ეტაპად: 1. კვლევები, რომლებიც განკუთვნილია რამდენიმე მეტნაკლებად ტოლფასოვანი ვარიანტიდან ერთ-ერთის შესარჩევად; 2. კვლევები უკვე შერჩეულ ვარიანტზე ნაგებობის პროექტისა და სამშენებლო სამუშაოთა წარმოების პროექტის დასაბუთებისათვის.

საინჟინრო-გეოლოგიურ სამუშაოთა ყველაზე მნიშვნელოვანი ნაწილი სრულდება მსხვილი ჰიდროკვანძების განლაგების ადგილებში, ძირითადად კაშხლებზე, სადერივაციო არხებზე, გვირაბებზე, წყალსაცავებზე. კაშხლების განლაგების ადგილებში საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვის მასშტაბი დამოკიდებულია ტერიტორიის გეოლოგიური სირთულის კატეგორიაზე. მიღებულია სირთულის სამი კატეგორია: მარტივი, რთული და მეტად რთული. კვლევების პირველ ეტაპზე, როდესაც საჭიროა ვარიანტის შერჩევა, აგეგმვის მასშტაბი აღნიშნული კატეგორიების მიხედვით ასეთია: 1:25000; 1:10000 და 1:5000, ხოლო უკვე არჩეულ ვარიანტზე, შესაბამისად, — 1:10000, 1:5000 და 1:2000. მსხვილმასშტაბიანი საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვისას მთიანწივებში ტარდება ნაპრალოვანი ტექტონიკისა და საერთოდ ნაპრალოვანობის შესწავლა სპეციალური მეთოდებით, ხოლო სეისმურად აქტიურ რაიონებში — მიკროსეისმური დარაიონება.

ორივე ეტაპი ითვალისწინებს საძიებო სამუშაოებს. პირველ ეტაპზე გამოწამლვები განლაგდება კაშხლის ღერძის ყველა შესაძლო ვარიანტზე, ხოლო უკვე არჩეულ ღერძზე, ძირითადად, მის ფარგლებში, გასწვრივ და განივ ჰორიზონტებზე, აგრეთვე კაშხლის გარდა იმ სხვა ნაგებობების ფარგლებში, რომლებიც არჩეულ ვარიანტს შეესაბამება. ნაგებობის ღერძზე გამოწამლვებთან გაყვანის გარდა აუცილებელია მათი გაყვანა ორი კონტურის ხაზის გასწვრივ, რომლებიც განლაგებულია ნაგებობიდან დაახლოებით 100 მ ფარგლებში. პასუხსაგები ამოცანების გადაჭრის დროს, განსაკუთრებით მაღლივი, თაღოვანი კაშხლის მშენებლობის ადგილებში, საჭიროა შტოლების, შახტების, შურფებისა და სათვალთვალო ჰაბურღილების გაყვანა.

ჰიდროგეოლოგიური კვლევები ჰიდროკვანძის ვარიანტის შერჩევას იმ მოცულობით ტარდება, რომ იყოს ცალკეული ვარიანტის მიხედვით ჰიდროგეოლოგიური პირობების ურთიერთშედარების საშუალება.

სადერივაციო არხებისა და გვირაბების ტრასების გასწვრივ გე-

ოლოგიური აგებულება შეისწავლება საძიებო გამონამუშევრებით. გვირაბებში დიდი ყურადღება ექცევა პორტალის უბნებზე ქანების მდგრადობის შესწავლას. წყალსაცავის ტერიტორიაზე არსებითი მნიშვნელობა აქვს ქანების ფილტრაციული თვისებების დადგენას და ნაპირების გადამუშავების პროგნოზს.

XLV.4. კვლევები სამუშაო ნახაზების სტადიაში

ამ სტადიაში ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა დაპროექტების ამოცანა ტექნიკურ გადაწყვეტათა საბოლოოდ დამუშავება და დაზუსტება, საკიროების შემთხვევაში პროექტში ცვლილებების შეტანა, დეტალურ კონსტრუქციულ გადაწყვეტათა დამუშავება ცალკეული ნაგებობისა და მათი ელემენტებისათვის.

ჩატარებული საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები შეიცავენ საძიებო სამუშაოთა სრულ კომპლექსს და სპეციალურ კვლევებს. დიდი მნიშვნელობა აქვს სამთო გამონამუშევრებს (შურფებს, შტოლნებს) და ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური თვისებების კვლევას ბუნებრივ პირობებში. ზოგ შემთხვევაში მიმართავენ საცდელ სამშენებლო სამუშაოებს, რათა გაარკვიონ მშენებლობის გავლენა ქანების მდგრადობაზე.

ფართოდ ტარდება საცდელ-ფილტრაციული სამუშაოები, რათა დავაზუსტოთ მიღებულ საპროექტო გადაწყვეტილებათა სისწორე ფილტრაციის საწინააღმდეგო ფარდის სიმკვრივისა და სიღრმის შესახებ, დრენაჟის და წყალქცევის ღონისძიებათა შესახებ. დაპროექტების ამ სტადიაში მიმართავენ ნაგებობის მუშაობის პირობების მოდელირებას საფუძვლის ქანებთან მისი ურთიერთქმედების შესწავლის მიზნით.

საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოები გრძელდება ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პროცესშიც, რაც გამოიხატება სამშენებლო ქვაბულების დოკუმენტაციაში და მშენებლობის მიმდინარეობის კონტროლში.

XLV თავი

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები საგზაო მშენებლობისათვის

საგზაო მშენებლობა ყველა დანიშნულების სამშენებლო ობიექტის შემადგენელი ელემენტია. მას, თავისთავად, როგორც დამოუკიდებელ სამშენებლო ერთეულს, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება და განვითარების კარგი პერსპექტივები გააჩნია. როგორც საავტომობილო

გზების, ასევე რკინიგზების მშენებლობის ერთ-ერთი ძირითადი საკითხია ტრასების გეოლოგიური პირობების დადგენა. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ძირითადი მიზანია ტექნიკური და ეკონომიკური ძიების მასალებთან ერთად გზის შემართულების არჩევის მართებულობის დასაბუთება.

საგზაო მშენებლობაში მიღებულია დაპროექტების შემდეგი სტადიები: 1. ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების; 2. ტექნიკური პროექტის; 3. სამუშაო ნახაზების. ხშირად უკანასკნელი ორი სტადია ერთიანებულია.

ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების შედგენისათვის გზის შესაძლო ვარიანტების გასწვრივ შეისწავლება ზოგადი ბუნებრივი პირობები გეოლოგიური რუკების და გაშიფრული აეროფოტომასალების მიხედვით, ხდება არსებული ლიტერატურული და ფონდური მასალის გაცნობა. საჭიროების შემთხვევაში ატარებენ დაზვერვითი ხასიათის გამოკვლევას, განსაკუთრებით იმ ადგილებში, სადაც მოხალაოდნელია ინდივიდუალური დაპროექტება ან ნაგულისხმევია პასუხსაგები საინჟინრო ნაგებობების აგება (ხიდები, აკვედუკები, გვირაბები).

ტექნიკური პროექტის შესადგენად ტარდება დაწვრილებითი საველე სამუშაოები გზის უკვე შერჩეულ ვარიანტზე. დეტალურად შეისწავლება გრუნტების შედგენილობა და მდგომარეობა ტრასის გასწვრივ ყრილებში, მთხრებლებში, ფერდობებზე, ინდივიდუალური დაპროექტების ადგილებში, ხელოვნური ნაგებობის მშენებლობის უბნებზე. ტარდება აგრეთვე საგზაო სამშენებლო მასალათა ძებნა-ძიება და სამშენებლო მოედნების შერჩევა საგზაო და სამოქალაქო ნაგებობებისათვის.

დაპროექტების ბოლო სტადიაში ზუსტდება საინჟინრო-გეოლოგიური პირობები ტრასის მიმართულების შეცვლის მონაკვეთებზე, მეწყრულ ფერდობებზე, ყრილებზე და ხელოვნურ ნაგებობათა განლაგების ადგილებში.

საინჟინრო-გეოლოგიური ავეგმვა მოიცავს 0,5—0,6 კმ სიგანის ზოლს და ტარდება საავტომობილო გზისათვის 1:5000 მასშტაბით, ხოლო რკინიგზისათვის — 1:10000 მასშტაბით. ავეგმვის პარალელურად გაჰყავთ საძიებო გამონამუშევრები ტრასის ფარგლებში ყველა გეომორფოლოგიური ელემენტის შესასწავლად. გარდა ამისა, სრულდება ტრასის გასწვრივ ბუნებრივი პირობების პიკეტაჟური აღწერა და განისაზღვრება გრუნტების სამშენებლო კატეგორია.

საძიებო გამონამუშევრების რაოდენობა მატულობს ხიდურ გადასასვლელებთან, გვირაბების პორტალებთან, ტრასის გეოლოგიურად რთულ მონაკვეთებთან. საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოების პროცესში აუცილებელია ტრასის იმ უბნების ზუსტი დადგენა, სადაც სა-

ქირო იქნება საგზაო ნაგებობათა კონსტრუქციების გართულება ან ინდივიდუალური ტიპის სპეციალურ საინჟინრო ნაგებობათა გამოყენება.

X LVI თ ა ვ ი

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები სხვადასხვა სახის სპეციალური დანიშნულების მშენებლოგისათვის

X LVI.1. კვლევები ვიარაგების, მატროკოლიტანებისა და სხვა მიწისქვეშა ნაპეოგების მშენებლოგისათვის

მიწისქვეშა მშენებლობის დაპროექტების დროს ჩატარებული საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები სპეციფიკური ამოცანებით ხასიათდება. მშენებლობის გეოლოგიური პირობების გასაშუქებლად საჭირო ინფორმაცია აქ მიიღება ძირითადად ქანების სიმტკიცისა და დეფორმაციული თვისებების განსაზღვრის საშუალებით.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები საშუალებას იძლევა შეირჩეს გვირახის ოპტიმალური მიმართულება როგორც გეგმაზე, ასევე ჭრილში, სამთო-გამყვანი სამუშაოების ხერხი, გვირახის გასამაგრებელი დროებითი და მუდმივი სამაგრის სახეები. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების საერთო კომპლექსში გათვალისწინებული ჰიდროგეოლოგიური სამუშაოები მიწისქვეშა გამონაპეშევერებში წყლის მოძინების პროგნოზის საშუალებას იძლევა. მათი დახმარებით შეიძლება აგრეთვე წყლების აგრესიული ზემოქმედების თავიდან ასაცილებელი ღონისძიებების შემუშავება და მშენებლობის პროცესში წყალქვეყისა და წყალმომარაგების საკითხების გადაწყვეტა.

საინჟინრო-გეოლოგიური ძიების შედეგად, გარდა ზოგადი გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური საკითხებისა, საჭიროა გაშუქდეს საინჟინრო-გეოლოგიური საკითხები, რომლებსაც არსებითი მნიშვნელობა აქვთ მიწისქვეშა მშენებლობის რაციონალური მიმართულების დასადგენად. მათგან აღსანიშნავია: მასივის საერთო მდგრადობა, მისი ტექტონიკური დანაწევრების ხარისხი, ნაპრალიანობა, მიწისქვეშა სამუშაოების დროს ქანების მდგრადობის დარღვევის შესაძლო შემთხვევები (ქანების ჩამოშლა, მკურავი ქანები და სხვა), სამთო წნევის გამოვლინების პირობები და ხასიათი, ქანების სიმაგრე და მათი დამუშავების კატეგორია, სამთო სამუშაოების ჩატარების დროს მოსალოდნელი ტემპერატურა და აირგამოვლინება, მიწისქვეშა გამომუშავებული სივრცის შექმნის შედეგად მოსალოდნელი საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესები და გართულებანი.

მეტროპოლიტენების მშენებლობის დროს საინჟინრო-გეოლოგიურმა კვლევებმა, გარდა მშენებლობის გეოლოგიური პირობების დადგენისა და ზემოაღნიშნული საკითხების გადაწყვეტისა, უნდა გამოაკვიოს დასახლებული ტერიტორიების ფარგლებში მიწისქვეშა სამუშაოთა შესაძლო გავლენის ხარისხი არსებულ შენობებზე, აგრეთვე მოსალოდნელი გართულებანი მეტროპოლიტენის ექსპლუატაციის დროს წარმოქმნილი დინამიკური დატვირთვებისა და აკუსტიკური ზემოქმედების ზეგავლენით.

გვირაბებისა და მეტროპოლიტენის ტრასის გასწვრივ გაჰყავთ საძიებო გამონამუშევრები, ძირითადად, ჰაბურლილების სახით. მათი სიხშირე დამოკიდებულია გეოლოგიური პირობების სირთულეზე, სიღრმე კი დამოკიდებულია თვით ნაგებობის განლაგებაზე იმ ვარაუდით, რომ ჰაბურლილი 5—6 მეტრით ჩასცილდეს დასაპროექტებელი მიწისქვეშა ნაგებობის საგებს. იმ შემთხვევაში, თუ ამ ფარგლებში გამოვლინდა არამდგრადი ქანები, ჰაბურლილის გაყვანა საჭიროა მათ ქვეშ მდებარე მდგრადი ქანების გადაკვეთამდე.

მიწისქვეშა ნაგებობებს მიეკუთვნება მიწისქვეშა ჰიდროელექტროსადგურები, რეზერვუარები, გამწმენდი საკანალიზაციო ნაგებობანი, გადატუმბვის სადგურები და სპეციალური დანიშნულების სხვა ობიექტები.

მიწისქვეშა ნაგებობების ძირითადი თვისებაა ზედაპირიდან ღრმად განლაგება. მათი კონსტრუქციები და საძირკვლები საფუძვლის გრუნტს გადასცემენ მცირე დატვირთვას, რომლებიც ზოგჯერ გაყვანის დროს ამოღებული ქანების წონით გამოწვეულ დატვირთვაზეც მცირეა. ამიტომ ლაბორატორიული კვლევების დროს ქანების სიმტკიცის მაჩვენებელს არ ეძლევა პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა. არსებითი მნიშვნელობა აქვს ქანების მდგრადობას ქვაბულების ფერდობებზე, განსაკუთრებით მიწისქვეშა წყლების არსებობის დროს, აგრეთვე ქანების მიერ ნაგებობაზე განვითარებულ წნევის ხასიათს. არსებითი მნიშვნელობა აქვს იმის დადგენას, თუ რამდენად მდგრადია ქანი გამოფიტვის აგენტების მიმართ, ე. ი. რამდენ ხანს შეუძლია შეინარჩუნოს საწყისი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები გამონამუშევრების კედლებზე გაშიშვლების შემდეგ.

XLVI.2. კვლევები მილსადენების მშენებლობისათვის

მილსადენებით ხდება სხვადასხვა სითხეებისა და გაზების ტრანსპორტირება (წყალსადენები, ნავთობსადენები, გაზსადენები). დიდი სიგრძე და ტრასაზე არსებული ბუნებრივი დაბრკოლებები აუცილებელს ხდის მათ დაპროექტებას მიწისქვეშ (ტრანშეებში), წყალქვეშ

(წყალსაცავების ფსკერზე) და უშუალოდ მიწის ზედაპირზე (საყრდენებზე).

მილსადენების ტრასაზე განლაგებულია მომსახურების ობიექტები — სატუმბავები, წყალწნევიანი კოშკები, რეზერვუარები, საცხოვრებელი სახლები. ამ შენობებისა და ნაგებობებისათვის საინჟინრო-გეოლოგიურ კვლევებს ატარებენ სამრეწველო, საქალაქო-სადაბო მშენებლობისათვის არსებული ინსტრუქციებისა და მითითებების შესაბამისად. მილსადენებისათვის დამახასიათებელია ეს, რომ მათი ხედრითი დაწოლა გრუნტზე უმნიშვნელოა (არ აღემატება $0,2$ კგ/სმ²), მაგრამ ისინი მკვეთრად რეაგირებენ მექანიკური და ტემპერატურული დეფორმაციების მიმართ, რომლებმაც შეიძლება გამოიწვიოს ღერძული გადაადგილება და პირაპირული შეერთების დაზიანება.

მილსადენების დაპროექტებისათვის აუცილებელია საფუძვლის გრუნტების სიმტკიცის ცოდნა, აგრეთვე იმ გრუნტების დადგენა, რომლებითაც მოხდება ტრანშეების ამოვსება. გარდა ამისა, ზედმიწევნით ზუსტ შესწავლას მოითხოვს რელიეფი, მდინარეთა ხეობების აგებულების თავისებურებანი, მათი ეროზიული აქტიურობის ხარისხი, გრუნტების გაყინვის სიღრმე, სეისმურობა, მოხეტიალე დენების არსებობა, გრუნტის წყლების დონეები, აგრესიულობა, აგრეთვე ბუნებრივი გეოლოგიური მოვლენები (მეწყობები, კარსტი, ჯდომები, სელური ნაკადები, შვავები და სხვა), რომლებმაც შეიძლება უარყოფითად იმოქმედონ მილსადენების მდგრადობაზე და დააბრკოლონ სამშენებლო-საწონტაჟო სამუშაოები.

მილსადენების ტრასების საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები ტარდება ორ სტადიად: წინასწარი კვლევები — საპროექტო მოცემულობის დასაბუთებისათვის და დეტალური — სამუშაო ნახაზებისათვის. წინასწარი კვლევების დროს ხდება მილსადენის ტრასის ვარიანტის დასაბუთება. საველე პირობებში დასახულია ტრასის რამდენიმე ვარიანტი. თითოეული ტრასა შეისწავლება $400—500$ მ სიგანის ზოლში. ამ დროს ფართოდ გამოიყენება ადგილმდებარეობის აეროფოტომეტოლოგიით შესწავლა ან უკვე არსებული აეროფოტომასალის დამუშავება და ანალიზი.

საინჟინრო-გეოლოგიურ ანგარიშში მოცემული უნდა იქნეს ტრასის ყველა ვარიანტის დაპირისპირება-დახასიათება სათანადო გრაფიკული მასალით რუკებისა და ჭრილების სახით. ამასთან, რეკომენდებული უნდა იყოს ტრასის ყველაზე ხელსაყრელი ვარიანტი საინჟინრო-გეოლოგიური თვალსაზრისით.

ტრასის საბოლოოდ შერჩეულ ვარიანტზე ატარებენ დეტალურ საინჟინრო-გეოლოგიურ სამუშაოებს. წინასწარი კვლევების დროს მი-

ლებულ მასალებს ავსებენ ახალი მონაცემებით, რომლებიც მიიღება საძიებო გამონამუშევრებით, გრუნტების ლაბორატორიული შესწავლით. ლაბორატორიული კვლევების დროს დიდი ყურადღება ექცევა გრუნტების კოროზიული აქტიურობის ანალიზს და მიწისქვეშა წყლების აგრესიულობის განსაზღვრას ბეტონისა და ლითონის მიმართ.

საძიებო სამუშაოები სრულდება მცირე სიღრმის ჰაბურდილების ბურღვით. თითოეულ კილომეტრზე საშუალოდ გაჰყავთ 2 ჰაბურდილი. მათი სიღრმე 3—5 მ არ აღემატება, ხოლო დაჭაობებულ ტერიტორიებზე და მდინარეების ხეობის გადაკვეთის ადგილებში 10—15 მ აღწევს.

თუ მილსადენის ტრასა გადაკვეთს რთული საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების მქონე უბანს, ატარებენ გარკვეული მოცულობის დამატებით საძიებო სამუშაოებს. ასეთი შეიძლება იყოს მეწყურული და კარსტული უბნები, მარადმზრალობის ადგილები, მაღალსეისმური რაიონები, ლიოსები, ჰაობის გრუნტები, მკვეთრად დანაწევრებული მთიანი რელიეფი და სხვა.

დეტალური კვლევის მასალები თავს იყრის საინჟინრო-გეოლოგიურ ანგარიშში, რომელსაც იყენებენ სამუშაო ნახაზების შედგენის დროს.

X LVI.3. კვლევები ელემენტარულად მდებარე საზღვის მონაპოვებისათვის

ელექტროგადამცემი საპაერო ზაზების ეშენებლობისათვის საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები ტარდება ერთ ან ორ სტადიად. ორსტადიური კვლევები ტარდება მაღალი ძაბვის გრძელმანძილიანი ტრასებისათვის. პირველ სტადიაზე ამოირჩევა ტრასა, ჩატარდება სამუშაოები საყრდენების განლაგების პროექტის დასაბუთების და საძირკვლის კონსტრუქციების განსაზღვრისათვის მარტივ საინჟინრო-გეოლოგიურ პირობებში. ამის შემდეგ იმავე შინაარსის სამუშაოები ტარდება საინჟინრო-გეოლოგიური თვალსაზრისით არახელსაყრელ უბნებზე და წყლის წინააღმდეგობათა გადალახვის ადგილებში. საინჟინრო-გეოლოგიურ სამუშაოთა თანამიმდევრობა ისეთივეა, როგორც სხვა ტიპის ეშენებლობის დასაბუთების დროს. საძიებო გამონამუშევართა სიღრმე, გარდა გეოლოგიური პირობებისა, დამოკიდებულია დასაბურთებელი საყრდენის მიწისქვეშა ნაწილების კონსტრუქციებზე. ხიმიწერი საძირკვლებისათვის გამონამუშევრები უნდა ჩასცდეს ხიმიწვის ძირს შუალედი საყრდენებისათვის 3 მ-ით და ანკერული საყრდენებისათვის 4 მ-ით. ყველა დანარჩენი ტიპის საძირკვლებისათვის გამონამუშევრების სიღრმე შუალედი საყრდენებისათვის არ უნდა იყოს 5 მეტრზე ნაკლები, ხოლო ანკერული საყრდენებისათვის — 7 მეტრზე ნაკლები. ზოგჯერ გამონამუშევრების გაყვანის მაგივრად მი-

ძალთავეს დინამიკურ და სტატიკურ ზონდირებას. რთული საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების მქონე უბნებზე სტატიკურ ზონდირებას ატარებენ ყველა საყრდენის ფარგლებში.

XLVI.4. კვლევები აეროდრომის მონაპოვებისათვის

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები ორსტადიურია და ტარდება, პირველ რიგში, აეროდრომის განლაგების დასახული ვარიანტების კვლევისათვის და შემდგომ შერჩეული ვარიანტის დეტალურად გამოსაკვლევად.

პირველ სტადიაში ტარდება საინჟინრო-გეოლოგიური, ნიადაგური და გეობოტანიკური ავეგმვები, რასაც თან ახლავს სამთო გამოწამუშევრების გაყვანა, ტარდება დასინჯვა, სტატიკური და დინამიკური ზონდირება, აგროტექნიკური და ჰიდროგეოლოგიური კვლევები. საძიებო გამონამუშევრების უმეტესობა ვაჭყავთ ძირითადად საფრენ ზოლებზე. მარტივი გეოლოგიური პირობების დროს გამონამუშევრებს განლაგებენ 200×200 მ ბადეზე, რთული პირობების დროს გამონამუშევრების სიხშირე მატულობს.

მეორე სტადიაში ძიება ტარდება იმ მოცულობით, რომელიც უზრუნველყოფს აეროდრომის კომპლექსში შემავალ ნაგებობათა დაპროექტებას დაგეგმარების მიღებული ვარიანტის მიხედვით. ძიების მონაცემები ავსებენ და აზუსტებენ პირველ სტადიაზე ჩატარებულ კვლევებს. კვლევის ამ სტადიაზე გადაწყდება ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების დრენაჟის საკითხები.

მნიშვნელოვნად იზრდება საინჟინრო-გეოლოგიურ სამუშაოთა მოცულობა აეროდრომის ტერიტორიაზე ჯდომადი, დაქაობებული, ტორფიანი და მარილიანი ზედაპირული გრუნტების შემთხვევაში. ამ დროს აუცილებელია გრუნტების ინდივიდუალური სამშენებლო თვისებებიდან გამომდინარე სპეციალური კვლევების ჩატარება ამ გრუნტების მდგრადობის უზრუნველსაყოფად ობიექტის ექსპლუატაციის დროს.

XLVII თავი

სამშენებლო მასალების ძებნა-ძიების საკითხები

XLVII.1. სამშენებლო მასალების საბადოები

დედამიწის წიაღში მრავლად არის სასარგებლო წიაღისეული, რომლის ცალკეული დანაგროვებები წარმოქმნიან საბადოებს. არსებობს მადნეული და არამადნეული საბადოები. არამადნეული საბადოების შედგენილობაში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ქანებს, რომლე-

ბიკ წარმოადგენენ ბუნებრივ სამშენებლო მასალას ან ნედლეულს სამშენებლო მასალის წარმოებისათვის.

ბუნებრივ სამშენებლო მასალას მიეკუთვნება სხვადასხვა წარმოშობის, შედგენილობისა და ფიზიკური თვისებების მქონე ქანები, რომელთა გამოყენება შესაძლებელია სამშენებლო პრაქტიკაში ბუნებრივი სახით. ასეთებია სამშენებლო ქვა, ქვიშა, თიხა, ხრეში, ლორღი. რიგ შემთხვევაში ქანები წარმოადგენენ მხოლოდ ნედლეულს ამა თუ იმ სახის სამშენებლო მასალების დასამზადებლად. ასე, მაგალითად, მერგელები გამოიყენება ცემენტის მისაღებად, თიხები და თიხნარები — აგურის, კრამიტის ნედლეულია და ა. შ.

სამშენებლო მასალების გამოყენებას განსაზღვრავს, თუ რამდენად რენტაბელურია მათი მოპოვება. თუ ეს მასალები მიუწვდომელ ადგილებში ან დედამიწის ზედაპირიდან ღრმა ზონებში მდებარეობენ, მოპოვება დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული და ამიტომ მათი გამოყენება მიზანშეწონილი არ არის. სამშენებლო მასალის სიახლოვე სამშენებლო ობიექტთან და მოპოვების სიადვილე მათი გამოყენების რეალურ საშუალებას ქმნის. სამშენებლო მასალების საბადოების დამუშავება უმეტეს შემთხვევაში ღია, კარიერული წესით ხდება. ზოგჯერ მშენებლობაში გამოყენებულ ქანებს ისეთი თვისებები აქვთ, რომ ისინი ბუნებრივად არიან დაშლილ-დანაწევრებულნი მეტნაკლებად პარალელური ნაპრალებით და მათი ცალკეულ ბლოკებად დამზადება ადვილია (მაგალითად, ბაზალტები). ზოგ შემთხვევაში კი საჭირო ხდება მასიური ქანის დატეხა ან დაჭრა ცალკეულ ბლოკებად. რა თქმა უნდა, სამშენებლო მასალა საბადოდან მშენებლობაზე მიტანამდე გაივლის გარკვეულ ტექნოლოგიურ ციკლს იმისათვის, რომ იგი მომზადდეს თანაბარი ზომის ბლოკებად, გაითალოს, გაიშლიფოს და მიეცეს საჭირო ფორმა. ხშირად საჭიროა მასალის დამტკრევა ღორღად ან დაქუცმაცება სპეციალურ მოწყობილობებში.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ერთ-ერთი ამოცანაა სამშენებლო მასალის საბადოთა ძებნა-ძიება, კერძოდ, საბადოს ან კარიერის გამოვლენა სამშენებლო ობიექტის სიახლოვეში, სამშენებლო მასალის ხარისხის, მარაგის, წოლის პირობების განსაზღვრა და მისი ექსპლუატაციის გზების დასახვა.

XLVII.2. სამშენებლო მასალების საბადოთა ძებნა

ძებნა მიმდინარეობს საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში წინასწარ დამუშავებული გეგმით, რომელსაც საფუძვლად უდევს გეოლოგიური მასალის ზედმიწევნით დეტალური გაცნობა და წინა კვლევების შედეგები. ძებნითი სამუშაოების წარმატებით ჩატარების შემთხ-

ვევაში უნდა გამოვლინდეს საჭირო წიაღისეული, აღებულ იქნეს სინჯები წინასწარი შეფასებისათვის, მიახლოებით განისაზღვროს მარაგები და შეფასდეს შემდგომი საძიებო სამუშაოთა მიზანშეწონილობა.

მოსამზადებელი სამუშაოების შემდეგ საბადოს ფარგლებში ხდება ადგილმდებარეობის გულდასმით დათვალიერება. შეისწავლიან ბუნებრივ გაშიშვლებებს და საჭიროების შემთხვევაში გაიყვანენ საძიებო გამონაჟუშევრებს უმეტესად შურფებისა და განაწმენდების სახით.

ძებნითი სამუშაოების შედეგად შედგება სქემატური რუკა, რომელზედაც აღნიშნულია სასარგებლო წიაღისეულის გამოვლინებული საბადოები და კარიერები. განმარტებით ბარათში მოცემულია მათი განლაგება, მასალის ხარისხობრივი და რაოდენობრივი შეფასება, მომავალ სამუშაოთა მიმართულება და სასარგებლო წიაღისეულის გამოყენების საკითხები.

XLVII.3. სამშენებლო მასალის საბადოთა ძიება

საბადოს ძიებაში არჩევენ წინასწარ და დეტალურ ეტაპებს. წინასწარი ძიების დროს დაადგენენ წიაღისეულის განლაგების გეოლოგიურ პირობებს: სიღრმეს, იმ ქანების სისქეს, რომელიც ფარავს ზემოდან წიაღისეულს, სასარგებლო წყების სისქეს და წოლის ფორმას, მიწისქვეშა წყლების ხასიათს და ა. შ. ეს მონაცემები საშუალებას იძლევა შემოკონტურდეს სასარგებლო წიაღისეულის საბადო და შეირჩეს ექსპლუატაციისათვის ყველაზე გამოსადეგი უბნები. წინასწარი ძიება გულისხმობს აგრეთვე საბადოს მარაგის გათვლას, წიაღისეულის ხარისხის შესწავლას და მისი ექსპლუატაციის პირობების შეფასებას. სამშენებლო მასალის ძიების დროს მნიშვნელოვანია განვსაზღვროთ მისი ტრანსპორტირებისა და დანიშნულების ობიექტზე მიტანის შესაძლებლობა.

საბადოს დამუშავების მიზანშეწონილობა უნდა დადგინდეს ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზის საფუძველზე და ბევრად არის დამოკიდებული წიაღისეულის ზევით განლაგებული ქანების სისქის შეფარდებაზე წიაღისეულის სისქესთან $\frac{h}{l}$. ამ შეფარდებას გეოლოგიური

კოეფიციენტი ეწოდება. საბადოს ღირებულება და რენტაბელობა იზრდება ამ კოეფიციენტის შემცირებით. ეკონომიკურად მიზანშეწონილია შეფარდება 2:1. ლინზისმაგვარი საბადოსათვის დასაშვებია 1:1 მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ სასარგებლო ფენა განლაგებულია ზედაპირიდან 3—5 მ ფარგლებში.

საბადოს საზღვრების დადგენა ხდება სწორ ბადეზე განლაგებულ სამთო გამონამუშევრებით (შურფები, ქაბურღილები). მათ შორის მანძილი საშუალოდ 50—100 მეტრია. თუ საბადოს ნაწილი ზედაპირზე გამოდის, საკმარისია გაშიშვლების შესწავლა და საჭიროებისას მკერე სიღრმის შურფების ან განაწმენდების გაყვანა. ამ მონაცემებით ადგენენ წიაღისეულის ფორმას და მის მდებარეობას.

ძიების ერთ-ერთი შემადგენელი ელემენტია საბადოს დასინჯვა. დასინჯვა საშუალებას იძლევა განისაზღვროს წიაღისეულის ხარისხი. ლაბორატორიული კვლევისათვის საჭიროა სინჯის შემდეგი რაოდენობა: 1) ქვიშა 2—3 კგ; 2) ლორღი 10—15 კგ; 3) ქვა 15—20 კგ და ა. შ.

მარაგების გამოთვლა შემოკონტურებულ ტერიტორიაზე სხვადასხვა ხერხით ხდება. ყველაზე ხშირად იყენებენ საშუალო არითმეტიკულ ან განივი კვეთების მეთოდებს. ჯერ გამოითვლიან წიაღისეულის კონტურის ფართობს, შემდეგ ადგენენ მის საშუალო სიმძლავრეს ქაბურღილებში აღებული სიმძლავრეების ჯამის გაყოფით ქაბურღილების რაოდენობაზე. ფარდობისა და საშუალო სიმძლავრის ნამრავლი იძლევა მიახლოებით მარაგს.

ანალოგიური წესით შეიძლება განისაზღვროს იმ ფუჭი ქანის მოცულობა, რომელიც უნდა მოიხსნას საბადოს თავზე, რათა შეიქმნას საბადოს უშუალოდ დამუშავების საშუალება.

დეტალური ძიებისათვის ირჩევენ ერთ ან რამდენიმე უბანს, რომლებიც ყველაზე სრულად პასუხობენ ტექნიკური დავალების მოთხოვნებს. ამ უბნებზე ხდება მარაგების დაზუსტება, დამატებითი გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური მონაცემების შეკრება და წიაღისეულის დეტალური დასინჯვა.

XLVII.4. სასარგებლო წიაღისეულის მარაგების კლასიფიკაცია

საბჭოთა კავშირში მიღებულია სასარგებლო წიაღისეულის მარაგების კლასიფიკაცია A, B და C კატეგორიების მიხედვით. ამასთან A და C კატეგორიები, თავის მხრივ, იყოფა A_1 , A_2 , C_1 და C_2 კატეგორიებად.

A_1 კატეგორიის მარაგები მთლიანად არის შესწავლილი და შემოკონტურებული სამთო გამონამუშევრებით, შესწავლილია მათი ხარისხი, მოპოვების ტექნოლოგია და სამრეწველო მასშტაბით დამუშავების ზერხი. A_2 კატეგორიის მარაგები დეტალურად არის დაძიებული და შემოკონტურებული საძიებო გამონამუშევრებით. B კატეგორიის მარაგები დაძიებული და შემოკონტურებულია საძიებო გამონამუშევრებით. C_1 კატეგორიის მარაგები განსაზღვრულია გამონამუშევართა არაწმირი ბადით. C_2 კატეგორიის მარაგები ნავარაუდევია ზოგადგეოლოგიური მონაცემებით, მაგრამ დამტკიცებულია ცალკეული საძიებო გამონამუშევრებით. ამ კატეგორიის მარაგები საფუძველს ქმნის საბადოს შემდგომი ძიებისათვის.

ლიტერატურა

1. Ананьев В. П., Коробкин В. И. «Инженерная геология». М., «Высшая школа», 1973.
2. Богомолов Г. В., «Гидрогеология с основами инженерной геологии». М., «Высшая школа», 1975.
3. Бочевер Ф. М., Гармонов И. В., Лебедев А. В., Шестаков В. М., «Основа гидрогеологических расчетов». М., «Недра», 1969.
4. Дранников А. М. «Инженерная геология», Киев, «Госстройиздат», 1959.
5. Коломенский Н. В., Комаров Н. С. «Инженерная геология» М., «Высшая школа», 1964.
6. Коломенский Н. В., «Общая методика инженерно-геологических исследований», М., «Недра», 1968.
7. Кузнецов Е. А., «Краткий курс петрографии магматических и метаморфических пород. М., Изд-во МГУ, 1970.
8. Ломтадзе В. Д. «Инженерная геология, Инженерная петрология» Л., «Недра», 1970.
9. Ломтадзе В. Д. «Инженерная геология. Инженерная геодинамика», «Недра», 1977.
10. Ломтадзе В. Д. «Методы лабораторных исследований физико-механических свойств горных пород», Л., «Недра», 1972.
11. Маслов Н. Н., Котов М. Ф. «Инженерная геология». М., Стройиздат, 1971.
12. Овчинников А. М. «Общая гидрогеология», М., «Госгеолтехиздат», 1955.
13. Паянков П. Н. «Инженерная геология» М., «Госгортехиздат», 1962.
14. Пешковский Л. М., Перескокова Т. М. «Инженерная геология». М., «Высшая школа», 1971.
15. Попов И. В. «Инженерная геология. М., Изд-во МГУ, 1959.
16. Справочник по инженерной геологии. Под ред. М. В. Чурминова. М., «Недра», 1968.
17. Толстой М. П., Малыгина В. А. «Основы геологии и гидрогеологии». М., «Недра», 1976.
18. ხ ი რ ტ ლ ა ძ ე . პეტროგრაფია მინერალოგიის საფუძვლებით. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1970.
19. გ კ ო ხ ო ნ ე ლ ი ძ ე . ლაბორატორიული პრაქტიკუმი საინჟინრო გეოლოგიაში. თბილისი, ვ. ი. ლენინის სახ. საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის გამომცემლობა, 1961.

შინაარსი

წინასიტყვაობა	3
შესავალი	5

პირველი ნაწილი
გეოლოგიის საფუძვლები

I თავი. გეოლოგიის საგანი და კვლევის მეთოდები	7
II თავი. ზოგადი ცნობები დედამიწის შესახებ	9
დედამიწის წარმოშობა და აგებულება	9
III თავი. ქანმანაწილი მიწის ქანები	14
III.1. ზოგადი ცნობები	14
III.2. მინერალთა მორფოლოგიური ნიშნები და ფიზიკური თვისებები	15
III.3. მინერალთა კლასიფიკაცია და აღწერა	19
IV თავი. მაგმური ქანები	31
IV.1. ზოგადი ცნობები ქანების შესახებ	31
IV.2. მაგმური ქანების წარმოქმნის პირობები და ნიშანთვისებანი	32
IV.3. მაგმური ქანების წოლის ფორმები	34
IV.4. მაგმური ქანების ძირითადი წარმომადგენლების დახასიათება	36
V თავი. დანალექი ქანები	42
V.1. დანალექი ქანების წარმოქმნის პირობები და ნიშანთვისებანი	42
V.2. მექანიკური ანუ ნამტვრევი ქანები	46
V.3. ქიმიური დანალექი ქანები	49
V.4. ორგანოგენული დანალექი ქანები	50
VI თავი. მეტამორფული ქანები	53
VI.1. მეტამორფული ქანების წარმოქმნის პირობები	53
VI.2. მეტამორფული ქანების ძირითადი წარმომადგენლების დახასიათება	55
VII თავი. გეოლოგიური ქრონოლოგია	56
VII.1. ქანების აბსოლუტური და შეფარდებითი ასაკი	56
VII.2. გეოლოგიური დროის სკალა	57
VIII თავი. ტექტონიკური მოვლენები	60
VIII.1. ტექტონიკური მოვლენების ზოგადი დახასიათება	60
VIII.2. დედამიწის ქერქის რხევითი მოძრაობა	61
VIII.3. დისლოკაციები დედამიწის ქერქში	63
VIII.4. შრეების სივრცობრივი მდებარეობის განსაზღვრა	67
IX თავი. ვულკანიზმი	68
X თავი. სეისმური მოვლენები	72
X.1. ზოგადი ცნობები	72
X.2. მშენებლობა სეისმურ რაიონებში	79
XI თავი. გეომორფოლოგიის საფუძვლები	84
XI.1. ზოგადი ცნობები	84
XI.2. რელიეფის ელემენტები და ფორმები	85
XI.3. რელიეფის ტიპები	86
XI.4. გეომორფოლოგიის მნიშვნელობა საინჟინრო-გეოლოგიურ კვლევებში	87

მეორე ნაწილი

მიწისქვეშა წყლები

XII თავი. ჰიდროგეოლოგიის საფუძვლები	89
XII.1. ჰიდროგეოლოგიის კვლევის საგანი	89
XII.2. წყალი დედამიწაზე და მისი წრებრუნვა ბუნებაში	90
XII.3. მიწისქვეშა წყლების წარმოშობა	91
XII.4. მიწისქვეშა წყლების ფიზიკური თვისებები და ქიმიური შედგენილობა	93
XII.5. წყლის სახიზრებელი ქანებში	
XIII თავი. მიწისქვეშა წყლების ტიპების დახასიათება	102
XIII.1. მიწისქვეშა წყლების კლასიფიკაცია	102
XIII.2. ზედა წყლები	104
XIII.3. გრუნტის წყლები	105
XIII.4. ფენათშორისი მიწისქვეშა წყლები	109
XIII.5. ნაპრალო წყლები	112
XIII.6. კარსტული წყლები	113
XIII.7. წყაროები	114
XIV თავი. მიწისქვეშა წყლების რეჟიმი და რესურსები	116
XIV.1. მიწისქვეშა წყლების რეჟიმზე მოქმედი ფაქტორები	116
XIV.2. მიწისქვეშა წყლების დონეებზე დაკვირვება ქაბურღილებში	117
XIV.3. გრუნტის წყლების რუკები	118
XV თავი. მიწისქვეშა წყლების მოძრაობა	119
XV.1. ზოგადი ცნობები	119
XV.2. მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის ძირითადი კანონი	120
XV.3. მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის მიმართულებისა და სიჩქარის განსაზღვრა	126
XVI თავი. მიწისქვეშა წყლების მოდინება წყალშემკრები ნაგებობისაკენ	128
XVI.1. ზოგადი ცნობები	128
XVI.2. დეპრესიული ძაბრისა და გავლენის რადიუსის ცნება	130
XVI.3. მიწისქვეშა წყლების მოდინება კისაკენ (ქაბურღილისაკენ)	132
XVI.4. წყლის მოდინება არხებში	137
XVI.5. წყლის მოდინება ქვაბულში	138
XVII თავი. მიწისქვეშა წყლები, როგორც მშენებლობის გამართულზელი ფაქტორი	139
XVII.1. მიწისქვეშა წყლების დონეთა ცვალებადობის გავლენა ნაგებობის მდგრადობაზე	139
XVII.2. წყლის აგრესიული ზემოქმედება სამშენებლო მასალაზე	141
XVII.3. მიწისქვეშა წყლებთან ბრძოლის მეთოდები. დრენაჟი და მისი სახეები	142

მესამე ნაწილი

გრუნტმცოდნეობის საფუძვლები

XVIII თავი. ქანები, როგორც საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევის საგანი, ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური კლასიფიკაცია	149
XVIII.1. გრუნტის განმარტება	149
XVIII.2. ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური კლასიფიკაცია	150
XIX თავი. ქანების ნივთიერი შედგენილობა და აღნაგობა, როგორც მათი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების განმსაზღვრელი ფაქტორი	152
XIX.1. ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების რაობა	152
XIX.2. ქანების ნივთიერი შედგენილობის და აღნაგობის შესწავლის მეთოდები	154
XIX.3. გრანულომეტრიული შედგენილობა	154
XIX.4. მინერალური შედგენილობა	157

XX თავი. ქანების ფიზიკური და წყლოვანი თვისებები	159
XX.1. ქანების ფიზიკური და წყლოვანი თვისებების ძირითადი მაჩვენებლები	159
XX.2. ქანების კუთრი და მოცულობითი წონა	159
XX.3. ქანების ფორიანობა	161
XX.4. ქანების ტენიანობა	162
XX.5. ქანების პლასტიკურობა	162
XX.6. თიხიანი ქანების წყალში დასველების სიჩქარე	164
XX.7. ბურცვა და შეკლება	164
XX.8. ქანების ტენტევალობა	166
XX.9. ქანების წყალგაცემა	166
XX.10. ქანების კაპილარობა	167
XX.11. ქანების წყალშედუნება	168
XXI თავი. ქანების მექანიკური თვისებები	168
XXI.1. ქანების მექანიკური თვისებების ძირითადი მაჩვენებლები	168
XXI.2. ქანების სიმტკიცის მაჩვენებლები	169
XXI.3. ქანების დეფორმაციული თვისებების მაჩვენებლები	177
XXII თავი. ქანების ცალკეული ჯგუფების დახასიათება	180
XXII.1. კლდოვანი ქანები	180
XXII.2. ნახევრად კლდოვანი ქანები	183
XXII.3. ფხვიერი შეუკავშირებელი ქანები	186
XXII.4. რბილი შეუკავშირებელი თიხოვანი ქანები	187
XXII.5. განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობისა და თვისებების ქანები (ნილაგი, ნაყარი გრუნტი)	190
XXIII თავი. ქანების თვისებების ხელოვნურად გაუმჯობესების მეთოდები	192

მეოთხე ნაწილი

ბუნებრივი გეოლოგიური და საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესები	195
XXIV თავი. ბუნებრივი გეოლოგიური და საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესების ურთიერთდაპირისპირება	195
XXV თავი. ქანების გამოფიტვა	197
XXV.1. გამოფიტვის პროცესის ზოგადი დახასიათება	197
XXV.2. გამოფიტვის სახეები	198
XXV.3. გამოფიტვის ქერქი და მისი საინჟინრო-გეოლოგიური მნიშვნელობა	202
XXV.4. ქანების დაცვა გამოფიტვისაგან	205
XXVI თავი. ქარის გეოლოგიური მოქმედება	206
XXVI.1. ქანების დაშლა ქარის ზემოქმედებით	206
XXVI.2. ეოლური ნალექები	208
XXVII თავი. ზედაპირული წყლის ნაკადების გეოლოგიური მოქმედება	210
XXVII.1. ზედაპირული ჩამორეცხვა, დელუვიური ნალექები, ნილაგის ეროზია	210
XXVII.2. ხრამების წარმოშობა	212
XXVII.3. მდინარის გეოლოგიური მოქმედება. მდინარეული ხეობის აგებულება	214
XXVII.4. ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებანი	220
XXVII.5. სელური ნაკადები	222
XXVIII თავი. ზღეების გეოლოგიური მოქმედება	225
XXVIII.1. აბრაზიის პროცესი	225
XXVIII.2. აბრაზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებანი	229
XXIX თავი. ტბებისა და წყალსაცავების გეოლოგიური მოქმედება. ქაობები	231
XXIX.1. ტბები, ტბური ნალექები	231
XXIX.2. ქაობები, ქაობის ნალექები	232
XXIX.3. წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავება	234
XXX თავი. მყინვარების გეოლოგიური მოქმედება	237
XXX.1. თოვლის საფარი და მყინვარების წარმოქმნა	237

XXX.2.	მყინვარული ნალექების წარმოქმნა და მათი თვისებები	239
XXXI	თავი. ქანების მოძრაობა ფერდობებზე სიმძიმის ძალის გავლენით	241
XXXI.1.	გრავიტაციული პროცესების ზოგადი დახასიათება	241
XXXI.2.	შევი	241
XXXI.3.	ზევი	246
XXXI.4.	მეწყური	247
XXXI.5.	მეწყური პროცესის დინამიკა და ფერდობის მდგრადობის შეფასება	253
XXXI.6.	მეწყურების კლასიფიკაცია	255
XXXI.7.	მეწყურსაწინააღმდეგო ღონისძიებანი	257
XXXI.8.	მშენებლო სამუშაოები მეწყურულ ზონაში და ფერდობებზე	259
XXXII	თავი. კარსტული პროცესები	260
XXXIII	თავი. სუფოზია. მტურავე ქანები	265
XXXIII.1.	სუფოზია	265
XXXIII.2.	მტურავე ქანები	268
XXXIV	თავი. ლიოსური ქანების დეფორმაციები	271
XXXIV.1.	ლიოსების ზოგადი დახასიათება	271
XXXIV.2.	ლიოსების ქლომადი თვისებები	273
XXXIV.3.	მშენებლობა ლიოსებზე	278
XXXV	თავი. სეზონური და მუდმივი მზრალობა	280
XXXV.1.	ქანების სეზონური მზრალობა	280
XXXV.2.	მუდმივი ანუ მრავალწლიანი მზრალობა	281
XXXV.3.	მშენებლობა მუდმივი მზრალობის რაიონებში	285
XXXVI	თავი. ქანების დეფორმაციები მიწისქვეშა სამუშაოების დროს	289
XXXVI.1.	სამთო წნევები მიწისქვეშა გამონაშუქვებში	289
XXXVI.2.	ზედაპირული ძვრები მიწისქვეშა სამუშაოების გავლენით	292

მეხუთე ნაწილი

	საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების შინაარსი და მეთოდები	296
XXXVII	თავი. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების მიზანდასახულობანი	296
XXXVIII	თავი. საველე საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები	298
XXXVIII.1.	საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვა	298
XXXVIII.2.	გეოლოგიური რუკები	300
XXXVIII.3.	საძიებო გამონაშუქვები	304
XXXVIII.4.	ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური დასინჯვა	310
XXXVIII.5.	საინჟინრო-გეოლოგიურ კვლევებში გამოყენებული გეოფიზიკური მეთოდები	311
XXXVIII.6.	ქანების თვისებების შესწავლა საველე პირობებში	314
XXXVIII.7.	სტაციონარული საინჟინრო-გეოლოგიური დაკვირვებანი	319
XXXIX	თავი. ლაბორატორიულ-ქამერალური საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები	321
XXXIX.1.	ქანებისა და მიწისქვეშა წყლების შედგენილობისა და თვისებების ლაბორატორიული შესწავლა	321
XXXIX.2.	აეროფოტომასალების გამოყენება	323
XXXIX.3.	საინჟინრო-გეოლოგიური ანგარიშისა და დასკვნის შედგენა	324

მექვესე ნაწილი

	საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები სხვადასხვა სახის მშენებლობასთან დაკავშირებით	326
XL	თავი. მშენებლობის დაპროექტების სტადიები	326
XLI	თავი. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები სამრეწველო ნაგებობათა მშენებლობისათვის	328
XLI.1.	წინასწარი საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები	329

XL1.2.	დეტალური საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები	332
XLII	თავი. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები საქალაქო მშენებლობისათვის	334
XLII.1.	კვლევები პირველი რიგის მშენებლობის დაგეგმარებისა და განლაგების გეგმის პროექტისათვის	334
XLII.2.	კვლევები დეტალური დაგეგმარების პროექტისათვის	337
XLII.3.	კვლევები განაშენიანების პროექტისათვის	338
XLIII	თავი. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები ცალკეული შენობის ან ნაგებობის მშენებლობისათვის	339
XLIII.1.	კვლევები ცალკეულ შენობათა მშენებლობის პროექტისათვის	339
XLIII.2.	კვლევები შენობებზე დაშენებისათვის	341
XLIV	თავი. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები ჰიდროტექნიკური მშენებლობისათვის	344
XLIV.1.	ზოგადი საკითხები	344
XLIV.2.	კვლევები მდინარის კომპლექსური გამოყენების სქემის დასაბუთების დროს	346
XLIV.3.	კვლევები ტექნიკური პროექტის სტადიაში	347
XLIV.4.	კვლევები სამუშაო ნახაზების სტადიაში	348
XLV	თავი. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები საგზაო მშენებლობისათვის	348
XLVI	თავი. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები სხვადასხვა სახის სპეციალური დანიშნულების მშენებლობისათვის	350
XLVI.1.	კვლევები გვირაბების, მეტროპოლიტენებისა და სხვა მიწისქვეშა ნაგებობების მშენებლობისათვის	350
XLVI.2.	კვლევები მილსადენების მშენებლობისათვის	351
XLVI.3.	კვლევები ელექტროგადამცემი ხაზების მშენებლობისათვის	353
XLVI.4.	კვლევები აეროდრომების მშენებლობისათვის	354
XLVII	თავი. სამშენებლო მასალების ძებნა-ძიების საკითხები	354
XLVII.1.	სამშენებლო მასალების საბადოები	354
XLVII.2.	სამშენებლო მასალების საბადოების ძებნა	355
XLVII.3.	სამშენებლო მასალების საბადოთა ძიება	356
XLVII.4.	სასარგებლო წიაღისეულის მარაგების კლასიფიკაცია	357
	ლიტერატურა	358

Чхендзе Давид Владимирович
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ
(на грузинском языке)

რეცენზენტები:

ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფ. გ. კოხოხელიძე
გეოლოგია-მინერალოგიის მეცნიერებათა კანდიდატი, დოც. მ. შარიქაძე.

ნაშრომი რეკომენდებულია ვ. ი. ლენინის სახელობის საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის გეოლოგიური ფაкультეტის სამეცნიერო საბჭოს მიერ

ИБ № 750

რედაქტორი დოც. შ. ზვინაძეძე

გამომცემლობის რედაქტორი ჩ. გურგენიძე
მხატვრული რედაქტორი თ. მესხი
ტექნიკური რედაქტორი ნ. ძნელიაძე
უფრ. კორექტორი მ. კეზულაძე
კორექტორი ლ. გოგეშვილი
გამომშვები თ. შაქავარიანი

გადაეცა წარმოებას 2/Х1-78 წ. ხელმოწერილია დასაბეჭდად
20/VII-79 წ. ქალაქის ზომა 60X90¹/₁₆. საბეჭდი ქალაქი № 1.
ნაბეჭდი თაბახი 22,75. სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 21,53.
№ 00420. ტირაჟი 2000. შეკვ. № 1209
ფასი 1 მან. 5 კაპ.

გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი, მარჯანიშვილის ქ. № 5.
Издательство «Ганатлеба», Тбилиси, ул. Марджанишвили № 5.

1979

საქართველოს სსრ გამსახკომის საგამომცემლო-პოლიგრაფიული გაერთიანება „განათლების“ კომბინატი, თბილისი, მარჯანიშვილის ქ. № 5.

Комбинат издательско-полиграфического объединения «Ганатлеба», Госкомиздата Грузинской ССР, Тбилиси, ул. Марджанишвили, 5.