

მ. ლავიაშვილი

ბრუნტმცოდნეობა

საინჟინრო პეტროლოგია

(სახელმძღვანელო)

თბილისი
2013

წინასიტყვაობა

სახელმძღვანელო ეხება საინჟინრო გეოლოგიურ კლასიფიკაციაში მიღებული სხვადასხვა ჯგუფის ქანების რაგვარობისა და მდგომარეობის, გრანულომეტრიული და ნივთიერი შედგენილობის, ფიზიკურ-მექანიკური და წყლოვანი თვისებების თეორიული, საველე-ვიზუალური და ლაბორატორიული სამუშაოების კვლევით ორგანიზაციას, მათი ჩატარებისა და დამუშავების რაციონალურ თანამიმდევრობას, მიღებული შედეგების გამოსახვის როგორც არსებულ, ისე ჩვენს მიერ შემუშავებულ ახალ ხერხებს, საანგარიშო მაჩვენებლების მათემატიკურ-სტატისტიკურ დამუშავებას, სხვადასხვა ჯგუფის ქანებზე შენობანაგებობების დაპროექტების თავისებურებებს, ტექნიკური ანგარიშის შედგენის სქემასა და მის შინაარსს. სახელმძღვანელოში აღწერილია ის ხელსაწყოები და მოწყობილობები, რომლებიც გამოიყენება ქანების აღნიშნული თვისებების შესწავლისას.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია საინჟინრო გეოლოგიის სპეციალისტების სტუდენტებისა და სპეციალისტთა იმ წრისათვის, რომლებიც შეისწავლიან ქანებს სხვადასხვა დანიშნულების ნაგებობების მშენებლობის საკითხებთან დაკავშირებით.

შესავალი

გრუნტმცოდნეობა საინჟინრო გეოლოგიის დამოუკიდებელი, შედარებით ახალი მიმართულებაა. გრუნტი ქანის პირობითი გამოყენებითი სახელწოდებაა. იგი ადამიანის საინჟინრო საქმიანობის ობიექტია და მასში გულისხმობენ ნებისმიერ ნიადაგსა და ქანს, რომელსაც იყენებენ როგორც ბუნებრივ ფუძეს, გარემოს ან საშენ მასალას სხვადასხვა ტიპისა და დანიშნულების ნაგებობებისათვის.

გრუნტმცოდნეობა მტკიცე თეორიულ საფუძველზეა დამყარებული. მისი წარმოშობისა და განვითარების უმთავრესი ფაქტორია ადამიანის სამშენებლო საქმიანობა. იგი შეისწავლის ქანების შედგენილობას (სტრუქტურას), აღნაგობას (ტექსტურას), ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებსა და მათი გაუმჯობესების ხელოვნურ მეთოდებს.

ამჟამად გრუნტმცოდნეობა შინაარსობრივად უფრო ფართო ცნებაა და მოიცავს ქანების პეტროლოგიური კვლევის ამოცანებსაც, კერძოდ, ყველა იმ პროცესის შესწავლას, რომლებიც განაპირობებენ ქანების წარმოშობისა და მათი შემდგომი სახეცვლის კანონზომიერებებს, წოლის პირობების, ნაპრალოვნების, გამოფიტვის, დაძაბული მდგომარეობის, მშენებარე ნაგებობათა, საინჟინრო საქმიანობისა და სხვა ფაქტორების გავლენას ქანების თვისებებზე. აღნიშნულის გამო სპეციალისტთა დიდი ნაწილი გრუნტმცოდნეობას საინჟინრო პეტროლოგიას უწოდებს.

სამშენებლო საქმიანობა ცვლის ბუნებრივ ფიზიკურ-გეოლოგიურ პროცესებს. ერთ შემთხვევაში იგი მცირდება ან წყდება, სხვა შემთხვევებში ძლიერდება ან წარმოიქმნება ახალი. ამიტომ გრუნტების ვარგისიანობის დადგენა მშენებლობის ან ტერიტორიის სამეურნეო ათვისების თვალსაზრისით მეტად საპასუხისმგებლო და მნიშვნელოვანი ამოცანაა.

I თავი

ქანმაშენი მინერალები და ქანების ძირითადი ბენეტიკური ტიპები

I.1. მინერალთა ფიზიკური თვისებები და კლასიფიკაცია

ადამიანის საინჟინრო საქმიანობა ძირითადად მოიცავს დედამიწის ქერქის ზედა სფეროს ანუ ლითოსფეროს შესწავლას, რომლის აგებულებაში მონაწილეობენ სხვადასხვა შედგენილობისა და წარმოშობის მინერალები და ქანები.

მინერალი ერთი ან რამდენიმე ელემენტის შემცველი ბუნებრივი სხეულია, რომელსაც აქვს გარკვეული ქიმიური შედგენილობა, ფიზიკური თვისებები და წარმოქმნილია მიწის ქერქში მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესების შედეგად. მინერალები გარკვეული ხარისხით განსაზღვრავენ ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს, ხშირად განაპირობებენ მათ დასახელებას და საინჟინრო-გეოლოგიური თვალსაზრისით განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევენ.

დედამიწის ქერქი შეიცავს რამდენიმე ათას მინერალს და მის სახესხვაობებს, მაგრამ მათი უმეტესობა გვხვდება იშვიათად და მხოლოდ 30-40 ითვლება ე.წ. ქანმაშენად.

აგებულების მიხედვით მინერალები იყოფა კრისტალურ და ამორფულ სხეულებად. კრისტალურ მინერალებს აქვს უნარი, წარმოქმნან მხოლოდ მათთვის დამახასიათებელი სწორი გეომეტრიული ფორმის სხეულები, ამორფულ ნივთიერებებს კი ახასიათებს ნაღვენთი ფორმები პრიალა ბორცვიანი ზედაპირით.

ქანმაშენ მინერალებს შორის არჩევენ მთავარსა და მეორეხარისხოვანს (აქცესორულს), რომლებიც განსაზღვრავენ ქანის ამა თუ იმ სახეს და მის სახესხვაობას.

მინერალებს აქვს მეტნაკლებად მუდმივი ქიმიური შედგენილობა, მორფოლოგიური (გარეგანი) ნიშნებისა და ფიზიკური თვისებების გარკვეული მახასიათებლები.

გარეგანი ნიშნების მიხედვით გამოყოფენ მარცვლოვან, ნემსისებრ, პრიზმულ, ბოჭკოვან, ფირფიტოვან, ფურცლოვან, ქერცლოვან, ფარულკრისტალურ და ოლითურ (სფეროსებურ წარმონაქმნებს) ტიპის მინერალებს.

ფიზიკური თვისებებიდან აღსანიშნავია: ფერი, მონატეხი, ტკეწვადობა, სიმაგრე, სიმკვრივე, ელვარება, გამჭვირვალობა და სხვ.

მინერალის ფერი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი დამახასიათებელი ნიშანია, ამიტომ ბევრ მათგანს ამ ნიშნის მიხედვით აქვს მიღებული სახელწოდება. მაგალითად ქლორიტი (“ქლოროს” ბერძნ. – მწვანე), ლაზურიტი (“ლაზურ” ფრანგ. ლაჟვარდი) და სხვ. მინერალის ფერად ითვლება იმ ხაზის ფერი, რომელსაც ის ტოვებს მოუჭიქურებულ ფაიფურის ფირფიტაზე გაკაწვრისას. ბუნებრივ ქიმიურ შენაერთებში არჩევენ სამგვარ ფერს: 1. იდიოქრომატულს (ბერძნ. – “იდო” თავისი, “ქრომ” შეფერვა); 2. ალოქრომატულს (“ალოს” – უცხო) და 3. ფსევდოქრომატულს (“ფსევდო” – ცრუ).

ტკეწვადობა და მონატეხი – მინერალზე მექანიკური ზემოქმედების შედეგად მისი დაშლის უნარია. ტკეწვადობა არის კრისტალური მინერალების ზუსტად გარკვეულ მიმართულებაზე დაშლის თვისება. ტკეწვადობის სისრულის გამოვლინებას ხარისხის მიხედვით არჩევენ გარდამავალს – ფრიად სრულიდან (იდეალურიდან) – ფრიად არასრულ ტკეწვადობამდე (სრულ, საშუალო, არასრულ). ფრიად სრული ტკეწვადობისას მონატეხის მიღება სხვა მიმართულებით თუ არა ტკეწვადობის სიბრტყის გასწვრივ, ძნელია (მიეკუთვნება ქარსები), ფრიად არასრული ტკეწვადობის შემთხვევაში კი პრაქტიკულად ტკეწვადობის სიბრტყეები არ შეინიშნება. იმ მინერალებისთვის, რომელთაც არ აქვთ ტკეწვადობა, დამახასიათებელია: ნიჟარისებური, ხიწვისებრი, მიწისებრი, სწორი, უსწორმასწორო, კაუჭისმაგვარი, მარცვლოვანი და მონატეხის სხვა სახეები.

სიმაგრე ეწოდება წინააღმდეგობის იმ ხარისხს, რომელსაც უწევს მოცემული მინერალი რაიმე მექანიკურ ზემოქმედებას, კერძოდ, გაკაწვრას. ჩვეულებრივ მინერალოგიურ პრაქტიკაში იყენებენ სიმაგრის განსაზღვრის მარტივ საშუალებას – ერთი მინერალით მეორის გაკაწვრით მინერალთა შეფარდებითი სიმაგრის დადგენას. ამ სიმაგრის განსასაზღვრავად მიღებულია ათი მინერალით წარმოდგენილი ე.წ. მოოსის სკალა. სკალის მიხედვით მინერალის რიგითი ნომერი გამოხატავს მის სიმაგრეს, რომელშიც ყოველი შემდგომი მინერალი ბასრი წვერით კაწვრავს წინას. ამ სკალის ეტალონად 1-10-მდე სიმაგრის რიგით მიღებულია შემდეგი მინერალები: 1. ტალკი; 2. თაბაშირი; 3. კალციტი; 4. ფლუორიტი; 5. აპატიტი; 6. ორთოკლაზი; 7. კვარცი; 8. ტოპაზი; 9. კორუნდი; 10. ალმასი. საერთოდ ფრჩხილით იკაწვრება ის მინერალები, რომელთა სიმაგრე

ორს არ აღემატება. დანით იფხაჭნება 3-5 სიმაგრის მინერალები, შვიდზე მეტი სიმაგრის მინერალებით ჭრიან მინას.

შმთავრებსი ქანმაშენი მიწერალეზის თვისებეზი

შენიშვნა	პლაგიოკლასები ალბიტისა და ანორთიტის იზომორფული ნარ-ადვილად იშლებიან	ტროპიკული და სუბტროპიკული გამოფიტვის პირობებში შესა-ძლებელია წარმოიშვას ბოქსიტები ან ლატერიტული გამოფიტვის სხვა პროდუქტები
განსაკუთრებუ-ლი თვისებები	პლაგიოკლასების რიგის შიგ-ნით ალბიტისა და ლაბრა-დორის გარდა მორტსკოპის გარეშე ერთმანეთისგან გან-სხვავება შეუძლებელია	ორთოკლასისა და მიკროკლინის განსხვავება შეუძლებელია მიკროსკოპის გარეშე
პრაქტიკული მნიშვნელობა	იშვიათად აქვს სამრეწველო მნიშვნელობა, ლაბრადორიტს იყენებენ მოსაპირკეთებელ მა-სალად	ამაზონიტი – ხანახელაო ქვაა
წარმოშობა და საბადოები	მაგმის დაკრისტალებით ლაბ-რადორი (ლაბრადორი უკრაინაში, კიტომირის ოლქში)	მაგმის დაკრისტალებით ამაზონიტი იღებენი მოეში
როგორი სახით გეხდებიან	შედიან მაგმური ქანების შედგენილობაში	შედიან მაგმური და მეტამორ-ფული ქანების შედგენილობაში
კრისტალთა იერი	სვეტოვანი და პრიზმული ფორფიტოვანი	სწორი
მონაცხისი	არასწორი	სწორი
ტექნოლოგია	სრული ორი მიმართულებით	სრული ორი მიმართულებით
კუთრი წონა	უწყვეტილად მატულობს 2,61-დან 2,76-მდე	2,60
ელვარება	მინის	მინის
ფერი	თეთრი, ნაცრისფერი, იშვიათად მოწითალო, ზოგჯერ მომწვანო, მოლურჯო (ლაბრადორი)	თეთრი, ღია ვარდისფერი, მურა-ყვითელი, ზოგჯერ ხორცილფერ-წითელი. მიკროკლინის მწვანე სახესხვაობას უწოდებენ ამა-ზონიტს
სიმაგრე	6 – 6,5	6 – 6,5
მინერალის დასახელება და ქიმიური შედგენილობა	პლაგიოკლასები (ბერძნ ირი-ბაღაბადი): ალბიტი Na [Al Si ₃ O ₈]; ანორთიტი Ca [Al Si ₂ O ₈]; იცვლება 0-100-მდე	ორთოკლასი (ბერძნ. სწორადკობადი) მიკროკლინი (ბერძნ. ოდნავ გადახრილი) K [Al Si ₃ O ₈]
	ნატრიუმ-კალციუმის	კალციუმის
ჯგუფი	მინდვრის შპატები	
კლასი	სილიკატები	

15	გამოფიტვისადმი მდგრადია	გამოფიტვისადმი მდგრადია	გამოფიტვისადმი საკმაოდ მდგრადია, დაშლისას წარმოიშობს მეორეულ მინერალ სერპენტინს და ქლორიტს	გამოფიტვისადმი საკმაოდ მდგრადია, დაშლისას წარმოიშობს მეორეულ მინერალ სერპენტინს და ქლორიტს
14	თხელ ფორფიტებს ახასიათებს დრიკვალობა	ბიოტიტისაგან განსხვავდება ფერთი	გამოირჩევა რვაწახნავა პრიზმებით	ავრგობტებს აქვს ბოჭკოვან-სივლონური აგებულება
13	ცალკე არ გაბოიქვენება, ქანობაშენი მინერალი	ელექტრობოლატიორად, ცვეხლგამძლე საშენ მასალად	ცალკე არ გამოიქვენება, არის ქანაშენი მინერალი	ცალკე არ გაბოიქვენება, ქანობაშენი მინერალი
12	მაგმის დაკრისტალებით	მაგმის დაკრისტალებით	მაგმის დაკრისტალებით	მაგმის დაკრისტალებით
11	გრანიტებში, ქვრ-ცვლების მეტამორფულ და დაბალექს ქანებში – ნაწაწინწკლების სახით	გრანიტებში, ქვრ-ცვლების პეგმატიტებში – კრისტალების სახით	მაგმურ ქანებში წვრილი კრისტალების სახით	მაგმურ და მეტამორფულ ქანებში ბოჭკოვან-სივლონური კრისტალების სახით
10	ფორფიტოვანი, ხშირად სვეტოვანი	თხელფორფიტოვანი	მოკლესვეტოვანი, პრიზმული კრისტალები	სვეტოვანი, ნემსისებური
9	იშლება ფორფიტებად	იშლება ფორფიტებად	არასწორი	ხიწვოვანი
8	ფრიად სრული, ერთი მიმართულებით	ფრიად სრული, ერთი მიმართულებით	საშუალო და სუსტი ორი მიმართულებით	ორი მიმართულებით საშუალო და სუსტი
7	3	2	3.02–3.6	3.2
6	მინის	მინის	მინის	მინის
5	შავი, მურა, ზოგჯერ ნარინჯისფერ-მოწითალო	ხშირად გამჭვირვალე, მოყვითალო-მონაცრისფრო, მიმწვანი, იშვიათად - წითელი	შავი, უფრო იშვიათად - მუქი მწვანე ან მურა	მუქი მწვანე ან შავი
4	2.5–3.0	2.5–3.0	5 - 6	5.5 - 6
3	ბიოტიტი (მინერალურ ბიოს გვარი) K (Mg Fe) [Si ₃ Al O ₁₀] (OH) ₂	მუსკოვიტი (იტალ. "შუსკა" - მოსკოვი) K Al ₂ (Al Si ₃ O ₁₀) (OH) ₂	ავგიტი (ბერმ. "აგ" - ელვარება) Ca (Mg Fe Al) [Si ₂ Al ₂ O ₆]	რქაბეჭვარა – რკინა-მაგნიუმისანი რთული სილიკატი
2	ქარსები		პიროქსენები	ამფიბოლები
1	სილიკატები			

15	აღვიწილად განიცდის ფიზიკურ გამოფიქვას, გარდაიქმნება სერკენტიხად	გამოფიქვისადმი გამძლე სერკენტიხები წარმოიშობა უღებრავებზე ქანების ჰიდროთერმული შეცვლით	ხარბად შთანთქმავს წყალს, სველ მდგომარეობაში იძლევა პლასტიკურ ცომს, შესებისას ცხიმოვანია	თხელ ქორცლებსა და ფორფიტებს არ ახასიათებს დრეკადობა
14	მიწისებური მასები	აგრეგატებს აქვს ბოჭკოვანი აგებულება	ხინდურის შპატებისა და ქარსების და შლის პროდუქტი	ჩინდურის შპატების, ქარსებისა და რქაშეუარას გამოფიტვის პროდუქტი
13	მაგნიუმით მდიდარი ოლივინი, ცმცხლგამძლე აგურის დასამზადებლად	მაგნიუმის დამატებით ცმცხლგამძლე აგურის დასამზადებლად	კერამიკასა და ფაიფურის წარმოებაში	ქაღალდის ნაწარმისათვის (შპალერი) ელვარების მისაცემად
12	უფრო ხშირად - მაგმური წარმოშობის	პირიქსენების, ამფობოლდების და ოლივინის გამოფიტვის პროდუქტი	ჩინდურის შპატებისა და ქარსების	ჩინდურის შპატების, ქარსებისა და რქაშეუარას გამოფიტვის პროდუქტი
11	უღებრავებზე მაგმურ ქანებში შუა-შისმაგვარი მარცვლების სახით	მაგნიუმითა, ტალკთან და მაგნეტიტთან ერთად წვრილი მარცვლების ან ძარღვების სახით	ფხვიერი მიწისებური მასები	მეტამორფულ ქანებში ფურცლების სახით
10	მარცვლოვანი	ბოჭკოვანი (აბზესები)	მიკროსკოპში ჭითხვარი კრისტალები	ტაღლექოვანი, ქერცლოვანი
9	უსწორი ან ნიჟარისებური	ნიჟარისებური ან ხიწვოვანი	მიწისებური	არასრული ან ხიწვოვანი
8	არასრული	სრული, ერთი მიმართულებით	სრული, ერთი მიმართულებით	ფრიაღ სრული
7	3.3	2.6	2.6	2.7
6	მინის	ცხიმოვანი, კვილისებრი, აბრეშუმისებრი	მქრქალი	მინის, საღაფისებური
5	მოყვითალო-მწვანე, ბოლოსებრ-მწვანე	მწვანე სხვადასხვა შეფერილობით	თეთრი, მოყვითალო	მწვანე
4	6.5 - 7	3 - 4	1	2
3	ოლივინი (ზეთისხილივით მწვანე) (MgFe) ₂ Si O ₄	სერპენტინი (ლათ. "სერპენტიანი" - გველისმაგვარი) Mg [Si ₃ O ₇](OH) ₄	კაოლინიტი (ჩინ. "კაუ-ლინგი" - მაღალი მთა) Al ₂ Si ₂ O ₇ (OH) ₄	ქლორიტი (ბერძნ. "ქლოროს" - მწვანე რკინა) მაგნიუმის ალუმოსილიკატი
2	ოლივინი	სერპენტინი-კაოლინიტი		ქლორიტი
1	სილიკატები			

15		მონტმორილონიტიან თიხებს ქაოლგა ბენ-ტონიტური თიხები	ფიზიკური და ქიმიური გამოფიტვისადმი მდგრადია, ქანების გამოფიტვის ქერქში წარმოიშობა კვარცის ქვიშა	წყლის დაკარგვით ოპალი გადართობა კვარცში
14	რბილია, ფიფქოვანი ახასიათებს დრეკადობა	ჩვეულებრივ ზედაპირი ფხვიერი, იძლევა ლაბიისებურ მასას	ჩვეულებრივ კრისტალური, ზოგჯერ ფარულკრისტალური ქალკედონი, კუი, აქსტი	კვარცისაგან განსხვავდება ღრუბლი სიმაბრითა და წყალშემცველობით
13	ცმცხვამილუ აგურის, რეზინის, ქაღალდისა და პარფიუმერიის დამზადებაში	ნავთობის (გასაწმენდად), საფეიქრო, საპნის, კოსმეტიკურ წარმოებაში და სამედიცინო საქმეში	მინის წარმოებაში, ცემცხვამილუ აგურის და-სამზადებლად, აბრაზიულ მასალად, ოპტიკაში - ზუსტ მექანიზმებში და სხვ.	კეთილშობილ ოპალს (ახასიათებს ოპალეს-ცენკია) იყენებენ ხანახელო კვად
12	ჰიდროთერმების ზედაფენით, სოფ. ჩორჩანა	ვეულკანიური ფერფლის დაშლისა და ფუქე მაგნური ქანების გამოფიტვის ქერქში	მაგმის დაკრისტალებითა და ხნარებიდან გამოყოფით	ჰიდროთერმული წყაროებიდან და გეოზეოლოგიური ნაშთებიდან
11	მკვრივ და ფერ-ცვლილვად მასებში ბოჭკოვანი, იშვიათად - შრეების სახით	-	დრუხების, აქსტი კონცენტრული შრეების სახით	აგებს ნარკოტიკების სინთეზის და წარმოების ნაღებ ფორმებს
10	ტაბლეტოვანი, ქვცვლივანი	ქვცვლივანი სახით	ექსტრანაგვანი პრიზმები	კრისტალებს არ წარმოქმნის
9			ნიკოტინისებური	ნიკოტინისებური
8	სრული ერთი მიმართულებით	სრული ერთი მიმართულებით	პრაქტიკულად არა აქვს	არა აქვს
7	2.7	კვალეზადი	2.6	2.2
6	ცხიმოვანი, საღაფისებური	მქრქალი	მქრქალი, მონატეხე ცხიმოვანი	მინის
5	თეთრი, მოყვითალო-მოძწვანი	თეთრი, მონაცრისფერი, ზოგჯერ მოლურჯო	უფერულიდან მუქ შავამდე	ძირითადად უფერო, მინარეგები აბლვს სხვადასხვა ფერს
4	1	დაუდგენელია	7	5.5
3	ტალკი (ძველი არაბული სახელწოდება) $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	მონტმორილონიტი (კვალეზადი შედგენილობის)	კვარცი SiO_2	ოპალი $SiO_2 \cdot nH_2O$
2	ტალკი	მონტმორილონიტი		
1	სილიკატები		უანგეულები	

15	ლიმინიტი ცნობილ- ია აგრეთვე მურა რკინაქვისა და ჭაობის მადნის სახ- ელწოდებით		კალციუმის გამჭვირვა- ლად სახესხვაობა ცნო- ბითაა "ისლანდიური შპატის" სახელწოდებით	გამოიფიქვასა და წარმო- შობს ფხვიერ და წინ- დამარცხვლავან მასას
14	გამოირჩევა აგებულებით, გახ- ურებისას ხდება ძლიერ მაგნიტური	დდი კუთრი წონით და მაგნიტური თვისებებით	იხსნება მჟავებში და გამიჯნავს ნახშირორ- ჟანგს	მჟავა მოქმედებს ფხვნილზე ან ნატეხზე გახურების შემდეგ
13	არის რკინის ერთ- ერთ მადანი	არის საუკეთესო რკინის მადანი	ფართოდ გამოიყენება ოპტიკაში და წარმოე- ბის სხვადასხვა დარე- ში (კირის, ნახშირორ- ჟანგის მისაღებად)	გამოიყენება როგორც ფლუისი (მდნარი), კმცხლგამდღე საშენ მ- ხალად და ცემენტის პროდუქტად
12	რკინის შემცველი მინერალების გამოიფიქვის შედეგად	წარმოიშობა მაგმოდან, მეტამორფული ქანები- დან, მურა რკინაქვიდან სილიკატ. გამოიფიქ.	ქიმიური დალექვის გზით და ორგანიზმების ცხოველქმელებით	წყალში დალექვითა და კორქებზე ხსნარების მოქმედებით
11	მკვრივი, ფოროვანი, აგრეთვე ოო- ლითების კონკრეციებისა და ქქოლების სახით	მკვრივი მასის ქანებში მარცვლებს სახით	მარდგებში კრისტალე- ბის სახით შედის დანალექ და მეტამორ- ფულ ქანებში	დანალექ ქანებში მარ- მარილის მსგავსი მკვრივი მასების სახით
10	კრისტალებს არ წარმოქმნის	ოქტაედრები	რომბოედრები	რომბოედრები
9	მიწისებური	ნიკარისებური ან მარცვლოვანი	მხსვერვადი	
8	არა აქვს	არასრული	სრული, რომბოედრის სწვრივი	სრული, რომბოედრის სწვრივი
7	2.7-4.3	5.2	2.1	2.8
6	მქრქალი	ლითონის	მინის	მინის
5	რუხი, ყვითელი	რკინისებურ-მაგი	სუფთა კალციტი გამ- ჭვირვალე ან თეთრია, მინაერთებით - სხვადასხვა ფერისაა	თეთრი, ნაცრისფერი და სხვადასხვა შუ- ფერილობის
4	4 – 5.5	5.5	3	3.5 - 4
3	ლიმინიტი (ბერძნ. "ლიმონ" - მდელი), რკინის ჰიდროუანივი	მაგნიტი ანუ მაგნი- ტური რკინაქვა Fe ₂ O ₃ FeO	კალციტი Ca CO ₃	დოლომიტი Ca Mg[CO ₃] ₂
2				
1	უანგეულები		კარბონატები	

15	ფაიფურისებრ სახე- სხვაობებს ახასიათებს ნოვარისებური მონატემები	ბოჭკოვან სახე- სხვაობას უწოდებენ სელენიტს, წყროლ- მარცვლოვანს – ალეპსიტს	მცირე წნევის დროს გაზადის თაბაშირში (იმატებს მოცუ- ლობაში 30%-ით)	
14	იხსნება ცხელ მჟავებში	დაბალი სიმაგრე, იხსნება წყალში (400 ნაწილ წყალში იხსნება 1 ნაწ. თაბაშირი)	თაბაშირისაგან გან- სხვავდება სიმაგრით (ფრჩხილოთ არ იკაწრება)	ახასიათებს დაბალი სიმა- გრე და მლაშე გემო, წყ- ალში კარგად იხსნება
13	კვცხლგამძლე აგურის, ელექტრობილატო- რების, ქაღალდის, რეზინისა და სხვა წარმოუ- ბაში	გამოიყენება მედიცინა- ში, სკულპტურაში, პორტლანდცემენტის წარმოებაში	კემენტის წარმოებაში, სანახელაო მასალად	არის მნიშვნელოვანი საკვები პროდუქტი
12	წარმოიშობა წყალში დალექვითა და სხვადასხვა ქანებიდან	დალექვის გზით	დალექვის გზით შეს- აძლებელია თაბაშირის დეკორა- ტივაციით	დალექვის გზით, კოლიეამსკო, ბასკუნიაკო
11	უხეშმარცვლოვანი, მარ- მარილის და ცარცის მასების სახით	დანალექ ქანებში ქვცვლოვანი, ბოჭკო- ვანი ან წყროლ- მარცვლოვანი მასების სახით	მარილის საბადოებში თხელი შრეების სახით	თაბაშირთან, ოლივინთან თხელი შრეების დანალექ ქანებში მარცვლოვანი მასების სახით
10	იშვიათად რომეოიდრები	სვეტოვანი, ფირფიტო- ვანი "შერცხლის კუ- დის" სახით	სქელფირფიტოვანი, პრიზმული	კუბების სახით
9	მსხვრეველი	იშლება თხელ ფირფიტებად		ადვილად იმსხვრევა კუბებად
8	კრისტალებში სრული	ფრიად სრული, ერთი მიმართულებით	სრული და საშუალო	ფრიად სრული ერთი მიმართულებით
7	2.3	2.3	3	2.1
6	მინის	მინის, აბრეშუმის	მინის	მინის
5	თეთრი, მოყვითალო ან ნაცრისფერი	თეთრი, ნაცრისფერი, მოწითალო	თეთრი, ნაცრისფერი, მოწითალო	გამჭვირვალე, თეთრი, მინ- არეგებით სხვადასხვა ფერის
4	4 – 4.5	2	3	2.5
3	მაგნეზიტი (მაგნეზ- ზია-ოლქი საბერძნეთში) $MgCO_3$	თაბაშირი $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	ანაიდრიტი (უწყლო $CaSO_4$)	კალიტი (ბერძნ. "ვალოს" – ზღვა, მარილი) $NaCl$
2				
1	კარბონატები	სულფატები		ჰალოიდები

15	პირიტის შემცველი ქანები სამშენებლო საექსპეზი ნაკლებად გამოიყენება		
14	წახნაგებს ახასიათებთ შტრიხები	გაერცვლადია მარცვლოვანი და მიწისებური მასების სახით	წარმოქმნის მიწისებურ მასებს, ხახუნისას აქვს საეკოფიკური სუნი
13	გოგირდმეჭავას მისადგებად, სადგებაგების დასამ- ზადებლად ან რკინის მადნად	გამოიყენება როგორც მინერალური სასუქი	გოგირდმეჭავას, რეზინის წარმოებაში, სადგებაგების დასამზადებლად და სხვ.
12	მაგმის დაკრისტალებით, ორგანული ნაერთების გაბრწინით, წყალხსნარებში- დან დალექვით	მაგმის დაკრისტალე- ბით, წყალხსნარებიდან დალექვით (ფოსფორი- ტი)	კრისტალების ან კედლებზე გოგირდო- ვანი ნაერთების დაშლის შედეგად
11	აგრეგატული ადნაგების მოლიანი მასების, დანალექ ქანებში კონკრეციების და სკერეციების სახით	მსხვილი კრისტალე- ბის აგრეთვე მარცვლოვანი მიწისე- ბური მასების სახით	კრისტალების მიწისებური მასების სახით
10	კუზების სახით	ნემსისებური, ქქისწახნაგოვანი პროზები	პირამიდული ან წაკვეთილ პირამიდ- ული
9	უსწორი, ზოგჯერ ნივარისებური	უსწორი, ნივარისებური	მსხვრეველი
8	ფრიად არასრული ორი მიმართულებით	არასრული	არასრული
7	4,9 - 5,2	3	
6	ლითონის	ცხიმოვანი	კვილისებრი
5	მოყვითალო, ჭრელი და რუხი	თეთრი, მწვანე, მოყვითალო, იისფერი, მურა	ყვითელი
4	6 - 6,5	5	1,5
3	პირიტი (ბერძ. "პიროს" – ცეცხლი) FeS ₂	აპატიტი (ბერძ. "აპა- ტას" – ვაბეჭებ) Cl, F Ca ₅ (PO ₄) ₃	გოგირდი, S
2			
1	სულფიდები	ფოსფატები	თვითნაბადი ელემენტები

სიმკვრივე (კუთრი წონა) არის მინერალური (მყარი) ნაწილის ფარდობა მის მოცულობასთან. ყველაზე გავრცელებული მინერალების სიმკვრივე მერყეობს 2.5-დან 3.5 გ/სმ³-ის ფარგლებში.

ელვარება განისაზღვრება მინერალის ზედაპირზე დაცემული სხივის ნაწილობრივი არეკვლით. ელვარების ინტენსივობა დამოკიდებულია არეკლილი სინათლის რაოდენობაზე. არჩევენ მინის, აბრეშუმისებრ, მქრქალ, სადაფისებრ, ლითონის, ცხიმოვან და სხვ. ელვარებებს.

გამჭვირვალობა ეწოდება მინერალის მიერ სინათლის გატარების თვისებას. გამოყოფენ გამჭვირვალე, ნახევრად გამჭვირვალე და არაგამჭვირვალე მინერალებს.

მინერალთა თანამედროვე კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს მათი ქიმიური შედგენილობა. ლითოსფეროში ხვედრითი წილის მიხედვით ძირითადი მინერალებია: 1. სილიკატები (კაუმჟავის მარილები); 2. ქანგეულები (ქანგბადის სხვადასხვა ელემენტებთან შეერთებით მიღებული მინერალები); 3. კარბონატები (ნახშირმჟავას (H_2CO_3) მარილები); 4. სულფატები (გოგირდმჟავას (H_2SO_4) მარილები); 5. ჰალოიდები (მარილმჟავას (HCl) მარილები); 6. სულფიდები (სხვადასხვა ლითონის გოგირდთან შეერთების პროდუქტი); 7. ფოსფატები (ფოსფორმჟავას (H_3PO_4) მარილები); 8. თვითნაბადი (ხალასი) ელემენტები.

აღნიშნული კლასების ძირითადი განმსაზღვრელი და სხვა მნიშვნელოვანი მაჩვენებლები მოცემულია 1.1 ცხრილში.

1.2. ქანების ძირითადი გენეტიკური ტიპები

ქანი ეწოდება ერთი ან რამდენიმე მინერალისაგან, ზოგჯერ სხვა ქანის ნატეხებისაგან შედგენილ მკვრივ ან ფხვიერ აგრეგატს, რომელიც მონაწილეობს დედამიწის ქერქის აგებულებაში.

წარმოშობის პირობების (გენეზისის) მიხედვით ქანები იყოფა სამ ჯგუფად – მაგმურ, დანალექ და მეტამორფულ ქანებად.

მაგმური ქანები

მაგმური ქანების ჩამოყალიბება მიმდინარეობს განსაკუთრებულ თერმოდინამიკურ პირობებში. მისი პროდუქტია მიწის ღრმა ზონაში არსებული თხევად მდგომარეობაში მყოფი ბლანტი მასა – მაგმა. ლითოსფეროს სხვადასხვა სიღრმე-

ზე გაცივებული მაგმა სიღრმულ, ანუ ინტრუზიულ და ნახევრად სიღრმულ ქანებს წარმოქმნის, ზედაპირზე ამოსული (ლავა) – ამონთხეულს, ანუ ეფუზიურს.

რაც უფრო სწრაფად ხდება მაგმის გაცივება, მით ნაკლებია მისი შემაღლენელი მინერალების გამოკრისტალების უნარი, ამიტომ სიღრმული და ნახევრად სიღრმული ქანებისათვის ძირითადად დამახასიათებელია სრულ-კრისტალური საშუალო და მსხვილმარცვლოვანი სტრუქტურები, პორფირული საშუალო, მსხვილ- და გიგანტურმარცვლოვანი ძირითადი მასით. ეფუზიური ქანებისათვის – ფარულკრისტალური, მკვრივი სტრუქტურები პორფირული არაკრისტალური ან ძალიან წვრილმარცვლოვანი ძირითადი მასით. ცნობილია, რომ მაგმური, განსაკუთრებით ეფუზიური ქანების ამორფული ნაწილი დროთა განმავლობაში ნაწილობრივ გამოკრისტალდება. ერთდროულად ჩნდება ზოგიერთი ახალი მინერალიც, რომელიც არ არის დამახასიათებელი ახლად წარმოქმნილი ქანისათვის. აქედან გამომდინარე, მიღებულია ეფუზიური ქანების დანაწილება ძველ, სახეშეცვლილ (პალეოტიპურ) და ახალგაზრდა – ახლად წარმოქმნილ (ნეოტიპურ) ქანებად.

მაგმური ქანები განსხვავდება აგრეთვე წოლის ფორმებით და განლაგების პირობებით. სიღრმული ქანები ქმნის ინტრუზიულ მასივებს, ბათოლითებს, შტოკებს (ბათოლითის ზედა შევიწროებული ნაწილი); ნახევრადსიღრმული – ლითოსფეროს შრეებს შორის შეჭრილი მაგმით წარმოქმნის სოკოს ფორმის ამალღებებს (ლაკოლითებს), ნაპრალოვან ჩანართებს – ძარღვებს. ამოფრქვეული ქანები წარმოქმნის განფენებს, ნაკადებს, გუმბათებს, დაიკებს (ძარღვის შევრილი, რომელიც წარმოქმნილია მის კონტაქტში არსებული ქანების გამოფიტვის შედეგად).

მაგმური ქანების ქიმიური კლასიფიკაციის საფუძველია მათში კაჟმიწის - SiO_2 -ის პროცენტული შემცველობა. არჩევენ მუავე ($\text{SiO}_2 > 65\%$ -ზე), საშუალო (65 – 52%), ფუძე (52 – 40%) და ულტრაფუძე (<40%-ზე) ქანებს.

მაგმური ქანების თითოეული ჯგუფის ყველაზე უფრო გავრცელებული სახესხვაობების – მინდვრის შპატის, კვარცისა და სხვა მინერალების შემცველობისა და მათი რაოდენობრივი მონაცემების მიხედვით (პეტროგრაფიული დახასიათება) მოგვეყავს I2 ცხრილში.

მაგმური ქანების კლასიფიკაცია

გენეზისი და სტრუქტურა		კაჟმიწის (SiO ₂) შემცველობა						
		მჟავე (SiO ₂ -65-75%)		საშუალო (SiO ₂ -52-65%)		ფუჟე (SiO ₂ -40-52%)		ულტრაფუჟე (SiO ₂ <40%)
		კალიუმის მინდვრის შპატი			პლაგიოკლაზი			უმინდვრის შპატო
		ქარსი, რქატყუარა			რქატყუარა, იშვიათად პიროქსენი ან ბიოტიტი	პიროქსენი, ოლივინი	ავგიტი, ოლივინი, მადნეულის მინერალები	
		კვარცი	ავგიტი	კვარცი				
		ღია ფერის			რუხი		შავი ან მუქი მწვანე	
სიღრმული (ინტრუზიული)	სრულკრისტალური საშუალო და მსხვილმარცვლოვანი ძირითადი მასით		1	2	3	4	5	6
			გრანიტი	სიენიტი	გრანოდიორიტი	დიორიტი	გაბრო	
ნახევრად სიღრმული	სრულკრისტალური წვრილმარცვლოვანი და გიგანტურმარცვლოვანი; პორფირული წვრილმარცვლოვანი ძირითადი მასით		გრანიტ-პორფირი	სიენიტ-პორფირი	გრანოდიორიტ-პორფირი	დიორიტ-პორფირიტი	გაბრო-პორფირიტი	პერიდოტიტი, ლაბრადორიტი, დუნიტი, (ოლივინი) პიროქსენიტი (ავგიტი)
ზედაპირზე გაცივებული (ეფუზიური)	ფარულკრისტალური, პორფირული, თითქმის მკვრივი სრუქტურით	ძველი (პალეოტიპური)	კვარციანი პორფირი	უკვარცო პორფირი	კვარციანი პორფირიტი	პორფირიტი	ღიაბაზი	-
		ახალი (კაინოტიპური)	ლიპარიტი	ტრაქიტი	დაციტი	ანდეზიტი	ბაზალტი	-
	მინისებრი, ფოროვანი		ობსიდიანი, პემზა, ტუფური ლავები					

მაგმური ქანების მინერალურ შედგენილობაში ძირითადია: მინდვრის შპატები, ამფილობები, პიროქსენები, კვარცი და ქარსი. ძველ ქანებში (პალეოტიპურში) შეიძლება გვექონდეს აგრეთვე კარბონატები და თიხური მინერალები.

სხვადასხვა ჯგუფის მაგმურ ქანებს შორის მუდამ გვაქვს გარდამავალი ტიპები, რომელთა ერთმანეთისგან განსხვავება უმეტეს შემთხვევაში შესაძლებელია მხოლოდ სპეციალური მიკროსკოპით.

მჟავე ქანები – მაგმურ ქანებს შორის ყველაზე გავრცელებულია, მათი ძირითადი წარმომადგენლებია: გრანიტი და მისი ამოფრქვეული ანალოგები – კვარციანი პორფირი და ლიპარიტი (რიოლიტი).

გრანიტის მინერალურ შედგენილობაში ძირითადია კალიუმის მინდვრის შპატი (უმეტესად ორთოკლაზი), კვარცი, ქარსი (მუსკოვიტი ან ბიოტიტი). მინდვრის შპატების შეფერილობა განსაზღვრავს გრანიტის ფერს, რომელიც ღია რუხი, ვარდისფერი, ხორცისფერი შეიძლება იყოს. მარცვლების ზომების მიხედვით არჩევენ წვრილ-, საშუალო- და მსხვილმარცვლოვან გრანიტებს. მათ აქვს მასიური ერთგვაროვანი ტექსტურა და მაღალი სიმტკიცე. ფერადი მინერალებით ღარიბ გრანიტს უწოდებენ ალიასკიტს, წვრილმარცვლოვან სახესხვაობას – აპლიტს, დიდი მრგვალი ფორმის მინდვრის შპატიან გრანიტს მიეკუთვნება რაპაკივი (ფრანგ. “დამპალი ქვა”). პლაგიოკლაზის გაზრდის შემთხვევაში გრანიტი გადადის გრანოდორიტსა და კვარციან დორიტში, კვარცის შემცირებისა და მინდვრის შპატის გაზრდის დროს – კვარციან სიენიტსა და სიენიტში.

გრანიტი, მნიშვნელოვანი გავრცელებისა და მაღალი ტექნიკური თვისებების გამო, ფართოდ გამოიყენება ნაგებობების მოსაპირკეთებლად, კიბის საფეხურების, ბორღიურების, ღორღის დასამზადებლად და სხვა მიზნებისათვის.

კვარციანი პორფირები და ლიპარიტი გრანიტის ამონთხეული ანალოგები, რომლებიც მსგავსია მინერალური შედგენილობით, თუმცა ფერად მინერალებს შეიცავენ ნაკლები რაოდენობით. ლიპარიტი შეფერილია თეთრ, მოყვითალო, ღია რუხ ტონებში, აქვს პორფირული სტრუქტურა, გამოფიტვისას გადადის თიხაში.

კვარციანი პორფირები ლიპარიტისგან განსხვავდება შედარებით მუქი შეფერილობით (მურა, ყვითელი და ა.შ.), მაღალი სიმკვრივით, მინისებრი მასის შედარებით მცირე შემცველობით. კვარციანი პორფირები და ლიპარიტი გამოიყენება საშენ და მოსაპირკეთებელ მასალად.

ლიპარიტებისა და კვარციანი პორფირიტების მინისებრ სახესხვაობებს მიეკუთვნება ობსიდიანი ანუ ვულკანური მინა და მისი ფოროვანი ანალოგი - პემზა. **ობსიდიანი** მუქი ერთგვაროვანი ამორფული მინაა, აქვს ცხიმოვანი ელვარე-

ბა და ნიჟარისებრი მონატეხი. ფართოდ გამოიყენება მუქი მინის დამზადებასა და ჰიდრაულიკურ დანამატში. ჰემზა მრავალფეროვანი მიწისებრი მასაა, წყალზე მსუბუქი, აქვს თეთრი, რუხი, მოწითალო შეფერილობა. გამოიყენება მსუბუქი ბეტონის (პემზაბეტონის) შემავსებლად, თბოსაიზოლაციო და სახეს მასალად.

საშუალო ქანები – ამ ჯგუფში შედის სიღრმული ქანები – სიენიტი და ორთოკლაზინი პორფირისა (ორთოფირი) და ტრაქიტის ეფუზიური ანალოგებით. სიენიტი – სრულკრისტალური წვრილ- და საშუალომარცვლოვანი სიღრმული ქანია. აქვს ვარდისფერი, წითელი, ღია რუხი შეფერილობა. ძირითადი მინერალი კალიუმის მინდვრის შპატია (ორთოკლაზი ან მიკროკლინი). სიენიტში კვარცი ჩვეულებრივ არ გვაქვს, 15%-მდე შეიცავს რქატყუარას, ავგიტს, ზოგჯერ ბიოტიტს. ტექსტურა მასიური ერთგვაროვანია. კვარცის არარსებობის გამო კარგად მუშავდება. გამოიყენება, როგორც გრანიტი. სიენიტის ამონთხეული ანალოგებია ორთოკლაზინი უკვარცო პორფირი (ორთოფირი) და ტრაქიტი, რომელთა მინერალური შედგენილობა ჰგავს სიენიტისას, აქვს პორფირული წვრილფოროვანი სტრუქტურა, სადაც ძირითადი მასა მინისებურია. ტრაქიტისათვის დამახასიათებელია ხაოიანი მონატეხი (ბერძნ. ”ტარახი” – ხაოიანი), თეთრი, რუხი, მომწვანო შეფერილობა. პორფირები შედარებით მუქია. ორივე ქანი ადვილად იფიტება და გადადის თიხაში.

ფუძე ქანებს მიეკუთვნება დიორიტი პორფირიტის და ანდეზიტის ამონთხეული ანალოგებით და გაბრო დიაბაზითა (ძველი ქანი) და ბაზალტით (ახალგაზრდა ქანი). დიორიტი სრულკრისტალური მარცვლოვანი სიღრმული ქანია, ღია რუხიდან მძიმე მუქ შავ შეფერილობამდე. მის შედგენილობაში ძირითადი ადგილი (75%-მდე) უკავია ღია პლაგიოკლაზებს, რქატყუარას, იშვიათად ავგიტსა და ბიოტიტს. არ შეიცავს კვარცს. ზოგჯერ გვხვდება პირიტი. ტექსტურა მასიურია, კარგად მუშავდება. გამოიყენება მოსაპირკეთებლად. დიორიტის წვრილ და საშუალომარცვლოვან სახესხვაობებს ახასიათებს მაგარი ყინვაგამძლეობა. გამოფიტვისას იძენს მომწვანო რუხ შეფერილობას და ნაკლებად გამოსაყენებელი ხდება სამშენებლო მიზნებისათვის.

დიორიტის ეფუზიური ანალოგებია პორფირიტები და ანდეზიტები. მათი მინერალური შედგენილობა დიორიტის მსგავსია. სტრუქტურა, ჩვეულებრივ, პორფირულია, ძირითადი მასა – მინისებრი.

ანდეზიტი ბაზალტების შედგენილებაზე გავრცელებული ქანია. აქვს რუხი ფერი, გამოფიტულს ჟანგისფერი ან მომწვანო შეფერილობა, ფიქლებრივი ან სვეტოვანი განწვევება, მინდვრის შპატის ბრჭყვიალა თეთრი, სწორი, წა-

გრძელებული და ტაბლეტისებური ჩანაწინწკლები. გამოიყენება მუავაგამძლე მასალად. ბაზალტში გარდამავალ ქანს უწოდებენ ანდეზიტ-ბაზალტს. პორფირიტები უფრო სახეშეცვლილია, ვიდრე ანდეზიტები. გამოფიტვის შემდეგ მეორეული მინერალების (ქლორიტი და სხვა) წარმოქმნის გამო შეფერილია მომწვანოდ. პორფირიტები და ანდეზიტები დაბალი სიმაგრისაა და ამიტომ არ გამოიყენებიან მნიშვნელოვან საშენ საქმეში.

ვულკანური ამოფრქვევის დროს ანდეზიტური ლავები აირების მნიშვნელოვან რაოდენობას შეიცავს, რაც მათში ფორებსა და სიცარიელებს წარმოქმნის. ე.წ. **ტუფური ლავები** გამოირჩევა სიმსუბუქით (ლათ. “ტოფუს” – ფორიანი ქვა) ადვილად მუშავდება, რაც მისი საუკეთესო სამშენებლო თვისებაა.

გაბრო სრულკრისტალური საშუალო და მსხვილმარცვლოვანი ქანია, მასიური, იშვიათად ზოლებრივი ტექსტურით. აქვს მუქი მწვანე, მორუხო-მომწვანო ან შავი ფერი. მის მინერალურ შედგენილობაში შედის მინდვრის შპატი (ლაბრადორის ტიპის) და ავგიტი, შეიცავს აგრეთვე რქატყუარას, ოლივინს. გაბრო, რომელიც შედგება მხოლოდ მინერალ ლაბრადორისაგან, უწოდებენ **ლაბრადორიტს**. გაბრო ძალიან მკვრივია, ძნელად ემორჩილება დამუშავებას, არის ძვირფასი დეკორატიული და საშენი მასალა.

ბაზალტი და დიაბაზი – მინერალოგიური თვალსაზრისით გაბროს ანალოგიურია. ბაზალტი მუქი, თითქმის შავი ქანია. მკვრივია, ზოგჯერ ფოროვანი, ბუმტოვანიც კი, სტრუქტურა – ფარულკრისტალური ან წვრილკრისტალური აქვს. ახასიათებს სვეტური განწვევრება. შრეებრივი განწვევრების ბაზალტს უწოდებენ **ტრაპს**, მსხვილკრისტალურ სახესახვაობას – **დოლერიტს**. ბაზალტი ამონთხეულ ქანებს შორის ყველაზე მაგარია, გამოფიტვისადმი არის მდგრადი. სვეტური განწვევრების გამო იოლია მისი მოპოვება. იყენებენ როგორც საშენ, საიზოლაციო და მუავასადმი მდგრად მასალად.

დიაბაზი – ბაზალტისაგან განსხვავდება ქლორიტის შემცველობით, რის გამოც აქვს მომწვანო ან მუქი რუხი ფერი, წვრილი და საშუალომარცვლოვანი აგებულება, დიაბაზური (ოფიტური) სტრუქტურა. მონატეხი უსწორმასწოროა. შეიმჩნევა მინდვრის შპატების წაგრძელებული ჩანართები, შედარებით ნაკლებადაა გავრცელებული. მათწარმოქმნისას ჩნდება ქლორიტული ფიქლები, აქვს განწვევრების ხშირი ნაპრალები, რაც მნიშვნელოვნად აქვეითებს მის მონოლითურობას.

ულტრაფუძე ქანები არ შეიცავს მინდვრის შპატებსა და კვარცს. მათ მიეკუთვნება პიროქსენიტები, **ჰერიდოლიტი** და **დუნიტი**. ყველა ეს ქანი სიღრმული წარმოშობისაა. **პიროქსენიტი** მუქი მწვანე, თითქმის შავი, სრულკრისტალური, მა-

სიური ქანია, შედგება ავგიტისაგან, ზოგჯერ ოლივინის მინარევით. მუშავდება ძნელად. **პერიდოტი** – არის მუქი რუხი, შავი ფერის, საშუალო და მსხვილ-მარცვლოვანი, მასიური, შედგება ოლივინისაგან, ავგიტის და სხვა მინერალების მინარევებისგან. **დუნიტი** – მუქი მწვანე, მარცვლოვანი სტრუქტურის მასიური ქანია. მისი ძირითადი შემადგენელი მინერალი ოლივინია.

ულტრაფუქე ქანები დედამიწის ზედაპირზე არამდგრადია – ადვილად იფიტება. გამოუფიტავი ქანები გამოიყენება საშენ მასალად, დუნიტი – ცეცხლგამძლე აგურის დასამზადებლად.

დანალექი ქანები

დანალექი ქანები დედამიწაზე ძალიან ფართოდაა გავრცელებული. მათ უკავია ბაქნური და ნაოჭა ოლქების ზედაპირის მნიშვნელოვანი ნაწილი.

პირველადი დანალექი ქანების წარმოქმნის პროცესების ერთობლიობას ლითოგენეზს უწოდებენ. დანალექი ქანების წარმოქმნა მიმდინარეობს რამდენიმე თანამიმდევრულ ეტაპად. ეს ეტაპებია:

1. საწყისი მასალის წარმოქმნა დედაქანის გამოფიტვის შედეგად;
2. მასალის გადატანა და გადატანის გზაზე მისი ნაწილობრივი დალექვა;
3. ნატანი მასალის ნალექდაგროვება საბოლოო ადგილებზე;
4. ნალექების ქანად გარდაქმნა ანუ დიაგენეზი;

5. დალექვის პროცესის პროგრესული განვითარებისას დედამიწის ქერქში ქანების შეცვლა ანდა მათი დაშლა და გამოფიტვა დალექვის პროცესის რეგრესიული განვითარების დროს.

ბოლო ორი ეტაპი – ნალექის გარდაქმნა ქანად და ქანის შეცვლა (კატაგენეზი) დედამიწის ქერქში პროგრესული განვითარების დროს, ლითოფიკაციის სტადიებია.

სტრუქტურა	ზომები, მმ	ნატეხოვანი შეუცემენტებული (ფხეიერი)		ნატეხოვანი შეცემენტებული		პიროკლასტური	ქიმიური და ორგანული	
		დაუმუშავებული	დაუმუშავებული	დაუმუშავებული	დაუმუშავებული			
მსველნამტვრევი (ფსევდოტური)	>200	კაჭარი	ლოდი	კონგლომერატი	ბრექჩია	მასალის მიხედვით: 90% – ტუფი; 30-90% – ტუფი; 10-30 % – ტუფოვანი ქანი	კორქა, დოლომიტი, პალიტი (ქვამარილი), თაბაშირი, ანაიდრიტი, ლიმონიტი, ბოქსიტი, ფოსფორიტი, ცარცი, მერგული (შერეული ქანი), დიატომიტი, ტრეპედი, ოპოკა (კაქმიწით შეცემენტებული ტრეპედი); კაუსტობოლოითები: ნავთობი, ქვანახშირი, საწვავი ფიქლები, ტორფი.	
	10-200	კენჭი	ლოდი					
	2-10	ხრეში	ხვინჭა					2-20 მმ გრაველიტი
ქვიშოვანი (ფსამიტური)	0.05 – 2	ქვიშა		ქვიშაქვა				
თიხოვანი								
მტვრისებრი (ალეკროლითური)	0.05-0.002	რბილი შეკავშირებული				გამკვრივებული	ალეკროლითი	
		< 0.002 მმ, %	3-10	პლასტიკურობის რიცხვი, I _p	1-7	ქვიშარი		
10-20	7-17		თიხარი					
თიხოვანი (პელიტური)	< 0.002	>30	პლასტიკურობის რიცხვი, I _p	>17	თიხა	არგილიტი		

შენიშვნა: დანალექ ქანებს მიეკუთვნება ლამები და ლიოსი. ლამები მიკრობიოლოგიური პროცესების მონაწილეობით სუბაკვალურ (წყალქვეშა) პირობებში, საწყის სტადიაზე წარმოქმნილი მაღალფოროვანი, წვრილი და წმინდადისპერსიული ქვიშოვანი და თიხოვანი ქანებია, რომელთა ბუნებრივი ტენიანობა მეტია დენადობის ზღვარზე. ზღვაში წარმოქმნილ მწვანე ლამს უწოდებენ გლაუკონიტს. ლიოსი თიხნარის ერთ-ერთი მაკრო-მაღალფოროვანი, მტვრისებრი სახესხვაობაა.

ლითოფიკაციის სხვადასხვა ფაქტორის გავლენით იცვლება ქანების შედგენილობა, ფიზიკური მდგომარეობა და თვისებები. ნალექიდან ძლიერ ლითოფიცირებულ ქანამდე ცვალებადობის დიაპაზონი მნიშვნელოვანია. დაგროვების პირობების მიხედვით წარმოიქმნება სხვადასხვა გენტიკური და პეტროგრაფიული ტიპები. დანალექი შეცემენტებული ქანები იყოფა ნატეხოვან-შეუცემენტებულ

(ფხვიერი) და შეცემენტებულ, რბილ შეკავშირებულ და გამკვრივებულ თიხოვან, პიროკლასტურ შეცემენტებულ, ქიმიურ და ორგანულ ქანებად (ცხრილი I.3).

ნატეხოვან-შეუცემენტებელი (ფხვიერი) და შეცემენტებული ქანები

ნატეხოვანი შეუცემენტებელი ქანები წარმოიქმნება სხვადასხვა ქანების მექანიკური და ქიმიური დაშლით, უმეტესი ნაწილი გეოლოგიური აგენტების – ქარის, ატმოსფერული ნალექების, მდინარეების, ზღვების, მყინვარებისა და ა.შ. მეშვეობით გადატანით და ხელახალი დალექვით.

ნატეხოვანი ფხვიერი ქანების კლასიფიკაცია ხდება მათი არა ქიმიური და მინერალური შედგენილობის, არამედ ნატეხების ზომის და ფორმის მიხედვით, რის გამოც ერთი და იმავე დასახელების ნატეხოვანი ფხვიერი დანალექი ქანი შეიძლება განსხვავებული იყოს, როგორც ქიმიური, ისე მინერალური შედგენილობით.

მონატეხი მასალის რაოდენობის მიხედვით ქანები შეიძლება იყოს:

1. მონომინერალური, რომლის შემადგენლობაში ერთი მინერალი 90%-ზე მეტია;
2. ოლიგომიქტური (ნაკლებშერეული), რომელშიც ერთი მინერალი 60-90%-ის ფარგლებშია;
3. პოლიმიქტური (ძლიერშერეული), რომელშიც მინერალების რაოდენობა დაახლოებით თანაბარია.

მინერალური შედგენილობის მიხედვით აღსანიშნავია კვარცის მაღალი შემცველობის (>75%-ზე) არკოზული და გრაუვაკული ქვიშაქვები – პლაგიოკლაზებისა და მუქი ფერის მინერალების მაღალი შემცველობით.

ქანში 10% მსხვილნატეხოვანი მასალის შემცველობის შემთხვევაში მათი ფიზიკური თვისებები არ განსხვავდება ასეთივე ქანებისაგან, რომლებიც არ შეიცავენ მსხვილ ნატეხებს და მათი კვლევისას გამოიყენება ჩვეულებრივი მეთოდები. დენად კონსისტენციაში გადასასვლელად საჭიროა 15-40%-ით ნაკლები ტენი იმ ქანებთან შედარებით, რომლებიც შეიცავენ ჩანართებს. ქანში 10-35% მსხვილნატეხოვანი მასალის შემცველობის შემთხვევაში დეფორმაციისას, ცალკეულ შემთხვევებში შესაძლებელია ნატეხების ერთმანეთთან შეხება, თუმცა შეკუმშვისას მსხვილი ჩანართები, როგორც წესი, არ ქმნიან ხისტ ჩონჩხს; მსხვილნატეხოვანი მასალის 35-65% შემცველობისას ამ ქანებზე განვითარებული წნევა შეიძლება მიიღოს ჩონჩხმა (მყარმა ნაწილმა), ამიტომ ქანი სუსტადკუმშვადია; > 65%-ის დროს ყველა მსხვილი ქანი ურთიერთკავშირშია. ქვიშიან-თიხიანი

შემაჯავებელი არ იღებს დატვირთვას მის ზემოთ მდებარე წყებიდან, აქედან გამომდინარე, მათი სიმტკიცე განისაზღვრება ნატეხების სიმტკიცით.

ნატეხოვან-შეცემენტებული ქანები წარმოიქმნება დალექვის შემდეგ ნამტვრევი მასალის შეცემენტებით. საინჟინრო გეოლოგიაში მათი კლასიფიცირება, როგორც ფხვიერი ქანებისა, მიღებულია ჭარბი რაოდენობის ნატეხების ზომის და დამუშავების ხარისხით.

ნატეხოვან-შეცემენტებული ქანების მექანიკური სიმტკიცე ფართო ინტერვალში ცვალებადობს, რაზეც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს შემაჯავებელი მასის რაგვარობა. ყველაზე მაღალი სიმტკიცე აქვს კვარციანი და კაჟიანი ცემენტის მქონე ქანებს, დაბალი – თიხიანსა და თაბაშირიანს.

ცემენტისა და ნატეხი მასალის თანაფარდობის მიხედვით არჩევენ ქანის ცემენტის რამდენიმე ტიპს: ბაზალურს, სადაც მონატეხი მასალა მთლიანად შემოფარგლულია ცემენტით; ფოროვანს, რომელშიც ცემენტი ავსებს ნატეხებს შორის ადგილებს და კონტაქტურს (შემხებს), როდესაც შემაჯავებელი ნივთიერება მხოლოდ მონატეხების შეხების ადგილებშია.

რბილშეკავშირებული და გამკვრივებული თიხოვანი ქანები

თიხოვანი ქანები ძირითადი ქანების დაშლის უწვრილესნაწილაკებიანი (<0.002 მმ-ზე), პელიტური სტრუქტურის პროდუქტია. თვისებებით ისინი მკვეთრად განსხვავდება სხვა ტიპის ქანებისაგან.

პლასტიკურობის რიცხვის (I_s) მიხედვით რბილშეკავშირებულ თიხოვან ქანებში გამოყოფენ ქვიშნარს ($1 < I_s < 7$), თიხნარსა ($7 \leq I_s \leq 17$) და თიხას ($I_s > 17$). ქვიშნარში თიხოვანი ნაწილაკების (<0.002 მმ) შემცველობა დაახლოებით 3-10%-ია, თიხნარში მერყეობს 10-30%-ის ფარგლებში, თიხაში მეტია 30%-ზე. თიხნარების ტიპს მიეკუთვნება მაკრომაღალფოროვანი მტვროვანი სახესხვაობები – ლიოსები და ლიოსისმაგვარი ქანები. მინერალური შედგენილობის მიხედვით არჩევენ კალინიტურ, მონთმორილინიტურ და ჰიდროქარსიან თიხურ მინერალებს. მონთმორილინიტური ჯგუფის მინერალები (მონთმორილინიტი, ნონტრონიტი, გუმბრინი, ასკანა, ბეიდელიტი) გამოირჩევიან კრისტალურ მესერში შრეებრივი დასტების სიმეტრული განლაგებით, სადაც მომიჯნავე დასტები აგებულია ერთნაირი ნიშნის ჟანგბადის ატომებით, რომლებიც ერთმანეთს განიზიდავენ და ხელს უწყობენ შრეთა შორის სივრცეში წყლის ადვილად შეღწევას, მაღალ ადსორბციულობას და გაჯირჯევას (მოცულობის გაზრდას). მინერალურ შედგენილობასთან ერთად

თიხური ქანების ჰიდროფილობასა და გაჯირჯვებაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მათში გაცვლითი კათიონების არსებობა. ნატრიუმის კათიონი ზრდის, კალციუმის კი ამცირებს ამ თვისებას.

მონტორილინიტის ჯგუფის ქანებს უკავია შუალედური მდგომარეობა მუსკოვიტსა და მის საბოლოო გამოფიტვის პროდუქტ – კაოლინიტს შორის. აქვს ცვალებადი (მუტაბილური) შედგენილობა, წარმოიქმნებიან ფუძე მაგმური ქანების გამოფიტვის შედეგად, შეიცავენ ბენტონიტურ თიხებს და შთანთქმის მაღალი უნარის გამო იყენებენ ნავთობგადამამუშავებელ მრეწველობაში, როგორც სორბენტს.

კაოლინიტი მიიღება მინდვრის შპატების გამოფიტვის შედეგად. ამ ჯგუფის მინერალების (კაოლინიტი, გალუაზიტი, დიკიტი, ნაკრიტი) კრისტალური მესერი მდგრადია და დატენიანებისას არ განიცდის გაჯირჯვებას.

კლდოვანი და ნახევრადკლდოვანი ქანების ჯგუფში სიმტკიცისა და მდგრადობის მიხედვით თიხური ქანებიდან შეიძლება გამოიყოს მხოლოდ ნახევრად კლდოვანი ქანები, რომლებშიც შედის მაღალი ხარისხის ლითიფიკაციის თიხური სახესხვაობები – ალევროლითები, არგილიტები და ზოგი ქანის თიხოვანი ფიქლები. ისინი ფართოდაა გავრცელებული მძლავრი სიზრქეების, შრეებისა და დასტების სახით. ალევროლითები შეცემენტებული თიხნარებია და თვისებებით უახლოვდება ქვიშაქვებს.

არგილიტები შეცემენტებული თიხებია, არის რუხი, მწვანე, ყავისფერი, მურა, შავი ფერისა, ხშირად ცხიმოვანი ელვარებით, აქვს ნიჟარისებრი მონატეხი, შესებაზე სუსტად ტენიანია, ჩვეულებრივ წყალში არ რბილდება, მაგრამ ზოგიერთი სახესხვაობა დასველებისას ჯირჯვდება. ჰაერზე სწრაფად სკდება და იშლება წვრილ, მახვილკუთხოვანი ფორმის დორდად.

პიროკლასტურ-შეცემენტებული ქანები

პიროკლასტური ქანები ევლკანური ამოფრქვევის ნატეხოვანი დანაგროვებია. მათ უკავია შუალედური მდგომარეობა მაგმურ და დანალექ ქანებს შორის. ამოფრქვეული მაგმური პროდუქტი ილექება ზუსტად ისე, როგორც დანალექი ქანები.

პიროკლასტური ქანების შემადგენლობაში შედის: პელიტური (<0.002 მმ-ზე) და ალევროლითური (0.05–0.002 მმ) ევლკანური ფერფლი, ფსამიტური (0.05- მმ)

ქვიშა და ფსეფიტური (>2 მმ) ნაწილაკები – ლაპილები (2-3-დან 20-25 მმ-დე), “ვულკანური ბომბები” და უფრო მსხვილი ნატეხები (25 - 200 მმ და მეტი).

ქანში პიროკლასტური მასალის რაოდენობის მიხედვით გამოყოფენ ტუფებს ($\geq 90\%$), ტუფიტებს (30 - 90%) და ტუფოგენურ ქანებს (10 - 30%). პიროკლასტური ქანები ძირითადად შედგება: ვულკანური მინის ნატეხების, სხვადასხვა მინერალებისა და ეფუზიური ქანებისაგან. ძირითადი შემადგენლებელი ნაწილია ნორმალური დანალექი მასალა, ხოლო ტუფებში – ვულკანური მინა. ვულკანურ მინას აქვს რუხი, მოყვითალო, მწვანე, წითელი ფერი. ჩვეულებრივ გვხვდება ეფუზიურ და დანალექ წარმონაქმნებს შორის შუაშრეების ფენებისა და ლინზების სახით და აქვს, როგორც მასიური, ისე შრეული ტექსტურა.

ეფუზიური ქანების ანალოგიურად განასხვავებენ ლიპარიტულ, ტრაქიტულ, ანდეზიტურ, ბაზალტურ და სხვა პიროკლასტურ ქანებს. დანალექი მასალის მიხედვით ქანის დასახელებას ემატება სიტყვა ტუფო – ტუფოკონგლომერატი – ტუფობრექჩია, ტუფოქვიშაქვა და ა.შ.

ქიმიური და ორგანული დანალექი ქანები

ქიმიური დანალექი ქანები წარმოიქმნება ზღვაში მინერალებისა და მარილების წყალში მაღალი კონცენტრაციის პირობებში, გახსნილი ნივთიერებების გამოლექვით. ორგანული ქანები მცენარეული (ფიტოგენური) და ცხოველური (ზოოგენური) წარმოშობის ორგანიზმების დანაგროვების გარდაქმნის პროდუქტია.

ქიმიური და ორგანული წარმოშობის ქანებიდან საინჟინრო-გეოლოგიური თვალსაზრისით ყველაზე მეტ პრაქტიკულ ინტერესს იწვევს კარბონატული და კაუიანი ქანები.

წარმოშობის პირობების მიხედვით კარბონატული ქანები იყოფა: მონატეხოვან, ორგანულ და ჰემოგენურ ქანებად.

მონატეხოვანი კარბონატული ქანები იშვიათად გვხვდება. ისინი წარმოიქმნიან კირქვებისა და დოლომიტების ნატეხების კარბონატული მასალის შეცემენტებით. მათი კლასიფიკაცია ისეთივეა, როგორც ჩვეულებრივი მონატეხოვანი ქანებისა. არჩევენ: კირქვიან და დოლომიტიან ბრექჩიებს, კონგლომერატებს, გრაველიტებს, ქვიშაქვებსა და ალევროლითებს.

ჰემოგენური ისეთი კარბონატული ქანია, რომლის ძირითადი შემადგენელი ნაწილი (>50%) წარმოიქმნება წყალსაცავებში მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური პრო-

ცესების შედეგად. ხშირად ასეთი ქანები გენეზისის დადგენის სირთულის გამო გაერთიანებულია ერთ ორგანულ – ჰემოგენურ ჯგუფში. ამ თვალსაზრისით ახლოსაა ერთმანეთთან ქიმიური და ორგანული ქანებიც, რომელთა შორისაც ხშირად შეუძლებელია წარმოშობის პირობების მიხედვით მკვეთრად გამოიყვანა. ამ მხრივ, განსაკუთრებით საყურადღებოა კირქვები, რომლებიც შეიძლება იყოს როგორც ქიმიური, ასევე ორგანული წარმოშობისა. არსებობს ისეთი შერეული კარბონატული ქანებიც, რომელთა შედგენილობაში მასალის ნაწილი მექანიკური, ხოლო ნაწილი – ორგანული ან ქიმიური წარმოშობისაა. ასეთი ქანების ტიპური წარმომადგენელია მერგელი. მერგელებს, ჩვეულებრივ, აქვს გაფუების უნარი, ბევრი მათგანი წყალში ლბება, ჰაერზე სწრაფად იფიტება, სკდება და იშლება ტალახოვან მასად.

სუფთა კირქვა კალციტისაგან შემდგარი მკვრივი, მონომინერალური ქანია. იგი თეთრი, ზოგჯერ მოყვითალო ან რუხი ფერისაა.

კირქვების ყველაზე გავრცელებული სახეა ორგანული სახესხვაობანი, რომლებიც წარმოიქმნება ზღვის სხვადასხვა უხერხემლო ნიჟარების, მათი ნატეხების (დეტრიტი) და კირის გამომყოფი წყალმცენარეების ნარჩენებისაგან. კარბონატული ქანების დამახასიათებელი სახესხვაობაა ცარცი და ცარცისმაგვარი ქანები. წვრილმარცვლოვანი კალციტის შემცველობა ცარცისმაგვარ ქანებში 5-დან 60%-მდე იცვლება, ცარცში კი 90-95%-ს აღწევს.

კირქვები წყლის ზემოქმედებით იხსნება და გახსნილი მასალის გამოტანის შედეგად ხშირად წარმოიქმნება დიდი ზომის სიცარიელები – კარსტული მღვიმეები. კარსტულ მღვიმეებში არსებულ ნადენ ფორმებს სტალაქტიტებსა და სტალაგმიტებს უწოდებენ, მკვრივ გამონალექს – ტრავერტინს, ფოროვანს კი – კირქვის ტუფს.

კარბონატული ქანების მეორე წარმომადგენელია დოლომიტი. იგი წარმოიქმნება გაზრდილი მარილიანობის წყალსაცავებში ქიმიური დალექვის გზით და სინგენეტიკური (ერთდროული) გარდაქმნით – მაგნიუმით გამდიდრებული ხსნარების ზეგავლენით კირქვებში კალციტის დოლომიტით ჩანაცვლებით.

კარბონატული ქანები ფართოდაა გავრცელებული და გვხვდება თითქმის ყველა ასაკის გეოლოგიური ფორმაციის შედგენილობაში. მათი სიმძლავრე ათეულიდან ათასეულ მეტრამდეა. გავრცელებულია სიზრქეების, შრეების, ფენისებრი ბუდობების, შუაშრეების, ლინზებისა და სხვადასხვა ზომის სხეულების სახით. რიფული კირქვები წარმოქმნის არასწორი ფორმის მძლავრ მასივებს, ხოლო დო-

ლომიტები მიწისქვეშა წყლების მოქმედებით კალციტის გამოტუტვის შემდეგ – ე.წ. დოლომიტური ფქვილის ფხვიერ დანაგროვებს.

კარბონატულ ქანებს შორის ძირითადად განასხვავებენ მასიურ და შრეულ ტექსტურებს, შრის სისქის მიხედვით – თხელშრეულ (<5 სმ), საშუალო (5-10 სმ) და სქელშრეულ (>10 სმ) ტექსტურას. მათ გარდა, აუცილებელია გამოყოფილი იქნეს მკვრივი (მასიური) და კავერნოზული სახესხვაობანი.

ორგანულ-ჰემოგენური კლდოვანი და ნახევრადკლდოვანი ტიპის დანალექ ქანებს მიეკუთვნება აგრეთვე კაჟიანი ქანები, რომლებიც თითქმის მთლიანად სინგენეტური წარმოშობის კაჟმიწის მინერალების – ოპალის, ქალცედონისა და კვარცისაგან შედგება.

კაჟიანი ქანების სახესხვაობებია: დიატომიტი, რომელიც თითქმის მთლიანად დიატომური წყალმცენარეების (დიატომიტების) ჩონჩხისაგან შედგება; ოპალური ქანები – ტრეპელები, ოპოკები; სპონგოლითები – ღრუბლის სპიკულებისაგან შემდგარი კაჟიანი ქანები; რადიოლარიტები – რადიოლარიტების ნიჟარებით აგებული ქანები; იასპები – ქალცედონიანი და რადიოლარიტებიანი ქანები.

ქალცედონურ-კვარცული ქანები გვხვდება უმეტესად პალეოზოურ დანალექებში, ოპალური ქანები – მხოლოდ მეზოზოურ და კაინოზოურ ქანებს შორის.

ქიმიური წარმოშობის ქანებს მიეკუთვნებიან აგრეთვე თაბაშირი, ანჰიდრიტი, ჰალიტი ანუ ქვამარილი, ლატერიტები ანუ წითელი მიწები, რომლებიც წარმოიქმნიებიან სუბტროპიკულ და ტროპიკულ პირობებში თიხამიწის შემცველი ქანების გარდაქმნის შედეგად და ბოქსიტები (ალუმინის ძირითადი მადანი).

ორგანულ დანალექ ქანებს მიეკუთვნება ე.წ. კაუსტობიოლითები – ნავთობი, მურა ნახშირი, ქვანახშირი, ანთრაციტი, საწვავი ფიქლები და ა.შ.

მეტამორფული ქანები

მეტამორფული ქანები უკვე არსებული ქანების მაღალი ტემპერატურისა (800-900° C) და წნევის (10-12 ათასი ატმოსფერო) პირობებში გარდაქმნის (უმთავრესად გადაკრისტალების) პროდუქტია. მათთვის დამახასიათებელია საწყისი ქანების წოლის ფორმები და ძირითადად იგივე მინერალური შედგენილობა, თუმცა, დიდი მნიშვნელობა აქვს მინერალების ახლად წარმოქმნილ ასოციაციებს.

დედამიწის ქერქის სხვადასხვა ზონაში გამოყოფენ პირველადი ქანების გარდაქმნის სამ მთავარ საფეხურს: დაბალ, საშუალო და მაღალტემპერატურულს. დაბალტემპერატურულ საფეხურზე მეტამორფიზმი სუსტად ვლინდება – წარ-

მოიქმნება ძირითადად სხვადასხვა სახის მეტამორფული ფიქლები. საშუალოტემპერატურული მეტამორფიზმისათვის დამახასიათებელია მეტამორფიზმის მნიშვნელოვანი გამოვლინება – კარგად ვითარდება ფიქლებრიობა, წარმოიქმნება მასიური ტექსტურის ქანები. მაღალტემპერატურულ საფეხურზე უფრო მკვეთრად ვლინდება ქანების ფიქლებრიობა, მასიური და სხვა ტექსტურის ქანების კრისტალიზაცია სრულყოფილია. მაგალითად, თიხის მეტამორფიზმის სხვადასხვა სტადიაში წარმოიქმნება თიხაფიქალი, ფილიტი (თიხიან-ქარსიანი ფიქალი), რომლებსაც იდეალური ფიქლებრიობის შემთხვევაში კრისტალურ და სახურავ ფიქლებს უწოდებენ. არჩევენ აგრეთვე: ქარსიან, ქლორიტულ, ტალკიან და სხვ. ფიქლებს.

როგორც მაგმური, ისე დანალექი ქანების საბოლოო სტადიად გნეისი ითვლება. თიხაფიქლების მეტამორფიზმის შედეგად პარაგნეისი წარმოიშობა, მაგმური ქანის (უმთავრესად გრანიტის) შემთხვევაში – ორთოგნეისი. გნეისისათვის დამახასიათებელია ფიქლებრივი ან ზოლებრივი ტექსტურა. ფიქლებრიობა მის სამშენებლო თვისებებს აქვეითებს, კვარცის სიჭარბე კი – ზრდის.

მეტამორფული ქანებიდან ფართოდაა გავრცელებული მარმარილო და კვარციტი. მარმარილო კირქვებისა და დოლომიტის მეტამორფიზმის პროდუქტია. აქვს კრისტალურმარცვლოვანი, მასიური ტექსტურა, არის საუკეთესო დეკორატიული ქვა. კვარციტი ძალიან მკვრივი, მარცვლოვანი და მონოლითური ქანია. შედგება კვარცის მარცვლებისა და კვარცისავე ცემენტისაგან. კვარციტს უწოდებენ აგრეთვე კაჟის ცემენტის მქონე წვრილმარცვლოვან კვარციან ქვიშაქვებსაც.

მეტამორფული ქანები, როგორც წესი, დაკავშირებულია მოძრავ დანაოჭებულ ზონებთან, მათი წარმოქმნა კი – ტექტონიკურ მოძრაობებთან. ქანების გარდაქმნაში წამყვანი როლის მიხედვით განასხვავებენ მეტამორფიზმისა და შესაბამისად, მეტამორფული ქანების რამდენიმე ტიპს. შეხების ზოლის გასწვრივ მაღალტემპერატურული მაგმის შეჭრისას ქანების (უმთავრესად დანალექისა) შეცვლას **კონტაქტური მეტამორფიზმი** ეწოდება, ამ ზონაში წარმოქმნილ მინერალებს – **ორთოგნეისები**, დიდ სიღრმეებზე ქანების მძლავრი წყებების ფართო გავრცელების მეტამორფიზმს – **რეგიონული**, ხოლო წნევის მნიშვნელოვანი გაზრდით გამოწვეული ქანების სახეცვლის პროცესს – **დინამომეტამორფიზმს**.

მეტამორფული ქანების საერთო ნიშანია მათი სრულკრისტალური აღნაგობა. სტრუქტურების უმრავლესობა კრისტალობლასტიკურია. მისი წარმოქმნა დაკავშირებულია ქანების მყარ მდგომარეობაში (ბლასტეზი) გადაკრისტალებასთან. მაკროსკოპული სადიაგნოსტიკო ნიშანია მათი ტექსტურა. ყველაზე გავრცელებულია

ფიქლებრივი, ზოლებრივი (წერილნაოჭა), ბოჭკოსმაგვარი, გნეისური, სათ-
ვალისებური და მასიური ტექსტურები.

II ტაზო

ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური კლასიფიკაცია

ქანების სხვადასხვა გენეტიკური და პეტროგრაფიული ტიპები ძირეულად განსხვავდება ფიზიკური, წყლოვანი და მექანიკური თვისებებით. ამიტომ აღნიშნული ნიშნებით ცალკეულ ჯგუფებად მათი გაერთიანება გვაძლევს სამშენებლო თვისებათა კომპლექსური დახასიათების საშუალებას.

ცხრილი II.1

გრუნტების ზოგადი კლასიფიკაცია ე. სერგეევის მიხედვით

№	კლასი	ჯგუფი	ქვეჯგუფი	
I	ქანები მყარი სტრუქტურული კავშირით	მაგმური	სიღრმული (ინტრუზიული)	
			ამოფრქვეული (ეფუზიური)	
		მეტამორფული	რეგიონულ-მეტამორფული	
			კონტაქტურ-მეტამორფული	
		იქნა აღნიშნული	ნატეხოვანი შეცემენტებული	მსხვილნატეხოვანი შეცემენტებული
				წვრილნატეხოვანი შეცემენტებული
				თიხოვანი და მტვროვანი გამკვრივებული
				კაუიანი
			ქიმიური და ბიოქიმიური	რკინოვანი
				კარბონატული
				სულფატური
				ჰალოიდური
II	ქანები არამყარი სტრუქტურული კავშირით	თიხოვანი და მტვროვანი	თიხოვანი	
			ლიოსური (ალევეროლითური)	
		ნატეხოვანი შეუცემენტებული	მსხვილნატეხოვანი	
			ქვიშოვანი	
III	ნიადაგები	ნიადაგები	ზონალური	
			ინტრაზონალური	
IV	ხელოვნური გრუნტები	ხელოვნური გრუნტები	კულტურული შრეები	
			ნატანი	
			ნაყარი	
			ხელოვნური გაუმჯობესებული	
			ხელოვნური გაუარესებული	

ამჟამად საინჟინრო გეოლოგიაში მიღებულია და ფართოდ გამოიყენება ე. სერგეევისა და თ. სავარენსკის (ვ.ლომთაძის დამატებებით) კლასიფიკაციები.

ე. სერგეევის კლასიფიკაციით გამოყოფილია: კლასები, ჯგუფები და ქვეჯგუფები (ცხრილი II.1). პირველ ორ კლასში შედის მყარი და არამყარი სტრუქტურული კავშირის მქონე გრუნტები, მესამესა და მეოთხეში – ნიადაგები და ხელოვნური გრუნტები, ანუ განსაკუთრებული გენეტიკური წარმონაქმნები.

ე. სერგეევის კლასიფიკაცია არ იძლევა ქანების თვისებათა ხარისხობრივი და რიცხვობრივი შეფასების საშუალებას. ამ მხრივ შედარებით სრულყოფილია თ. სავარენსკის კლასიფიკაცია ე. ლომთაძის დამატებებით, სადაც სხვადასხვა გენეტიკური და პეტროგრაფიული სახეობანი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მიხედვით გაერთიანებულია ქანების სხვადასხვა საინჟინრო-გეოლოგიურ ჯგუფებში. ამ კლასიფიკაციის შემოკლებული ვარიანტი ცხრილის სახით მოცემულია ქვემოთ (ცხრილი II.2).

ცხრილი II.2

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

ქანების (გრუნტების) ჯგუფები	ქანების გენეტიკური ტიპები და პეტროგრაფიული სახეობანი	ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები
I კლდოვანი	<p><u>მაგმური</u>: სიღრმული (ინტრუზიული) – გრანიტი, სიენიტი, გრანოლოზირიტი, გაბრო. ზედაპირული (ეფუზიური)–პორფირიტი, დიაბაზი, ლიპარიტი, ტრაქიტი, დაციტი, ანდეზიტი, ბაზალტი.</p> <p><u>მეტამორფული</u>–მარმარილო, კვარციტი, გნეისი, კრისტალური ფიქალი.</p> <p><u>დანალექი</u>–ქვიშაქვა და კონგლომერატი მტკიცე ცემენტით, მკვრივი, მტკიცე კირქვა და დოლომიტი.</p>	<p>მაღალი სიმკვრივე, (2,65-3,10 გ/სმ³), უმნიშვნელო ფორიანობა, წყალგაუმტარი, წყალშედწევადი მხოლოდ ნაპრალების საშუალებით (ფილტრაციის კოეფიციენტი არ აღემატება 10 მ/დღე-ღამეში) მაღალი სიმტკიცე და დრეკადობა. კუმშვისადმი წინაღობა 500–4000 კგ/სმ², 0,1 მპა. პრაქტიკულად უკუმშვადი, სიმაგრის კოეფიციენტი $f_{სიმა}$>8</p>
II ნახევრად კლდოვანი	<p>I ჯგუფის გამოფიტული და ძლიერ დანაპრალებული ქანები, შედარებით დაბალი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით.</p> <p><u>დანალექი</u>: ვულკანური ტუფი, ტუფოგენური ქანები, ქვიშაქვა და კონგლომერატი თიხოვანი ცემენტით, თიხიანი ფიქალი და არგილიტი, თიხიანი კირქვა და დოლომიტი, მერგელი.</p>	<p>საშუალო სიმკვრივე (2,20-2,65 გ/სმ³), ფორიანობა 10-15%, ცალკეულ სახესხვაობებში უფრო მეტიც, სუსტად წყალშემცველი. წყალშედწევადობა დამოკიდებულია ნაპრალიანობასა და გამოფიტვაზე. ფილტრაციის კოეფიციენტი 0,5-დან 30-მდე მ/დღე-ღამეში. მტკიცე, კუმშვისადმი წინაღობა 150-500 კგ/სმ², 0,1 მპა. სუსტად კუმშვადი ან პრაქტიკულად უკუმშვადი, სიმაგრის კოეფიციენტი $f_{სიმა}$=2-8</p>
III ფხვიერი შეუკავშირებელი	<p><u>დანალექი</u>: ქვიშა, ხვინჭა, რიყის ქვა.</p>	<p>სიმკვრივე და ფორიანობა იცვლება ფართო საზღვრებში (1,40 – 1,90 გ/სმ³, 25–40%). უწყლო ან მცირედ წყალშემცველი, პრაქტიკულად უხსნადი, წყალგამტარი. ფილტრაციის კოეფიციენტი 30 მ/დღე-ღამეში და უფრო მაღალი. სიმტკიცე დამოკიდებულია ნაწილაკების განლაგების სიმჭიდროვეზე. აქვს მცირე სიმაგრე - $f_{სიმა}$<2, შიგა სახუნის კოეფიციენტი $f=0,25-0,60$</p>

ქანების (გრუნტების) ჯგუფები	ქანების გენეტიკური ტიპები და პეტროგრაფიული სახეობანი	ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები
IV რბილი შეკავშირებული	<u>დანალექი</u> : ლიოსი, თიხა, თიხნარი, ქვიშნარი, ლიოსური ქანები.	სიმკვრივე -1,10-1,20გ/სმ ³ -დან 1,90-2,10 გ/სმ ³ -მდე, ფორიანობა - 25-30-დან 75-80%-მდე, ტენიანობა იცვლება ფართო საზღვრებში - 12-15-დან 75-80%-მდე, წყალშემცველი, უხსნადი, სუსტად წყალშედწვეადი. ფილტრაციის კოეფიციენტი 0,1 მ/დღე-დამეში და უფრო ნაკლები, კუმშვადი და ძლიერ კუმშვადი. სიმტკიცე დამოკიდებულია ტენიანობასა და სიმკვრივეზე. სიმაგრე $f_{\text{სიმაგრე}} < 2$. შიგა ხახუნის კოეფიციენტი მცირეა: $f=0,15-0,35$
V განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობისა და თვისებების ქანები	მზრალი ქანები, გალსობისას სიმტკიცის, დეფორმაციულობის და მდგრადობის მკვეთრი ცვლილებით <u>დანალექი</u> : მცურავი ქვიშები, ქვიშიანი ლამი, გამარილიანებული თიხოვანი ლამი, ტორფი, ნიადაგი, თაბაშირი, ანჰიდრიტი, ქვამარილი. ხელოვნური ნაყარი, ანთროპოგენური ქანები.	ამ ჯგუფის ქანები ხასიათდება სპეციფიკური თვისებებით. საჭიროებს კვლევის სპეციალურ მეთოდებს და ინდივიდუალურ შეფასებას

საინჟინრო-გეოლოგიური კლასიფიკაციის მიხედვით კლდოვანი და ნახევრად-კლდოვანი ქანები, წარმოშობის პირობებიდან გამომდინარე, მიეკუთვნება მაგმურ, დანალექ და მეტამორფულ გენეზისის, მყარ სტრუქტურულკავშირიანი კლასის ქანებს და ძირითადად, საიმედონი არიან სხვადასხვა სახის ნაგებობათა მშენებლობისათვის. ამ ტიპის და სხვა ქანებზე მშენებლობის დაპროექტების თავისებურებანი განხილულია XI თავში.

ფხვიერი შეუკავშირებელი, რბილი შეკავშირებული და განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობისა და თვისებების ქანები, კლდოვან და ნახევრად-კლდოვან ქანებთან შედარებით ხასიათდებიან მნიშვნელოვნად დაბალი სამშენებლო მაჩვენებლებით, ფიზიკური მდგომარეობისა და თვისებების დიდი ცვალებადობით, ამიტომ უმეტეს შემთხვევაში მათზე მშენებლობის დროს საჭიროა გარკვეული შეზღუდვები და სამშენებლო თვისებების გაუმჯობესება. ქანების დაბალი თვისებები ხშირ შემთხვევაში განპირობებულია მათი გენეზისისა და პეტროგრაფიული თავისებურებებით და მყარ სტრუქტურულკავშირიანი ქანებისაგან განსხვავებით აუცილებელია წარმოშობის პირობების დეტალური შესწავლა.

III თავი

ფსვიერი შეუკავშირებელი და რბილი შეკავშირებული ქანების ძირითადი ბენეტიკური ტიპები

III.1. კონტინენტური, ლაგუნური და ზღვიური წარმოშობის ქანები

წარმოშობის პირობების მიხედვით ფსვიერი შეუკავშირებელი (ქვიშა, ხრეში, კენჭნარი) და რბილი შეკავშირებული (თიხა, თიხნარი, ქვიშნარი, ლიოსი და ლიოსისებური) ქანები შეიძლება იყოს კონტინენტური, ლაგუნური და ზღვიური. თითოეული ფაციალური ჯგუფი თავის მხრივ იყოფა კიდევ უფრო წვრილ ჯგუფებად და ტიპებად.

კონტინენტური წარმოშობის ქანები

კონტინენტური, ლაგუნური და ზღვიური წარმოშობის ქანები შეადგენენ დედამიწის დანალექი ქანების 70%-ს. ისინი ხშირად სხვადასხვა ნაგებობებისათვის საფუძველი, გარემო ან ბუნებრივი საშენი მასალაა. ამიტომ ამ ქანების შესწავლას პრაქტიკული საინჟინრო ამოცანის გადაწყვეტისას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა.

კონტინენტურს მიეკუთვნება შემდეგი გენეტიკური ტიპები: ელუვიური, დელუვიური, კოლუვიური, ალუვიური, პროლუვიური, მყინვარული, წყლოვან-მყინვარული, ტბიური, ეოლური, ჭაობიანი, ანთროპოგენული (ეს ორი უკანასკნელი განიხილება განსაკუთრებული ჯგუფის ქანებში) ქანები.

კონტინენტური დანალექი წარმონაქმნები საჭიროა განვიხილოთ ქანების სახეცვლის, გამოფიტვის, დენუდაციის და აკუმულაციის ერთობლივი მოქმედების გათვალისწინებით.

ელუვიურ ნალექებს მიეკუთვნება გამოფიტვის შედეგად წარმოქმნილი და ადგილზე დარჩენილი ქვიშიან-ღორღიანი და თიხური ნალექები. თიხები და თიხოვანი ელუვიური ქანები წარმოიშობა ძირითადად ქიმიური, ხოლო ქვიშიან-ღორღიანი – ფიზიკური გამოფიტვის შედეგად.

გეომორფოლოგიურად ელუვიონი გავრცელებულია რელიეფის უარყოფით ფორმებზე, ე.ი. იქ, სადაც დენუდაციური პროცესები და ეროზია ვერ ასწრებს მათ წარეცხვასა და გადატანას.

დელუვიური ნალექები მიეკუთვნება წვიმისა და თოვლდნობის ნაკადებით ფერდობების შედარებით მაღალი ადგილებიდან დაბლა გადატანილი და დაგროვილი კონტინენტური წარმონაქმნების გარკვეულ გენეტიკურ ტიპს.

დელუვიური თიხოვანი ქანები თავისი მდგომარეობით ძალზე მრავალ-ფეროვანია. ჭრილში ეს ნალექები ხშირად ძნელი გამოსაცნობია ელუვიონისაგან, ამიტომ ზოგჯერ აუცილებელია მათი ელუვიურ-დელუვიურ კომპლექსად გაერთიანება.

კლუვიური ნალექები არის ზვავების, ჩამოქცევების, ფლატეების მოქმედების შედეგად წარმოქმნილი და უახლესი გადალექვის შემდეგ დაგროვილი მსხვილნატეხოვანი მასალა. აქედან გამომდინარე, ცდილობენ, ასეთი ქანების გავრცელების უბნებში არ დაპროექტდეს და არ განხორციელდეს მშენებლობა.

ალუვიური ნალექები ეწოდება მდინარეთა გეოლოგიური მოქმედების ყველანაირ წარმონაქმნს, რომელიც გროვდება კალაპოტისა და კალაპოტზედა ტერასების ფარგლებში.

მთის მდინარეების კალაპოტის ალუვიონი შედგება ძირითადად უხეშმარცვლოვანი კენჭნარისაგან. კალაპოტის ზვინულებსა და ახლო თავთხელ (მეჩეჩ) ადგილებში წარმოიქმნება წვრილმარცვლოვანი ქვიშებისა და ალევროლიტული მასალის ნარევი. მდინარის ხეობის განივად, ღერძული ნაწილიდან პერიფერიებისაკენ, შეიმჩნევა თიხური ნაწილაკების ზრდა და ნატეხოვანი მასალის ზომების შემცირება. მთის ალუვიონი ბარის მდინარეებისაგან განსხვავდება ნატეხოვანი მასალის ცუდი დახარისხებით, რაც განპირობებულია მდინარის მცირე სიგრძითა და მოკლე მანძილზე მასალის მაღალი დახარისხების შეუძლებლობით. მთის წყლის ნაკადის გადაადგილების დინამიკა იცვლება ბარის ტიპით და იქმნება შედარებით მცირე ზომის დახარისხებული კალაპოტის ალუვიონი.

ტერასებზე ნალექების სიმსხო არაერთგვაროვანია, ზომები ძირითადად იზრდება ახალგაზრდიდან ძველისკენ, ე.ი. ალუვიონი პირდაპირ კავშირშია ნალექების სიმსხოსა და ასაკს შორის. ტერასებზე ალუვიური ნალექების გრანულომეტრიული შედგენილობის სპეციფიკა ზოგ შემთხვევაში შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სტრატиграფიისა და პალეოგეოგრაფიის საკითხების გადასაწყვეტად, აგრეთვე საშენი ინერტული მასალის ძიებისას.

პროლუვიურ ნალექებს მიეკუთვნება მთის მდინარეთა (სელური პროლუვიონი) და მშრალ ხევებში (ხევის პროლუვიონი) ინტენსიური ატმოსფერული ნალექების, ანდა მთაში თოვლისა და მყინვართა დნობისას დროებითი ნაკადებით წარმოქმნილი ნალექები. პროლუვიური ნალექები ქმნის ე.წ. გამოტანის კონუსებს,

რომლებიც ხშირად ერწყმიან ერთმანეთს და წარმოქმნიან მთისწინა მძლავრ შლეიფებს.

სელური პროლუვიონის მექანიკური შედგენილობა თანდათან იცვლება, კერძოდ, დაბლობისაკენ უხეში ნატეხი მასალა მცირდება და გადადის ქვიშნარიან და ქვიშიან დანაგროვებში, უფრო შორს კი – თიხოვან ნალექებში.

ხევის პროლუვიონს მნიშვნელოვანი რეგიონული გავრცელება არ ახასიათებს. ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით იგი დელუვიურ ნალექებს ენათესავება.

მყინვარული ნალექები მიეკუთვნება სხვადასხვანაირ მორენულ დანაგროვებს. განასხვავებენ ძირისა (ფსკერის) და კიდურა (განაპირა) მორენებს.

მორენებს შორის ქვიშიანი წყალშემცველი შუაშრების, ლინზების, თიხებისა და თიხნარების არსებობა, რომელიც ადვილად რბილდება და გაყინვისას ძალიან ფუედება, ხშირად ართულებს მშენებლობის პირობებს.

წყლიან-მყინვარულ ნალექებს მიეკუთვნება მყინვარების დნობის ნაკადით წარმოქმნილი ფლუვიოგლაციური და მყინვარული დანალექებით წყლის შეგუბების შედეგად დაგროვილი ტბიურ-მყინვარული წარმონაქმნები.

ფლუვიოგლაციური დანალექები კარგად დახარისხებული ქვიშებია ხრეშითა და კენჭნარით, მათ შორის ხშირია ცალკეული კაჭარი და მათი გროვები. ჩვეულებრივ მას აქვს საშუალო და მკვრივი აღნაგობა და სხვადასხვაგვარი ნაგებობებისათვის საიმედო საფუძველია.

ტბიურ-მყინვარული დანალექების შედგენილობა ძირითადად თიხოვანია, ნათლად გამოხატული ლენტისებური ტექსტურით, გაყინვისას ეს ნალექები ძლიერ იბურცება და სამშენებლო თვალსაზრისით მიეკუთვნებიან სუსტ ქანებს.

ტბიური ნალექები ნაირგვარია. ის დამოკიდებულია ტბის ფართობსა და სიღრმეზე. დიდ ტბებში ნალექების დაგროვების პირობები უახლოვდება ზღვისას და გვაქვს მათი ფაციალური მონაცვლეობა. სანაპიროსთან გვაქვს მსხვილი კენჭნარი მასალა, ცენტრისაკენ თიხური დანალექები, პატარა და არადრმა ტბებში კი ძირითადად თიხები ილექება. გარდა აღნიშნულისა, ტბიური ნალექების წარმოქმნა დამოკიდებულია ტბის ადგილმდებარეობაზე, რელიეფსა და სხვა ფაქტორებზე.

ტბიური ნალექების თიხოვანი სახესხვაობანი ხშირად მდიდარია ორგანული ნივთიერებებით, სხვადასხვა მარილებითა და მინარევებით. მათთვის დამახასიათებელია თხელი შრეულობა, რომელიც განაპირობებს ამ ქანებში თვისებების ანიზოტროპულობას.

ეოლური ნალექები ძირითადად ქვიშასა და მტვროვან ფრაქციებს შეიცავს და დაკავშირებულია ქარის აკუმულაციურ მოქმედებასთან. ტბიური ეოლური წარმო-

ნაქმნებია უდაბნოებისა და ნახევრად უდაბნოების (ბარქანები), ზღვებისა და ტბების სანაპიროთა (დიუნები) ათეული, ზოგჯერ რამდენიმე ასეული მეტრის სიმაღლის ნამგლისებური და წაგრძელებული ფორმის ასიმეტრიულფერდობებიანი გორაკების მწკრივი. მრავალი მეცნიერის აზრით ასე წარმოიშობა ლიოსები.

გაწყლიანებისას ლიოსების სწრაფი კატასტროფული შემკვრივება ხშირად იწვევს ამ ქანებზე აგებულ ნაგებობათა სერიოზულ დეფორმაციასა და ნგრევას.

თიხოვანი ქანები, რომლებსაც ახასიათებს ლიოსების ნიშნები და თვისებები, მაგრამ მათგან განსხვავდება წარმოშობის პირობებით (მაგ. დელუვიური, პროლუვიური, წყლოვან-მყინვარული და სხვ.), ჩვეულებრივ მიეკუთვნება ლიოსისებური ქანების ტიპს.

ლაგუნური წარმოშობის ქანები

ლაგუნური ქანები მიეკუთვნება შელფის დანალექების თავისებურ ტიპს. საინჟინრო-გეოლოგიური შეფასებისას მნიშვნელოვანია მათი მარილშემცველობის გათვალისწინება, რომლის ზრდა ან შემცირება განპირობებულია ინტენსიური აორთქლებით, მტკნარი წყლების ნაკადის სიუხვით, შემოტანილი მონატეხი, ტერიგენული მასალის რაოდენობითა და სხვ.

მეოთხეულამდე ლაგუნური ქანები, როგორც წესი, ხასიათდება გაზრდილი სიმკვრივით და იმყოფება მყარ ან ნახევრადმყარ მდგომარეობაში, ხოლო მეოთხეული და განსაკუთრებით თანამედროვე ასაკის – მეტწილად სუსტად შეკავშირებულია და აქვს რბილპლასტიკური ან დენადი კონსისტენცია.

ზღვიური წარმოშობის ქანები

ზღვიური ქანები წარმოშობის პირობების მიხედვით შეიძლება დაგყოს ღრმა და სანაპირო ზონის დანალექებად.

ზღვიური დანალექი ქანების დიდი სიმძლავრე დაკავშირებულია ზღვებისა და ოკეანეების ფსკერის ნელ დაძირვასთან. ნაპირის ქვიშიან-კენჭნარიანი დანალექების წარმოქმნა, ძირითადად განპირობებულია ტალღცემის მოვლენებით, დინებით, მიქცევითა და უკუქცევით, მდინარეთა მიერ ზღვაში შემოტანილი მონატეხი მასალის რაოდენობითა და სხვ. ამის გამო, სანაპირო ზოლის ქვიშიან-კენჭნარიანი დანალექები გავრცელებულია სხვადასხვაგვარად. მათი სიმძლავრე იზომება ათეულ და ასეულ მეტრობით.

ქვიშიან-კენჭებიან ნალექებს აქვს მკვრივი, საშუალოდ მკვრივი და ფხვიერი აღნაგობა. ჩვეულებრივ, ძირითადი თიხოვანი ქანები გამკვრივებულია და მიეკუთვნება ნახევრადკლდოვანი ქანების ჯგუფს. თანამედროვე ზღვის თიხოვანი დანალექები მდგომარეობის მიხედვით შეიძლება იყოს ნებისმიერი კონსისტენციისა – მაგარიდან დენადის ჩათვლით.

III.2. განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობისა და თვისებების ქანები

განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობისა და თვისებების ქანების ჯგუფში გაერთიანებულია: ნიადაგები, ტორფი, ქვიშოვანი და თიხოვანი ლამი, მცურავი ქვიშები; მარილები – ანჰიდრიტი, ქვამარილი, თაბაშირი; გამარილიანებული თიხოვანი ქანები, მზრალი ქანები, რომლებიც გაღსობისას მკვეთრად იცვლიან სიმტკიცეს, დეფორმაციის მაჩვენებლებსა და მდგრადობას. ამავე ჯგუფში შედის ხელოვნურად ნაყარი – ანთროპოგენული ნალექები.

ამ ჯგუფის ქანების საერთო თვისებაა ის, რომ უმეტეს შემთხვევაში არახელსაყრელია მშენებლობისათვის. თითოეული გენეტიკური ტიპი და სახეობა ხასიათდება სპეციფიკური თვისებებით, ამიტომ მათ შესასწავლად საჭიროა კვლევის სპეციალური მეთოდები და ინდივიდუალური შეფასება.

ნიადაგი ბიოგენური და ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების ინტენსიური განვითარების ზეგავლენით ქანების გარდაქმნის შედეგად წარმოქმნილი დედამიწის ნაყოფიერი ზედაპირული ფხვიერი ფენაა. იგი ხასიათდება ორგანული კოლოიდების გახრწნილ ნივთიერებათა – ჰუმუსის მაღალი შემცველობით, გაზრდილი მინერალიზაციით და მისი წარმომშობი ქანებისაგან – შედგენილობისა და თვისებების თვალსაჩინო განსხვავებით.

ნიადაგს უმეტესად სუსტი მექანიკური თვისებები აქვს – წყლის გავლენით ადვილად ლბება, ზოგჯერ იბურცება, გამოშრობისას იკლებს მოცულობაში და, ძირითადად, ნაგებობის საფუძვლად გამოსადეგი არ არის.

ტორფი და ტორფიანი ქანები თანამედროვე ჭაობური წარმონაქმნია, რომელიც შედგება გახრწნილი მცენარეული ნარჩენებისა (ჰუმუსი) და მინერალური ნივთიერებებისაგან. ტორფი ეწოდება ქანს, რომელშიც ჰუმუსის შემცველობა $\geq 50\%$, ხოლო დაბალი – 10% -მდე შემცველობისას, საქმე გვაქვს ტორფიან ქანთან.

ტორფი და ტორფიანი ქანები, როგორც წესი, ხასიათდება დაბალი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით და მშენებლობისთვის ნაკლებად გამოსადეგი ქანების ჯგუფს მიეკუთვნება.

ღამები – მიკრობიოლოგიური პროცესების მონაწილეობით სუბაკვალურ (წყალქვეშა) პირობებში საწყის სტადიაში წარმოქმნილი წვრილი და წმინდა დისპერსული ქვიშური და თიხური ქანებია, რომელთა ბუნებრივი ტენიანობა აღემატება მათი დენადობის ზღვარს. ამ პირობების დაცვის შემთხვევაში ფორიანობის კოეფიციენტის (e) მიხედვით, შლამი შეიძლება ეწოდოს ქვიშარს, თუ $e \geq 0.9$ -ის, თიხნარი $e \geq 1.0$ -ისა და თიხა $e \geq 1.5$ -ისა.

ღამების სიმტკიცე მეტად დაბალია, ისინი მგრძობიარენია ბუნებრივი მდგომარეობის შეცვლის მიმართ, მცირე ძალის მიყენების შემთხვევაშიც კი გადადიან დენად მდგომარეობაში, ხოლო ძალის მოხსნის შემდეგ ხელახლა თავისთავად სხვადასხვა სიჩქარით უბრუნდებიან საწყის მდგომარეობას და სიმტკიცეს, ანუ აქვთ ტიკსოტროპული გარდაქმნის უნარი, რის გამოც ღამის ნიმუშები ვერ ინარჩუნებენ ბუნებრივ მდგომარეობას კარგად დაპარაფინების შემთხვევაშიც კი. ტიკსოტროპულ თვისებებს შეუძლია მკვეთრად შეცვალოს მათი მდგრადობა და სიმტკიცე, ქანზე სტატიკური და დინამიკური ზემოქმედებით გამოიწვიოს მათი მნიშვნელოვანი დაჯდომა, ნაგებობათა მდგრადობის დარღვევა. ბუნებრივი დაფერდების კუთხე მიისწრაფვის ნულისაკენ, რაც იწვევს არასასურველი გეოდინამიკური პროცესების წარმოქმნას, სამშენებლო სამუშაოების შესრულების დროს ქანების სიმტკიცის შესუსტებას და გათხევადებას, რაც ქმნის დიდ სიძნელებს სამშენებლო სამუშაოების დროს.

მცურავი ქანები – კოლოიდური, ძირითადად წმინდა და წვრილმარცვლოვანი, მტვროვანი და ძლიერ მტვროვანი წყალგაჯერებული ქვიშებია, რომლებიც მიწის სამუშაოების (სამთო გამონამუშევრები, სამშენებლო ქვაბულები და სხვ.) დროს მოძრაობენ გამოღებული სივრცისკენ ბლანტი სითხის მსგავსად.

მცურავი ქანების წარმოქმნის მიზეზად მიიჩნევენ ქვაბულის გაჭრის შედეგად გრუნტის წყლების დონეთა სხვაობით წარმოქმნილ ჰიდროდინამიკურ წნევას და ქანში არსებულ ტენის შემწოვი კოლოიდური (ჰიდროფილურ) ნაწილაკების ირგვლივ წარმოშობილ წყლის აპკს, რომელიც ასუსტებს ქანის სტრუქტურულ კავშირს, გადაჰყავს ატივტივებულ მდგომარეობაში და ქანი იწყებს მოძრაობას დაბალი ნიშნულებისაკენ, ე.ი. სამშენებლო ქვაბულის ან გამონამუშევრისაკენ.

მცურავი ქანის ზედაპირი ახლად ჩასხმული ბეტონისას წააგავს. კოლოიდური ნაწილაკების გამო წყალი ღია რუხი რძისფერია, აქვს შმორის სუნი, გრუნტის

ცალკეულ ნაწილაკებს შორის შეკავშირების ძალები არ არსებობს (ცრუ მცურავები) ან უმნიშვნელოა (ჭეშმარიტი მცურავები). მასზე მიწის სამუშაოები ძლიერ გართულებულია, დინამიკური ზემოქმედებისას მცურავი ქანების ამტანუნარიანობა მკვეთრად მცირდება და მიისწრაფვის ნულისაკენ. ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლა რთულია, ამიტომ კვლევის მონაცემები ნაკლებად სარწმუნოა და არ შეიძლება მიღებულ იქნეს მათი სამშენებლო თვისებების შეფასების კრიტერიუმად.

გამარილიანებული ქანები. თუ ქანში მშრალი წონის 2 - 5%-ზე მეტი წყალში ხსნადი მარილია, მას მიაკუთვნებენ გამარილიანებულს. ასეთი ქანები გვხვდება მშრალი კლიმატის პირობებში და წარმოდგენილია ძირითადად თიხა-თიხნარით. ხსნადი მარილები იყოფა სამ ჯგუფად: ადვილად ხსნად (ჰალიტი - NaCl, სილვინი - KCl, მირაბილიტი - Na₂SO₄, სოდა - NaCO₃ და სხვ.), საშუალოდ ხსნად (თაბაშირი - CaSO₄·2H₂O, ანჰიდრიტი - CaSO₄) და ძნელად ხსნად (კალციტი - CaCO₃, მაგნეზიტი - MgCO₃, დოლომიტი - CaMg(CO₃)₂ და სხვ.) მარილებად. ქანები და ნიადაგები, რომლებიც მეტ-ნაკლები რაოდენობით შეიცავენ ადვილად ხსნად მარილებს, მიეკუთვნება მლაშობებს, ბიცობებს და მათ გარდამავალ ტიპებს. მშრალ მდგომარეობაში ასეთი ქანების მდგრადობა მაღალია, მაგრამ წყლიან გარემოში მდგრადობა მნიშვნელოვნად მცირდება, აღინიშნება დაჯდომები, აგრესიულობა ბეტონისა და რკინის მიმართ.

მზრალი ქანები – ყოველგვარ ქანს, რომელსაც აქვს უარყოფითი ან ნულოვანი ტემპერატურა, მზრალი ეწოდება.

როგორც ქანმაშენი, ყინული ხშირ შემთხვევაში, ტემპერატურის ცვალებადობისას განაპირობებს არამდგრად ფაზას. მზრალი ქანების გაღვობისას ვითარდება არათანაბარი და მკვეთრი დაჯდომები, მნიშვნელოვნად იცვლება ქანების სიმტკიცე, წყალშედწევადობა, დეფორმირებადობა და სხვ. რაც ხშირ შემთხვევაში ნაგებობების მნიშვნელოვანი დეფორმაციის, ნგრევის და სხვა არასასურველი პროცესების განვითარების მიზეზი ხდება.

ქანებზე, რომლებიც არ შეიცავენ ყინულს, მაგრამ აქვს უარყოფითი ტემპერატურა, მშენებლობის დროს აუცილებელია ტემპერატურის გათვალისწინება.

მზრალ ქანებზე მშენებლობისა და სხვა სამეურნეო მიზნით მათი გამოყენების დაწყებამდე საჭიროა ამ ქანების შესწავლა სათანადო წესების შესაბამისად, რაც დეტალურად განიხილება საინჟინრო გეოლოგიის დამოუკიდებელ ნაწილში – საინჟინრო მზრალმცოდნეობაში.

ხელოვნურად ნაყარი – ანთროპოგენული ქანები ადამიანის საინჟინრო და სხვადასხვა სახის საქმიანობით წარმოქმნილი ნაყარი ქანები ან დანაგროვებია, რომლებიც შეიცავენ მრეწველობის, სამშენებლო, საყოფაცხოვრებო და სასარგებლო წიაღისეულის დამუშავების ნარჩენებს.

ნაყარის მასის სიმკვრივე დამოკიდებულია შედგენილობასა და აგებულებაზე, მათი ბუნებრივი და ხელოვნური გამკვრივების ხანგრძლივობასა და ინტენსიურობაზე. ხელოვნურ ნაყარ ქანებზე კაპიტალური ნაგებობის მშენებლობა შესაძლებელია მხოლოდ საგები ქანების მდგომარეობისა და თვისებების დეტალური საინჟინრო გამოკვლევების შემდეგ.

ქაოსურად დაგროვილი გრუნტები, რომელთა სიმძლავრე შეიძლება აღწევდეს რამდენიმე ათეულ მეტრს, ხასიათდება შემადგენლობის განსაკუთრებული არაერთგვაროვნებით, ძლიერ დაბალი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლებით, რაც მათ სამშენებლო თვალსაზრისით სრულიად უვარგისს ხდის. თუმცა, ცნობილია მაგალითები, როდესაც წინასწარ ჩატარებული ღონისძიებები და ნაგებობების სწორად შერჩეული საძირკველი შესაძლებელს ხდიდა მათ გამოყენებას ფუძე გრუნტებად.

IV თაზო

ქანების რაბვარობისა და მდგომარეობის საველე ვიზუალური ბანსაზღვრის მეთოდები

IV.1. ქანების შედგენილობის, თვისებებისა და მდგომარეობის განმსაზღვრელი ძირითადი მაჩვენებლები

ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ლაბორატორიული შესწავლის დაწყებამდე აუცილებელია საველე პირობებში დავადგინოთ ქანის რაგვარობა, აღნაგობა და ყველა ის ნიშან-თვისება, რომელიც საყურადღებოა საინჟინრო – გეოლოგიური ამოცანის გადასაწყვეტად.

ლაბორატორიული კვლევის შედეგები პრაქტიკულ მნიშვნელობას იძენს საველე სამუშაოებთან მჭიდრო კავშირში. მხოლოდ ამ გზითაა შესაძლებელი მიღებული მონაცემების განზოგადება და მშენებლობის ტერიტორიების სწორად შეფასება.

ქვემოთ ცხრილის სახით (ცხრილი IV.1) მოგვყავს ის მაჩვენებლები, რომელთა განსაზღვრა საჭიროა საველე პირობებში ქანების რაგვარობისა და წინასწარი შეფასებისათვის.

IV.2. ქანების შრეებისა და ნაპრალების სივრცობრივი მდებარეობის განსაზღვრა სამთო კომპასით

საველე პირობებში ქანების შრეებისა და ნაპრალების სივრცობრივი მდებარეობა განისაზღვრება ე.წ. წოლის ელემენტებით, დახრის კუთხით, მიმართებისა და დაქანების აზიმუტებით.

დახრის კუთხე გვიჩვენებს შრის (ნაპრალის) დახრილობას ჰორიზონტალურ ზედაპირთან შედარებით და იცვლება 0-დან 90 გრადუსამდე; მიმართების აზიმუტი არის ნებისმიერი თარაზული სიბრტის მიმართულება შრის სიბრტყესთან, ახასიათებს სიბრტყის ნულოვან დაქანებას, აქვს ორი მნიშვნელობა, რომელთა შორის სხვაობა 180 გრადუსია. დაქანების აზიმუტი მიმართების მართობული ხაზია, აქვს მხოლოდ ერთი აზიმუტი და გამოხატავს შრის დაქანების მიმართულებას – ჩრდილოეთ მერიდიანსა და დაქანების თარაზულ გეგმილს შორის.

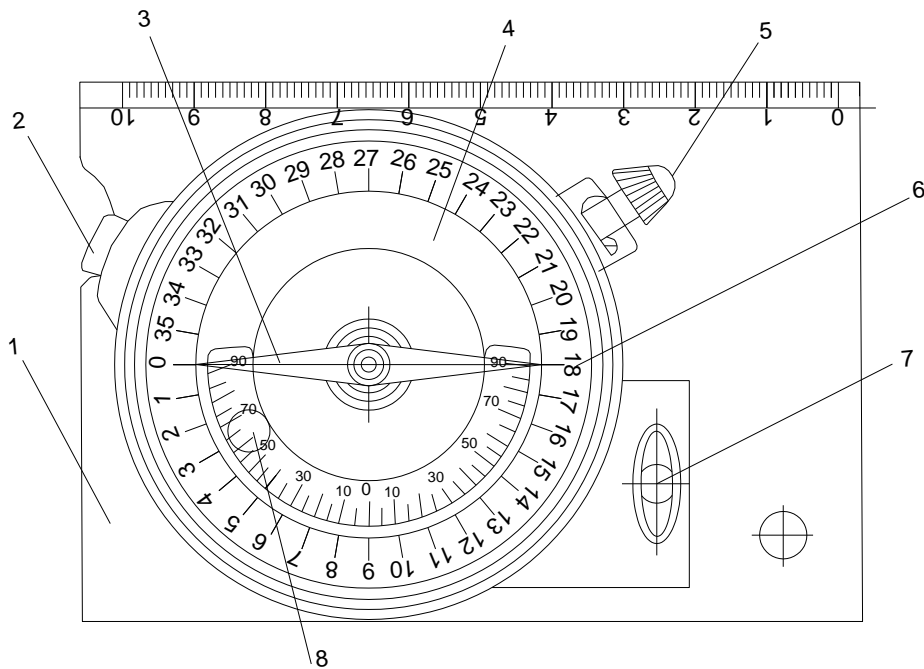
საველე პირობებში ქანების შედგენილობის, თვისებებისა და მდგომარეობის განმსაზღვრელი მაჩვენებლები

№	ქანების შედგენილობა, თვისებები და მდგომარეობა	განმსაზღვრელი მაჩვენებლები
1	მინერალური შედგენილობა, განსაკუთრებით ქიმიურად არამდგრადი მდგენელების შემცველობა (პირიტი, ხსნადი მარილები)	შედგენილობის ზოგადი დახასიათება, ქანში მთავარი და მეორეხარისხოვანი მინერალების მიახლოებითი პროცენტული შემცველობის მითითება
2	კარბონატულობა	კარბონატული ჩანართების არსებობა, HCL-ის დუდილის ინტენსიურობა
3	ფერი	ვიზუალური და ფერების შკალით
4	ორგანული ნაერთების მინარევები (ჰუმუსისა და სხვ.)	მცენარეული ნარჩენების არსებობა, მუქი რუხი ან შავი
5	ადვილად ხსნადი მარილების (უმთავრესად თაბაშირის, NaCl-ის) კრისტალების არსებობა	თეთრი და რუხი ნაფიფქების არსებობა
6	რკინის უანგეულები და ქვეუანგები, მარგანეცისა და ფთორის შენაერთები	რუხი, წითელ-მორუხო, მწვანე, მორუხო-მომწვანო, იისფერი
7	ტექსტურა	ქანების აგებულება (შრეებრივი, მასიური, ფიქლებრივი და სხვ.), ერთგვაროვნების ხარისხი, შრეებრიობის ტიპი, ჩანართები
8	სტრუქტურა	ქანების ფორმა, ზომა, ძირითადი კომპონენტების რაოდენობრივი შემცველობა (პელიტური, ალევროლიტური და სხვა), დამუშავების ხარისხი, მარცვლების განლაგება, ცემენტის ტიპი
9	ნაპრალიანობა	ნაპრალების სისშირე, ორიენტირება და ზომა, ზედაპირის ფორმა და შემავსებლის ტიპი
10	გამოფიტვა	მოცემული ქანისათვის დამახასიათებელი ცვლილებების ნიშნები და თვისებები, კერძოდ: ფერი, სიმკვრივე, მეორადი მინერალების (თაბაშირის, ქლორიტის, რკინისუანგეულებისა და სხვ.) გამოჩენა, ნაპრალიანობა
11	ტენიანობა და კონსისტენცია	მონატეხის ფორმა, კონუსის შტამპის შეჭყლეტვის სიდიდე, დაგორგოლავეების ხარისხი

შრეების წოლის ელემენტებს ზომავენ სამთო კომპასით. ყველა სამთო კომპასის მუშაობის პრინციპი ერთნაირია. ქვემოთ განვიხილავთ ერთ-ერთ ფართოდ გავრცელებულ მარკის (FK-2) კომპასის ზოგად აგებულებას (ნახ. 4.1) და მისი მუშაობის თანმიმდევრობას.

სამთო კომპასის კორპუსი მართკუთხა კოლოფია (1). ის შედგება: მაგნიტური ისრისაგან (3), რომელიც 360⁰-იან ლიმბზე (6) განსაზღვრავს აზიმუტს და კლინომეტრისაგან (8), რომელიც 90⁰-იან ნახევარ ლიმბზე აითვლის შრის დახრის კუთხეს. მაგნიტური ისრის ჩრდილოეთი დაბოლოება შეფერილია ლურჯად, სამხრეთი – წითლად. კომპასის ისარი გაჩერებისა და მისი განთავისუფლების

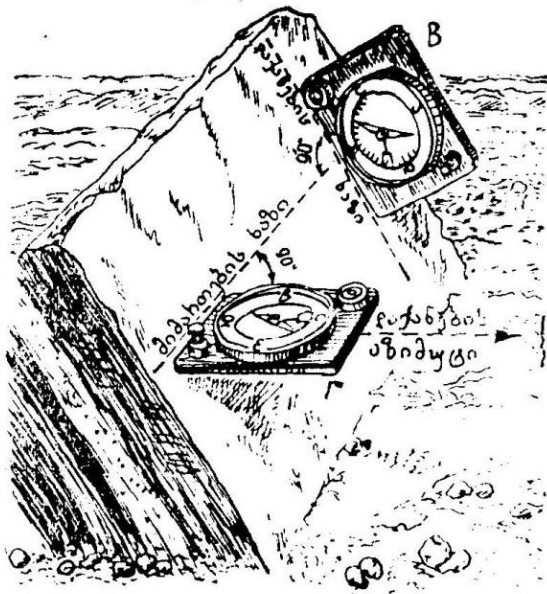
მიზნით აღჭურვილია საბჯენით (5). კლინომეტრის გაჩერება და განთავისუფლება ხდება კნოპზე (2) თითის დაჭერით. მაგნიტურ გადახრაზე შესწორების შესატანად კორპუსში ჩამონტაჟებულია დისკო, რომლის დარობი ჩანს კორპუსის უკანა მხარეს. კომპასის ერთ-ერთი გრძელი წიბო დაყოფილია 10 სმ-იან მონაკვეთად, კორპუსზე დამონტაჟებულია თარაზო (7), უკანა გვერდზე კი აღნიშნულია $\sin \alpha$ -ს მნიშვნელობები. ტოპოგრაფიული კომპასისაგან განსხვავებით სამთო კომპასს აქვს 360⁰-იანი ლიმბის გრადუირება საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით, რაც ლიმბზე აღმოსავლეთი და დასავლეთი მხარეების შენაცვლებით ხორციელდება.



ნახ. 4.1. სამთო კომპასი. FK-2.1 – კომპუსი, 2 – კნოპი, კლინომეტრის დამჭერი, 3 – ისარი, 4 – მაწყნარებელი, 5 – საბჯენი, 6 – ლიმბი, 7 – თარაზო, 8 – კლინომეტრი

კომპასით მიმართულების აზიმუტის გასაზომად კომპასის გრძელი წიბო შრის სიბრტყეს თარაზულად უნდა მივაღოთ. ამისათვის კომპასის თარაზოს (7) ბუშტულა უნდა იმყოფებოდეს შუაში, ავუშვათ ისარი და მაგნიტური ისრის ნებისმიერ ბოლოზე ავიღოთ ანათვალი. დაქანების აზიმუტის გასაზომად კომპასის ჩრდილოეთს მოკლე წიბოთი თარაზულად მიმართავენ სიბრტყის დაქანების მიმართულებით (ნახ. 4.2) და ანათვალს იღებენ მაგნიტური ისრის ჩრდილოეთ ბოლოზე. თუ ანათვლები სწორად არის აღებული, მაშინ მიმართებისა და დაქანების აზიმუტებს შორის განსხვავება იქნება 90⁰ ან 270⁰, რადგან ეს ხაზები ურთიერთმართობულია.

აზიმუტების გაზომვის შემდეგ კომპასის ზუსტი მუშაობის შესანარჩუნებლად აუცილებელია მაგნიტური ისრის გაჩერება დამჭერის (5) არეტირის მეშვეობით.



ნახ. 4.2. სამთო კომპასით სიბრტყის წოლის ელემენტების განსაზღვრა

დაქანების კუთხის გასაზომად კომპასის გრძელ წიბოს კლინომეტრის აღმნიშვნელი ლიბით ქვევით ამოხვევენ შრის დაქანების ხაზს და კლინომეტრის (8) კნოპის (2) გახსნითა და შემდეგ ჩაკეტვით აფიქსირებენ შრის დახრის კუთხეს.

ჩვეულებრივ, ველზე იზომება დაქანების აზიმუტი და დახრის კუთხე. მიმართების აზიმუტი გამოითვლება შემდეგნაირად – დაქანების აზიმუტის მაჩვენებელს ემატება ან აკლდება 90° .

რუკაზე ან გეგმაზე წოლის ელემენტების დასატანად დაკვირვების წერტილში ვავლებთ ისარს, რომლის მიმართულება შეესაბამება დაქანების აზიმუტს, ისრის ბოლოზე მიეწერება დაქანების კუთხის მნიშვნელობა გრადუსებში, ხოლო მის საპირისპიროდ დაქანების აზიმუტის მართობულად გაივლება მიმართების აზიმუტის აღმნიშვნელი ხაზი.

IV.3. სამთო კომპასის გამოყენება ეკლიმეტრად

სამთო კომპასი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ეკლიმეტრადაც. ამისათვის კომპასის სახაზავის გვერდს მიმართავენ გასაზომი ობიექტის წვეროსაკენ. ერთდროულად კნოპზე (2) დაჭერით აფიქსირებენ კლინომეტრის შვეულის (8) მდგომარეობას და ნახევარლიბიან სკალაზე საზღვრავენ დახრის კუთხეს. ეკლიმეტრის მონაცემების გამოთვლის გასაადვილებლად კომპასის კორპუსის უკანა ნაწილზე დატანილია სინუსის კუთხეების მიახლოებითი მნიშვნელობები, რომლის მეშვეობითაც შეიძლება განისაზღვროს $\cos\alpha$ და $\operatorname{tg}\alpha$; $\cos\alpha=\sin\alpha(90^{\circ}-\alpha)$, $\operatorname{tg}\alpha=\sin\alpha/\cos\alpha$; ანუ კუთხის გაზომვითა და მართკუთხა სამკუთხედის ერთი გვერდის ცოდნით დადგინდეს დასაკვირვებელი ობიექტის სიმაღლე და მანძილი.

IV.4. კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური შეფასება მათი ნაპრალოვნების, გამოფიტვისა და შეცემენტების ხარისხის მიხედვით

კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ლაბორატორიული კვლევის მონაცემებთან შედარებით გაცილებით მნიშვნელოვანია ამ ქანების გამოფიტვისა და ნაპრალოვნების ზონების განლაგების, ორიენტაციისა და მორფოლოგიის დადგენა.

ნაპრალოთა სისტემატიზაციის დროს აუცილებელია ვიხელმძღვანელოთ საკვლევო ტერიტორიების გეოლოგიური ერთგვაროვნების, პეტროგრაფიული და სტრუქტურულ-ტექტონიკური მონაცემებით.

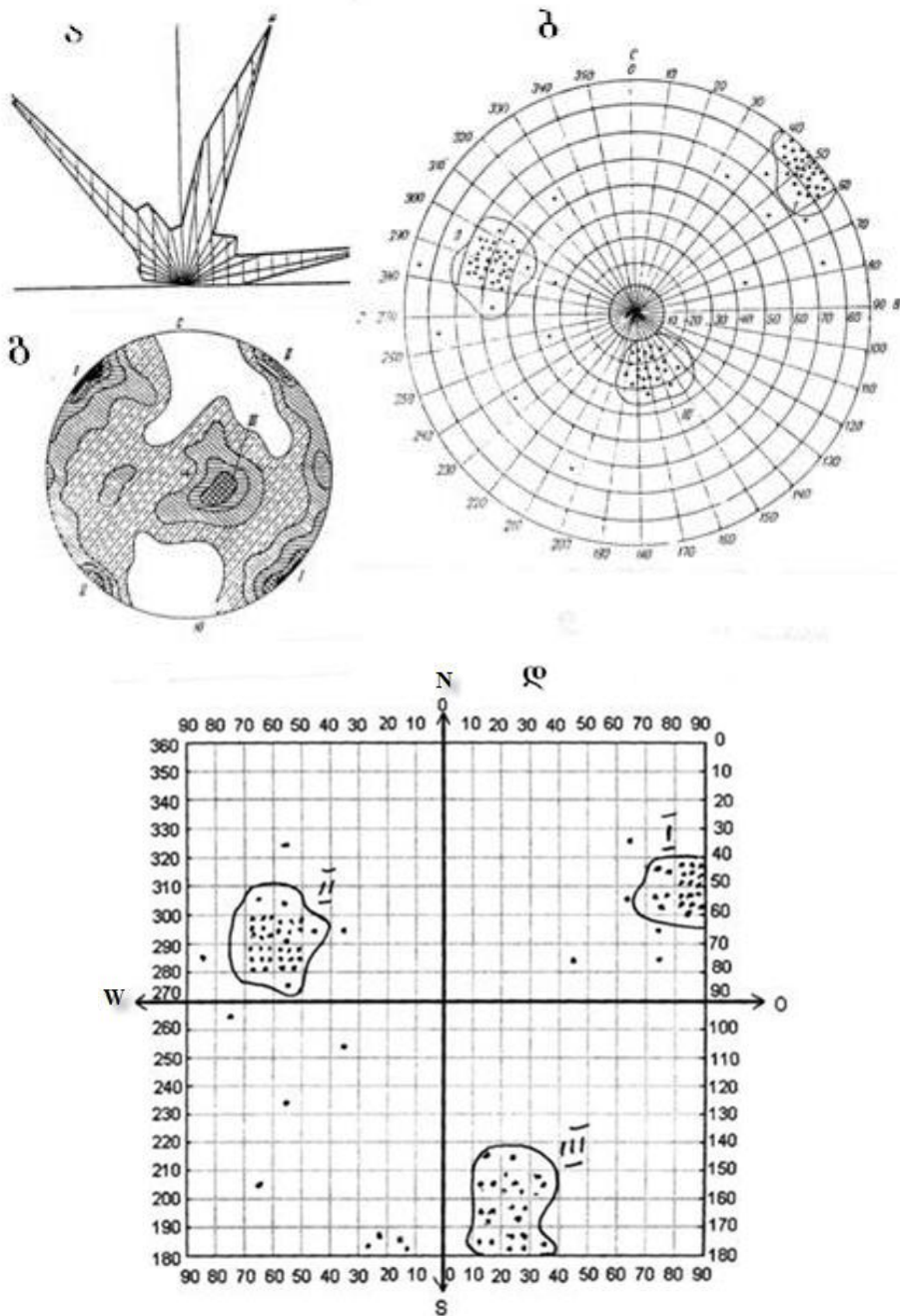
ნაპრალოვნების სისტემატიზაციას თვალსაჩინოებისათვის ხშირად გრაფიკულად გამოსახავენ ე.წ. “ვარდებით”, წრიულ-წერტილოვანი ან წრიულ-იზოხაზებიანი დიაგრამებით (ნახ 4.3), ნაპრალოვნების რუკებითა და სხვ.

“ვარდებით” გამოხატავენ ნაპრალების განაზომთა გარკვეულ მასშტაბში შერჩეული ორიენტირების ერთ ელემენტს – განვრცობის ან დაქანების აზიმუტს.

ნაპრალოვნების ორივე ელემენტს – განვრცობის აზიმუტსა და დახრის კუთხეს სპეციალურად მომზადებულ წრიულ ბადეზე ასახავენ. ნაპრალოთა ყოველი განაზომი გამოსახულია წერტილებით, რომელთა კონცენტრაცია იძლევა ნაპრალოთა გარკვეული სისტემების გამოყოფის საშუალებას.

წრიულ-წერტილოვანი დიაგრამის მეშვეობით ნაპრალოთა სისტემის გამოყოფა მარტივია, მაგრამ წრიული ბადის უჯრების ფართობის სხვადასხვაობის გამო, წერტილების კონცენტრაცია ზუსტად არ განსაზღვრავს გაბატონებულ ნაპრალოთა სისტემებს. წერტილოვანი დიაგრამების ამ ნაკლოვანების აღმოსაფხვრელად იყენებენ ნაპრალოვნების გამოსახვის წრიულ-იზოხაზებიან დიაგრამას. ამისათვის ე.წ. ვოლტერ-შმიდტის სპეციალურ თანაბარფართობიან ბადეზე დააქვთ გაზომილი წერტილები და ბადის ყოველ უჯრაში გაზომვების საერთო რიცხვიდან შაბლონით ანგარიშობენ მათ პროცენტულ რაოდენობას. მიღებული წერტილებით, როგორც ტოპოგრაფიული რუკების აგებისას, დააქვთ იზოხაზები, რომელთა განსხვავებული კონცენტრაციის მიხედვით ახდენენ ნაპრალოთა სისტემატიზაციას.

ნაპრალოვნების წრიულ-იზოხაზებიანი გამოსახვა, წრიულ-წერტილოვანთან შედარებით, უკეთ წარმოაჩენს განაზომთა წერტილების კონცენტრაციას და გაბატონებულ ნაპრალოთა სისტემას, მაგრამ შრომატევადია. წერტილოვანი დიაგრამის ზემოთ აღნიშნული ნაკლოვანების აღმოფხვრა, ჩვენი აზრით, შესაძლებელია მარტივად – წრიული ბადის ნაცვლად კვადრატული ბადის გამოყენებით, ასეთ შემთხვევაში ყოველი უჯრის თანაბრობა ნაპრალოთა განაზომის დატანით მოგვცემს გაბნევის ზუსტ სურათს და მათი სისტემის უფრო სრულყოფილად გამოყოფის საშუალებას.



ნახ. 43. ქანების ნაპრალიანობის გამოსახვის დიაგრამები:

- ა. ნაპრალოვნების ვარდების დიაგრამა; ბ. ნაპრალოვნების წრიულ-წერტილოვანი დიაგრამა;
- გ. ნაპრალოვნების წრიულ-იზოხაზებიანი დიაგრამა;

დ. ნაპრალოვნების კვადრატულ-წერტილოვანი დიაგრამა.

ნაპრალოვნების ხარისხზე წარმოდგენას გვაძლევს აგრეთვე თ. სავარენსკის მიერ შემოთავაზებული ქანების ნაპრალოვანი სიცარიელების კოეფიციენტი ($K_{ნაპ}$). განისაზღვრება თავისუფალი სივრცის (s) შეფარდებით ქანების ზედაპირის (S) ფართობთან:

$$K_{ნაპ} = s100 / S .$$

ღ. ნეიშტადმა ნაპრალოვნების ხარისხის მაჩვენებლის მიხედვით შეიმუშავა ქანების კლასიფიკაცია, რომელიც მოგვყავს ქვემოთ ცხრილის სახით (ცხრილი IV.2).

ცხრილი IV.2

ქანების კლასიფიკაცია ნაპრალოვნების ხარისხის მაჩვენებლის მიხედვით

№	ქანები	ნაპრალოვნების ხარისხი, $K_{ნაპ}\%$	ნაპრალების სიგანე
1	სუსტად ნაპრალოვანი	<2	ბეწვა (<1მმ-ზე), 2მმ-მდე ერთეული ნაპრალები.
2	საშუალოდ ნაპრალოვანი	2-დან 5-მდე	1, 2-დან 5-მდე, ცალკეული – 5-დან 20მმ-მდე.
3	ძლიერ ნაპრალოვანი	5-დან 10-მდე	5მმ, შეიმჩნევა ნაპრალები 20-დან 100მმ-მდე.
4	ძლიერ და უკიდურესად ძლიერნაპრალოვანი.	10-დან 20-მდე და >20	5მმ არსებობს 20-დან 100მმ-მდე და უფრო მეტი სიგანის ნაპრალები.

დაქანების კუთხეების მიხედვით გამოყოფენ: შვეულ (80° -დან 90° -მდე), ციცაბო (45° -დან 80° -მდე), დამრეც (10° -დან 45° -მდე) და თარაზულ (0° -დან 10° -მდე) ნაპრალებს.

წარმოშობის პირობების მიხედვით არჩევენ: ტექტონიკურ და არატექტონიკურ ნაპრალებს. ტექტონიკურს მიეკუთვნება: მოწყვეტის, სხლეტვისა და სხვა სახის ნაპრალები; არატექტონიკურს – პირველადი გამოფიტვის, მეწყერების, ჩამოქცევის, ჩაქცევებისა და განტვირთვის ნაპრალები.

პირველადი ნაპრალების წარმოშობა ძირითადად დაკავშირებულია დანალექ ქანებში უმთავრესად დიაგენეზისის, ე.ი ნალექების ქანად ქცევის პროცესთან. საინჟინრო გეოლოგიური თვალსაზრისით საინტერესოა ერთმანეთთან ძლიერ ახლოს განლაგებული მრავალრიცხოვან პარალელურ ნაპრალთა სისტემა, ე.წ კლივაჟი, რომელიც ქანების პლასტიკური დეფორმაციის, კერძოდ დანაოჭების დროს წარმოიქმნება.

ქანების ნაპრალიანობის არაპირდაპირი შეფასება შესაძლებელია ჭაბურღილებში კერნის პროცენტული გამოსავლის მიხედვით – რაც უფრო მონოლითურია

ქანი, მით ნაკლებად ნაპრალოვანია და მაღალია კერნის პროცენტული გამო-სავალი. ნაპრალების კავერნებისა და სიცარიელების გადაკვეთისას საბურღი იარაღის ჩავარდნითა და გამრეცხი სითხის ხარჯის მიხედვით შეიძლება ნაპრალოვნების განსხვავებული ზონების გამოყოფა.

გარდა აღნიშნულისა, ჭაბურღილებში ღია ნაპრალების დასაფიქსირებლად შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს კავერნომერი. კავერნომერით გამოყოფენ ჭაბურღილის დიამეტრის მკვეთრად გაზრდის ზონებს, რომელზეც ფიქსირდება გახსნილი ნაპრალები და დაქუცმაცების ზონები. გამა კაროტაჟი (მეთოდი და-მყარებულია კაროტაჟის ზონდის გადაადგილებისას გამა გამოსხივების გაბნევაზე) წარმოდგენას იძლევა ქანების სიმკვრივის ცვალებადობაზე და შესაბამისად მათ დაქუცმაცებასა და ნაპრალიანობაზე. ნაპრალიანობაზე გარკვეული წარმოდგენა შეიძლება შევიქმნათ, სპეციალური ხელსაწყოებით ჭაბურღილთა კედლების დათ-ვალიერებითა და ფოტოგრაფირებით (ფოტოკაროტაჟით).

სპეციალური ცდებით წყლის არარსებობისას ჭაბურღილებსა და სამთო გამ-ონამუშავრებში საცდელი ჩასხმებითა და ჩაჭირხვნებით, წყალშემცველობისას – საცდელი ამოტუმბვებით განსაზღვრული ფილტრაციის კოეფიციენტის და ხვედრითი წყალშთანთქმის მიხედვით შეიძლება მოვახდინოთ ქანების კლასიფი-ცირება ნაპრალიანობის ხარისხის მიხედვით (ცხრილი IV.3).

ცხრილი IV.3

ქანების დაყოფა წყალგამტარობის ხარისხისა და ნაპრალიანობის მიხედვით

№	ქანის დახასიათება	ფილტრაციის კოეფიციენტი, $K_{ფ}$ მ/დღღ	ხვედრითი წყალშთანთქმა, ლ/წმ
1	პრაქტიკულად წყალუპოვარი, არანაპრალოვანი	< 0.01	< 0.005
2	ძლიერ სუსტად წყალგამტარი და სუსტად ნაპრალოვანი	0.01 – 0.1	0.005 – 0.05
3	სუსტად წყალგამტარი და სუსტად ნაპრალოვანი	0.1 – 10	0.05 – 5
4	წყალგამტარი და ნაპრალოვანი	10 – 30	5 – 15
5	ძლიერ წყალგამტარი და ძლიერ ნაპრალოვანი	30 – 100	15 – 50
6	უაღრესად წყალგამტარი და ძლიერ ნაპრალოვანი	> 100	> 50

მასივში ქანების მდგრადობის მნიშვნელოვანი მახასიათებელია გამოფიტვის ხარისხის ($K_{ფ}$) მაჩვენებელიც, რომელიც არის ერთი და იმავე, გამოფიტული და გამოუფიტავი ქანების სიმკვრივეთა (იხ. V.1) ფარდობა (ცხრილი IV.4).

ქანების სიმტკიცის ხელსაყრელი პირობებია: ნაპრალების იშვიათი განლაგება, მაკროკრისტალური ან მკვრივი აგებულება, მუქი შეფერილობა, გლუვი მონატეხი, შრეების მნიშვნელოვანი სიმძლავრე, თხელფირფიტოვანი შრეობრიობისა და არასწორი შემთხვევითი ნაპრალების არარსებობა.

ცხრილი IV.4

ქანების კლასიფიკაცია გამოფიტვის ხარისხის მაჩვენებლის მიხედვით

№	ქანები	გამოფიტვის ხარისხი, K_g	მდგომარეობა მასივში
1	მონოლითური (გამოუფიტავი)	1	ერთიანი მასივია
2	სუსტად გამოფიტული (ნაპრალოვანი)	0.9-დან 1-მდე	ქანები განლაგებულია გად-აუადგილებელი ცალკეული ბლოკების სახით.
3	გამოფიტული	0.8-დან 0.9-მდე	ქანები განლაგებულია შეჯგუფებული ნატეხების სახით. წარმოადგენს გარდამავალს ნაპრალოვან მასივში.
4	ძლიერ გამოფიტული	<0.8	მთელი მასივი წარმოდგენილია ცალკეული ნატეხების სახით.

გამოფიტვის თვალსაზრისით, ქანის კუთხეები იფიტება სწრაფად, ვიდრე წიბოები, წიბოები უფრო სწრაფად, ვიდრე წახნაგები, რის შედეგადაც მიიღება ნატეხების მომრგვალებული ფორმები.

ცხრილი IV.5

ნატეხოვანი ქანების კლასიფიკაცია შეცემენტების ხარისხის მიხედვით

№	შეკავშირების ხარისხი	შეკავშირების ხარისხის განმსაზღვრელი ნიშნები	ქანები
1	ფხვიერი	შეუცემენტებელი, ადვილად იფშვნება ხელით.	კაჭარი, ლოდი, კენჭი, ღორღი, სრეში, ხვინჭა ქვიშა.
2	სუსტად შეცემენტებული	ჩაქუნის სუსტი დარტყმით ადვილად იშლება ნატეხებად, ხელით ტყდება, $R_0 < 100$ კგ/სმ ² .	კონგლომერატი, ბრექჩია, ქვიშაქვა, ალევროლითები.
3	შეცემენტებული	საშუალო სიმაგრის, ტყდება ჩაქუნის დარტყმით და ნაწევრდება სანაყში. მონატეხი შედარებით მცირე ზომისაა $R_0 = 100-700$ კგ/სმ ² .	ბრექჩია, გრაველიტი, ქვიშაქვები, ალევროლითები.
4	ძლიერ შეცემენტებული	ჩაქუნის დარტყმით იშლება ძნელად, შედარებით ადვილად იშლება შრეობრიობის გასწვრივ (ჩანართების შემოვლით).	მაგარი კონგლომერატი, ბრექჩია, გრაველიტი, ქვიშაქვები, ალევროლითები.
5	კლდოვანი	მაგარი, ძნელად იმსხვრევა ჩაქუნის დარტყმით. მონატეხი სწორი ნიჟარისებური $R_0 > 700$ კგ/სმ ² .	კლდოვანი ბრექჩია, კვარციტისმაგვარი ქვიშაქვები.

მსხვილნატეხოვანი ქანების გამოფიტვის ხარისხი შეიძლება შეფასდეს ხელით გატეხვაზე მათი წინაღობის უნარით. გამძლე ნატეხები ხელით არ ტყდება. ძლიერ გამოფიტული კლდოვანი მსხვილნატეხოვანი ქანები (მჭადაქვა) ტყდება, მაგრამ არ იფხვნება, თხური ნატეხები ხელით იფხვნება და წყალში რბილდება.

ადგილის მდგრადობის შეფასების თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია ნატეხოვანი ქანების შეცემენტების ხარისხის დადგენა, რაც სავსე პირობებში შესაძლებელია ნ. ხაბანკოვის მიერ შემუშავებულ შეკავშირების ხარისხის განმსაზღვრელი მაჩვენებლების ცხრილში (ცხრილი IV.5) კუმშვისადმი წინაღობის (R_0) მიახლოებითი სიდიდეების მოყვანით.

IV.5. კონტინენტური, ლაგუნური და ზღვიური წარმოშობის ქანების ვიზუალურად განმსაზღვრელი ნიშნები

კონტინენტური, ლაგუნური და ზღვიური წარმოშობის ქანები შეადგენს დედამიწის დანალექი ქანების 70%-ს. ეს ქანები ხშირად არის სხვადასხვა ნაგებობის საფუძველი, გარემო ან ბუნებრივი საშენი მასალა, ამიტომ მათ შესწავლას პრაქტიკული საინჟინრო ამოცანის გადაწყვეტისას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა. ამ ტიპის ქანების თითოეული ფაციალური ჯგუფის დახასიათება მოცემულია მეორე თავში – ფხვიერ შეუკავშირებელ, რბილ შეუკავშირებულ და განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობისა და თვისებების ქანების ძირითადი გენეტიკური ტიპის განსაზღვრისას.

ფხვიერი შეუკავშირებელი და რბილი შეუკავშირებელი ქანების წარმოშობა განპირობებულია ძირითადი ქანების დაშლის პროდუქტების დიფერენციაციის ხარისხით და რომლებიც ხასიათდება განსაკუთრებული პეტროგრაფიული ნიშნებით. ქვემოთ ცხრილების (IV.6, IV.7) სახით მოგვყავს ის ძირითადი ვიზუალურად განმსაზღვრელი მაჩვენებლები, რომელთა მეშვეობით წარმატებით შეიძლება დადგინდეს ამ ქანების როგორც სახესხვაობები, ისე მათი მდგომარეობა. ფხვიერ ქანს, რომელშიც 2 მმ-ზე მეტი ზომის ფრაქცია 50%-ს აღემატება, უწოდებენ **ხრეშს**.

ქვიშოვანი და სხვა ნატეხოვანი ფხვიერი შეუკავშირებელი ქანები წარმოიქმნება ქანების ნატეხებისაგან და არა მინერალებისაგან, თხური მინერალები კი შეიცავენ მცირე რაოდენობით პირველად პროდუქტებს და ძირითადად სხვადასხვა ქანების ქიმიური დაშლის მასალას.

თიხური მინერალებიდან ყველაზე ხშირად გვხვდება სამი ჯგუფი – კაოლინიტის, მონტმორილონიტის და ჰიდროქარსების.

ცხრილი IV.6

ქვიშების, თიხოვანი და ფხვიერი ქანების განმსაზღვრელი ვიზუალური ნიშნები

№	ქანი	მშრალი (მაგარი) ქანის ფიზიკური თვისება			სველი (პლასტიკური) ქანის ფიზიკური თვისება	
		წინააღმდეგობა მექანიკური ზემოქმედებისადმი	დაფხვნილი მასის შეგრძნება	წყალში დაშლის უნარი	დანით გაჭრისას ზედაპირის სახე	დამოკიდებულება დაგორგვლისა და დაგუნდავების მიმართ
1	თიხა	აქვს მახვილი ნაპირები, ჩაქუნის დარტყმით ძნელად იმსხვრევა, დარტყმის ადგილი გაპრიალებულია და აქვს რადიალური ნაპრალები.	არის ერთგვაროვანი ცხიმოვანი წმინდა მასა (პუდრი)	ცოტახანი (1-5 წთ) ინარჩუნებს ფორმას	სწორი, გლუვი, პრიალა არ ჩანს ქვიშის მარცვლები	მაღალპლასტიკური, წებოვანი, ხელის დამსვრელი. გვაძლევს 1მმ-ზე ნაკლები დიამეტრის გრძელ ზონარს. დაგუნდავებულ ბურთულას გაჭყლეტვისას არ უჩნდება ნაპრალები.
2	თიხნარი	აქვს ნაკლებად მდგრადი შევრილები, იმსხვრევა ჩაქუნის დარტყმით, ძნელად – ხელის მოჭერით.	არ იძლევა ერთგვაროვანი ფხვნილის შეგრძნებას. ჩანს ქვიშის ცალკეული მარცვლები.	იშლება სწრაფად (განსაკუთრებით მტვროვანი თიხნარები).	ნაკლებად სწორი მქრქალი, შეიმჩნევა გადაადგილებული ქვიშის მარცვლები	პლასტიკური, გვაძლევს 1-დან 3მმ-მდე მოკლე ზონარს. ზონარს გადაღუნვისას, ხოლო დაგუნდავებულ ბურთულას გაჭყლეტვისას უჩნდება ნაპრალები.
3	ქვიშნარი	ცალკეული კოშტები ხელით მოსრესისას ადვილად იშლება.	არაერთგვაროვანი მასა, ქვიშური ნაწილაკების სიჭარბით.	სწრაფად. შეიმღვრევა მსუბუქად.	არაერთგვაროვანი ქვიშის გამოფხვნის გამო ხაოიანი.	სუსტად პლასტიკური, გვაძლევს 3-6 მმ დიამეტრის ზონარს. ბურთულას გაჭყლეტვისას კიდევზე უჩნდება ნაპრალები და ჩამოიფხვნება.
4	ქვიშა	ფხვიერი	შედგება თითქმის მთლიანად ქვიშის მარცვლებისაგან.	–	–	არაპლასტიკური, სუსტად დატენიანებულს აქვს მოწვენებითი ბმულობა.

კაოლინიტი თეთრი ან ღია რუხია, შეხებისას ცხიმოვანია (სურის ხელს), ჩვეულებრივ არაშრეობრივი, ფარულკრისტალურია, გვხვდება თხელქერცლოვანი,

უსწორმასწორო კოშტისებრი, მახვილკუთხოვან-ნატეხოვანი მიწისებრი მასების დანაგროვებისა და აგრეგატების სახით. მონატეხი გლუვი, ქერცლოვანი, ზოგჯერ მქრქალია.

მონტმორილონიტი უმეტესად ღია შეფერილობისაა (თეთრი, ვარდისფერი, მოყავისფრო-წითელი, სხვადასხვა ტონის რუხი და მწვანე), არის ცვილისებრი, შესებისას ცხიმოვანია, წვიმის შემდეგ ზედაპირი იფარება სქელი, მცურავი

თიხოვანი ქანების კონსისტენციისა და ქვიშის წყალბაჟერების მაჩვენებლები

ქანი	კონსისტენციის მაჩვენებლის სკალა და თიხოვანი ქანების მდგომარეობა ამ მაჩვენებლების მიხედვით.					
	0	0.25	0.5	0.75	1.0	
	მაგარი	ნახევრად მაგარი	მაგარპლასტიკური- (ბლანტპლასტიკური)	რბილპლასტიკური- (წებვადპლასტიკური)	დენადპლასტიკური- (ბლანტდენადი)	დენადი- (თხელდენადი)
თიხა და თიხნარი	დარტყმისას იმსხვრევა ნატყეხებად, ხელით გასრევისას ასდის მტკერი. ფრჩხილი დაწოლით ქანში ძნელად ჩადის, გარე ძალის მოქმედებით მკვეთრად გამოხატული დრეკადი დეფორმაციის შემდეგ მყიფედ იმსხვრევა.	საშუალო დაწოლით ფრჩხილი ღრმად ჩადის გრუნტში, დეროვანი ნიმუში ტყდება შესამჩნევი გაღუნვის გარეშე. გადატყების ზედაპირი სორკლიანია. გარე ძალის მოქმედებით ირღვევა მთლიანობა და იწყება მყიფე პლასტიკური დაშლა.	ხელში ძნელად ნაწვერდება. თითი ადვილად ტოვებს არაღრმა ნაჭდევს. დეროვანი ნიმუში გადატყხამდე მნიშვნელოვნად იღუნება. გრუნტი ადვილად დებულობს მიცემულ ფორმას და ადვილად ეწებება სხვა საგნებს.	ხელის შეხებით ტენიანი ან ძალზე ტენიანია. ზომიერი დაჭერით, თითი რამდენიმე სმ-ზე ღრმავდება გრუნტში. ადვილად იზილება, მაგრამ ინარჩუნებს მიღებულ ფორმას (ზოგჯერ მცირე დროით ეწებება სხვა საგნებს).	ხელის შეხებით ძალზე ტენიანია, ხელზე იგლისება თითის მსუბუქი დაჭერით. მიცემულ ფორმას ვერ ინარჩუნებს და საკუთარი წონის გავლენით მიედინება სქელ ფენად.	ხელის შეხებით ძალზე ტენიანია. მოცემულ ფორმას ვერ ინარჩუნებს და საკუთარი წონის გავლენით მიედინება თხელ ფენად.
ქვიშნარი	ქანის ნიმუში დარტყმისას იმსხვრევა. ხელისგულზე გაჭყლეტისას იფშვნება, გაგლევისას იმსხვრევა. გრუნტის დეროვანი ნიმუში იმსხვრევა შესამჩნევი გაღუნვის გარეშე.		ადვილად ისრისება (იზილება) და დებულობს და ინარჩუნებს მიცემულ ფორმას. ხელის გულის მოჭერისას იგრძნობა ტენიანობა, ზოგჯერ ეწებება სხვა საგნებს.		ხელის უმნიშვნელო დაწოლით ადვილად დეფორმირდება და მიედინება.	

ქვიშა	წყალნაჯერობის კოეფიციენტის სკალა და ქვიშის მდგომარეობა ტენიანობის ხარისხის მიხედვით		
	0.5	0.8	
	მცირედ ტენიანი	ტენიანი	წყალნაჯერი
ქვიშა	ნიმუშზე ხელის მოჭერისას შეიგრძნობა ტენი, ხელისგულზე ჩამობერტყვისას იშლება კოშტებად (გუნდებად), ფილტრის ქაღალდზე დადებისას წარმოიქმნება ტენიანი ლაქა.	ნიმუშზე ხელის მიჭერისას კარგად შეიგრძნობა ტენი, დებულობს გარკვეულ ფორმას და ინარჩუნებს მას მცირე ხანი, ფილტრის ქაღალდზე წარმოქმნის მკვეთრ ტენიან ლაქას.	ხელის გულზე ჩამობერტყილი ნიმუში წარმოქმნის ბრტყელ მასას ან მიედინება.

ლაბისებური მასით, მშრალ ამინდში ზედაპირი ხდება ბუსუსოვანი, იძენს თავისებურ მარცვლოვანობას, აქვს ნაპრალოვანი შექმუჭნული სახე. ძირითადად ახასიათებს მაღალი გაჯირჯეების უნარი. არაგაჯირჯებადი სახეობებისთვის დამახასიათებელია ნიჟარისებრი მონატეხი, იშლება წვრილ ცალკეულ მახვილკუთხოვან კოშტებად.

ჰიდროქარსები რუხი ფერისაა, მომწვანო, ცისფერი, მოყავისფრო შეფერილობით. გვხვდება ნატეხოვანი, ფილისებრი, კოშტისებრი, იშვიათად - ნაჭუჭისებრი სახით. აქვს ხორკლიანი, ქერცლოვანი, უსწორმასწორო, იშვიათად გლუვი მონატეხი.

IV.7. ტორფის დახასიათება მცენარეული ნაშთის გახრწნის ხარისხის მიხედვით

ტორფიან ადგილებში მშენებლობის დროს მნიშვნელოვანია ქანში მცენარეული ნარჩენების გახრწნის ხარისხის დადგენა, ვინაიდან იგი განსაზღვრავს ქანის დეფორმირებადობას, სიმტკიცეს, მდგრადობასა და ა.შ. მცენარეული ნარჩენების გახრწნის ხარისხზე და ჰუმუსის შემცველობაზე შესაძლებელია ვიმსჯელოთ IV.8 ცხრილში მოყვანილი მაჩვენებლების მიხედვით.

ცხრილი IV.8

ტორფის დახასიათება მცენარეული ნაშთის გახრწნის ხარისხის მიხედვით

№	ტორფის გახრწნის ხარისხი	ჰუმუსის შემცველობა, %	ტორფის დახასიათება				
			მცენარეული ნაშთი შეუიარაღებელი თვალთ	ხელით გაჭყლეტვისას			
				წყლის გამოყოფა	წყლის ფერი	ჩაჭყლეტის ხასიათი	ხელის დასვრა
1	ძლიერ	100-80	შეუმჩნეველია.	არ გამოიყოფა	–	კარგი	სვრის
2	კარგად	80-60	შესამჩნევია მხოლოდ ზოგიერთი მცენარეული ნაშთი.	არ ან მცირე რაოდენობით გამოიყოფა.	მოყავისფრო ტონებში	იჭყლიტება	ცოტათი
3	მცირედ	60-40	შესამჩნევია.	გამოიყოფა	მუქი ან ღია ყავისფერი	მცირედ	მცირედ
4	ცუდად	40-20	შესამჩნევია მცენარეული ნაშთის ფორმები.	ღიდი რაოდენობით გამოიყოფა.	ყვითელი	თითქმის არ იჭყლიტება	არ სვრის
5	გაუხრწნელი	<20	ადვილად შესამჩნევია მცენარეული ნაშთის ფორმები.	გამოიყოფა ადვილად, ღიდი რაოდენობით	თითქმის არ არის შეფერილი	არ იჭყლიტება	არ სვრის

**ზოგადი მოთხოვნები ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური
გამოკვლევებისადმი
(სამშენებლო ნორმები და წესები)**

საინჟინრო-გეოლოგიური გამოკვლევები მოიცავს კომპლექსურ საინჟინრო-გეოლოგიურ სამუშაოებს: რეკონსტრუქციას; აგეგმვას და დაზვერვას, რომლებმაც უნდა უზრუნველყონ დასაპროექტებელი მშენებლობის რაიონის (მოედნის, უბნის, ტრასის) კომპლექსური საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების შესწავლა გეომორფოლოგიური, სეისმური, ჰიდროგეოლოგიური, გრუნტის შედგენილობის მდგომარეობისა და თვისებების, გეოლოგიური პროცესებისა და მოვლენების, ტერიტორიების მდგომარეობის შეცვლის შესახებ აუცილებელი მასალის მიღება გეოლოგიური გარემოს დაცვისა და მისი რაციონალური გამოყენების გათვალისწინებით (სამშენებლო ნორმები და წესები I. 02. 07.–87)

საკვანძო საინჟინრო-გეოლოგიური საკითხების გადაწყვეტა ძირითადად ხდება შურფებისა და ჭაბურღილების გაყვანის შედეგად მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე. გამონამუშევრების გაყვანა, როგორც წესი, უნდა ვაწარმოთ მექანიზებული გზით. გამონამუშევრები, სამუშაოს დამთავრების შემდეგ უნდა იქნეს ლიკვიდირებული ამოღებული მასალის ჩაყრითა და დატკეპნით, თიხის ტამპონაჟით ან ცემენტის ხსნარით. გამონამუშევრების ხელით გაყვანა დასაშვებია მხოლოდ ძნელად მისაწვდომ ადგილებში (სარდაფებში, ციცაბო ფერდობებზე, პარკებში, შევიწროებულ, დაჭაობებულ ადგილებში და სხვ.) და ტექნიკურ-ეკონომიკური მიზანშეწონილობისას.

გამონამუშევრები გაყვანილ უნდა იქნეს შენობა-ნაგებობების კონტურზე ან ღერძზე არანაკლებ სამისა (აღრე გაყვანილი გამონამუშევრების ჩათვლით). დამატებითი გამონამუშევრები გაჰყავთ საძირკველზე დატვირთვის მკვეთრად შეცვლის ადგილებში სხვადასხვა გეომორფოლოგიური ელემენტების საზღვარზე და საპროექტო კონტურის გარეთ ნაგებობის გეოლოგიურ გარემოსთან ურთიერთზეგავლენის სფეროს დადგენისას.

საძიებო გამონამუშევრებს შორის მანძილი აუცილებლად უნდა შეირჩეს საინჟინრო - გეოლოგიური პირობების სირთულის მიხედვით, შენობებისა და ნაგებობების კლასით და მათი არათანაბარი დაჯდომის მიმართ დამოკიდებულებით,

რომელთა მონაცემები მოყვანილია ქვემოთ შესაბამის ცხრილებში (ცხრილი V.1, V.2).

ცხრილი V.1

საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების სირთულის კატეგორიები *

ფაქტორები	I (მარტივი)	II (საშუალო სირთულის)	III (რთული)
გეომორფოლოგიური პირობები	ერთი გეომორფოლოგიური ელემენტის საზღვარში. ზედაპირი ჰორიზონტალური და დაუნაწევრებულია.	ერთი გენეზისის რამდენიმე გეომორფოლოგიური ელემენტის საზღვრებში. ზედაპირი დახრილი და სუსტად დანაწევრებულია.	სხვადასხვა გენეზისის რამდენიმე გეომორფოლოგიური ელემენტის საზღვრებში. ზედაპირი ძლიერ დანაწევრებულია.
გეოლოგიური პირობები სამშენებლო მოედანი (უბანი) განთავსებულია შენობა-ნაგებობების და გეოლოგიური გარემოს მოქმედების სფეროში.	ჰორიზონტალურად ან სუსტად დახრილ (ქანობი არაუმეტეს 0,1) არაუმეტეს ორ სხვადასხვა ლითოლოგიურ შრეზე. სიმძლავრე მიმართებაზე შენარჩუნებულია. გეგმაში და სიდრმეზე შრეების არაერთგვაროვნებაა, გრუნტის თვისებების მანკვებლების არაკანონზომიერად ცვლილება უმნიშვნელოა. კლდოვანი გრუნტები განთავსებულია ზედაპირზე ან გადაფარულია მცირე სიმძლავრის არაკლდოვანი გრუნტებით.	დახრილ ან გამოსოლილ არაუმეტეს ოთხი სხვადასხვა სიმძლავრის ლითოლოგიურ შრეზე სიმძლავრე იცვლება კანონზომიერად. გეგმაში და სიდრმეზე გვაქვს გრუნტების მახასიათებლების კანონზომიერი ცვლილება. კლდოვან გრუნტებს აქვს არასწორი ზედაპირი და გადაფარულია არაკლდოვანი გრუნტებით.	ოთხზე მეტ სხვადასხვა ლითოლოგიურ შრეზე. სიმძლავრე მკვეთრად იცვლება. აღინიშნება შრეების ლინზისმაგვარი განლაგება. გეგმასა და სიდრმეში გრუნტის თვისებების არაკანონზომიერი და (ან) კანონზომიერი მნიშვნელოვანი არაერთგვაროვნებაა. კლდოვან გრუნტებს აქვს ძლიერ დანაწევრებული ზედაპირი და გადაფარულია არაკლდოვანი გრუნტებით.
ჰიდროგეოლოგიური პირობები შენობა-ნაგებობების და გეოლოგიური გარემოს მოქმედების სფეროში.	მიწისქვეშა წყლები არ გვაქვს, ან გვაქვს ერთგვაროვანი ქიმიური შედგენლობის ერთი ჰორიზონტი.	გვაქვს მიწისქვეშა წყლების ერთი ან ორი კარგად გამოხატული ჰორიზონტი, ცალკეულ ადგილებში არაერთგვაროვანი ქიმიური შედგენლობით ან წნევის უნარით.	მიწისქვეშა წყლების ჰორიზონტის სიმძლავრე და ქიმიური შედგენილობა არაერთგვაროვანია. ცალკეულ ადგილებში გვაქვს წყალშემცველი და წყალგაუმტარი ქანების რთული მონაცვლეობა. მიწისქვეშა წყლების წნევა იცვლება მიმართებაზე.
გეოლოგიური პროცესები, რომლებიც უარყოფითად მოქმედებენ შენობა - ნაგებობების მშენებლობასა და ექსპლუატაციის პირობებზე.	არ გვაქვს	აქვთ შეზღუდული გავრცელება.	აქვს ფართო გავრცელება და ახდენს გადამწვევტ გავლენას ნაგებობის დაპროექტებასა და მშენებლობაზე.
სპეციფიკური გრუნტები შენობა - ნაგებობების გეოლოგიური მოქმედების სფეროში.	არ გვაქვს	საპროექტო გადაწყვეტის შერჩევაზე არ ახდენს მნიშვნელოვან გავლენას. აქვს კარგად გამოხატული განლაგება.	გრუნტები გადამწვევტ გავლენას ახდენს დაფუძნების საპროექტო გადაწყვეტილების შერჩევაზე და ართულებს მშენებლობას.
შენიშვნა: საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების სირთულის კატეგორია საჭიროა აღებულ იქნეს მოცემული ფაქტორების ერთობლიობის მიხედვით. თუ ერთ-ერთი ფაქტორი მიეკუთვნება სირთულის უფრო მაღალ კატეგორიას, რომელიც გადამწვევტ გავლენას ახდენს დაფუძნების საპროექტო გადაწყვეტილების შერჩევაზე, საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების სირთულის კატეგორია შეირჩევა ამ ფაქტორის მიხედვით. ასეთ შემთხვევაში საჭიროა სამუშაოს მოცულობის გაზრდა ან მხოლოდ იმ სახის სამუშაოების ჩატარება, რომლებიც აუცილებელია შენობებისა და ნაგებობების დაპროექტებაზე ამ ფაქტორების როლის დასადგენად.			

* *სამშენებლო ნორმები და წესები 1.02.07-87 აუცილებელი დანართი 10, გვ.102*

ცხრილი V.2

საძიებო გამონამუშევრებს შორის მანძილი შენობებისა და ნაგებობების საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების სირთულის, მათი კლასის და არათანაბარი დაჯდომისადმი მგრძობიარობის მიხედვით*

საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების სირთულის კატეგორიები	შენობა-ნაგებობების კლასი და მანძილი (მ) გამონამუშევრებს შორის	
	I	II და III
I	75 - 50	100 - 75
II	40 - 30	50 - 40
III	25 - 20	30 - 25

შენიშვნა: გამონამუშევრებს შორის მანძილის მაქსიმალური მნიშვნელობები აიღება არათანაბარი დაჯდომის მიმართ ნაკლებ მგრძობიარე შენობებისა და ნაგებობებისათვის, მინიმალური - მგრძობიარისათვის.

* *სამშენებლო ნორმები და წესები 1.02.07-87 ცხრილი 36, გვ.50*

ხიმინჯებიან საძირკველზე მშენებლობისას და სხვადასხვა მასშტაბით საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვისას საძიებო გამონამუშევრებს შორის მანძილები და რაოდენობა იმავე საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების სირთულის კატეგორიების გათვალისწინებით ასევე მოყვანილია ქვემოთ შესაბამის ცხრილებში (ცხრილი V.3, V.4).

ცხრილი V.3

დაკიდულ ხიმინჯებიან საძირკველზე მშენებლობისას საძიებო გამონამუშევრებს შორის მანძილები და მინიმალური რაოდენობა*

დასაპროექტებელი შენობა ან ნაგებობა	მანძილები გამონამუშევრებს შორის – მრიცხველში, გამონამუშევრების მინიმალური რაოდენობა – მნიშვნელში		
	საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების სირთულის კატეგორია		
	I	II	III
ნაგებობები 10 სართულის ჩათვლით. მზიდი კედლების საძირკველზე არაუმეტეს 500 KH/მ დატვირთვით და მასიური განაშენიანებისას კარკასის კოლონაზე არაუმეტეს 3000 კგძ-ისა.	70/2	50/2	30/3
ნაგებობები 16 სართულის ჩათვლით. მზიდი კედლების საძირკველზე არაუმეტეს 3000 KH/მ დატვირთვით და კარკასის კოლონაზე არაუმეტეს 20000 კგძ დატვირთვით.	50/2	40/3	30/4
მაღლივი ხისტი შენობები და ნაგებობები (16-28 სართულიანი ნაგებობები), მარტენის ღუმელი, საკვამლე მიღები, ნაგებობები კარკასის კოლონაზე მეტია 20000 KH დატვირთვით.	40/3	30/4	20/5

სხვადასხვა მასშტაბით საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვისას 1კმ²
დააკვირვების წერტილების (მათ შორის საძიებო გამონამუშევრების)
რაოდენობა და საშუალო მანძილები *

საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების სირთულის კატეგორია	დააკვირვების წერტილების (მათ შორის საძიებო გამონამუშევრების) რაოდენობა 1კმ ² -ზე – მრიცხველში. საძიებო გამონამუშევრებს შორის საშუალო მანძილი – მნიშვნელში				
	საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვის მასშტაბი				
	1:25000	1:10000	1:5000	1:2000	1:1000
I	6(2)/700	25(9)/350	50(25)/200	200(100)/100	600(300)/60
II	9(3)/600	30(11)/300	70(35)/170	350(175)/75	1150(575)/20
III	12(4)/500	40(16)/250	100(50)/140	500(250)/65	1500(750)/35

შენიშვნა: საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვა აუცილებელია ჩატარდეს იმავე მასშტაბის ან უფრო მსხვილ ტოპოგრაფიულ საფუძველზე.

სამთო გამონამუშევრების სიღრმე შენობებისა და ნაგებობების ბუნებრივ საფუძველზე განთავსების შემთხვევაში განისაზღვრება მათი გეოლოგიურ გარემოსთან ურთიერთქმედების გათვალისწინებით და როგორც წესი, აიღება კუმშვადი წყების ქვევით 1-2 მეტრზე ღრმად.

კუმშვადი წყების გრუნტების მონაცემების არარსებობის შემთხვევაში სამთო გამონამუშევრების სიღრმე შეიძლება ავიღოთ ქვემოთ მოყვანილი V.5 ცხრილიდან.

საძიებო გამონამუშევრების სიღრმე ნაგებობის საძირკველზე
დატვირთვის გათვალისწინებით *

ნაგებობები ღენტისებურ საძირკველზე		ნაგებობები ცალკეულ საყრდენებზე	
დატვირთვა საძირკველზე, KH/მ-მდე (სართულიანობა)	საძირკველის ძირიდან სამთო გამონამუშევრის სიღრმე, მ	დატვირთვა საყრდენზე, KH-მდე	სამთო გამონამუშევრის სიღრმე საძირკველის ძირიდან, მ
100(1)	4-6	500-მდე	4-6
200(2-3)	6-8	1000	5-7
500(4-6)	9-12	2500	7-9
700(7-10)	12-15	5000	9-13
1000(11-16)	15-20	10000	11-15
2000(>16)	20-23	15000	12-19
		50000	18-26

შენიშვნა: 1. გამონამუშევრების ნაკლები სიღრმე აიღება მიწისქვეშა წყლების არარსებობისას. 2. თუ ცხრილში მოყვანილ სიღრმეთა საზღვრებში გვაქვს კლდოვანი გრუნტი სამთო გამონამუშევარი აუცილებელია გაყვანილ იქნეს სუსტად გამოფიტული გრუნტებიდან 1-2 მ. ღრმად, ან საძირკველის ძირამდე კლდოვანი გრუნტზე განთავსების შემთხვევაში, მაგრამ არა უმეტეს ცხრილში მოყვანილი სიღრმეებისა.

** სამშენებლო ნორმები და წესები 1.02.07-87 ცხრილი 37, გვ. 51*

სპეციფიკური გრუნტებისა და საშიში გეოლოგიური პროცესების გავრცელების უბნებზე სამთო გამონამუშევრების არანაკლებ 50%-ისა საჭიროა გაყვანილი იქნეს სპეციფიკური გრუნტების გავრცელების მთელ ან ისეთ სიღრმემდე, სადაც მათი არსებობა აღარ მოახდენს გავლენას საპროექტო შენობებისა და ნაგებობების მდგრადობაზე, გეოლოგიური პროცესების გავრცელების უბნებზე კი – 3-5 მ-ით ღრმად მათი აქტიური განვითარების ზონიდან.

10 000 მ³ მოცულობის რეზერვუარის შემთხვევაში სამთო გამონამუშევრების სიღრმედ იღებენ რეზერვუარის დიამეტრის არანაკლებ 0.75 სიდიდეს, რაოდენობას – არანაკლებ 5-ს, ამათგან ერთი აუცილებელია გაყვანილი იქნეს რეზერვუარის განთავსების ცენტრში.

არაკლდოვან გრუნტებზე ფილისმაგვარი საძირკვლის (სიგანე >10მ) შემთხვევაში სამთო გამონამუშევრების სიღრმე აუცილებელი მონაცემების არსებობის შემთხვევაში უნდა იყოს საძირკვლის სიგანის ნახევარი, მაგრამ არანაკლებ 20 მ-ისა, მანძილი – არაუმეტეს 50 მ-ისა, ხოლო რაოდენობა – არანაკლებ სამისა.

არაკლდოვან გრუნტებზე ხიმინჯებიანი საძირკვლისათვის სამთო გამონამუშევრების გაყვანის სიღრმედ იღებენ ხიმინჯის ძირის საპროექტო სიღრმიდან 5 მ-ს, ხოლო კლდოვან გრუნტებზე – არანაკლებ 2 მ-ს.

ლაბორატორიული კვლევისათვის ნიმუშების აღება ხდება სახელმწიფო სტანდარტის (12071-84) შესაბამისად. ნიმუშების აღება დასაშვებია ჭაბურღილებიდან გრუნტსაღებით შიდა დიამეტრით არანაკლებ 50 მმ-ისა. მონოლითების აღების ხერხმა უნდა უზრუნველყოს მათი ბუნებრივი აგებულებისა და ტენიანობის შენარჩუნება, რასაც ახორციელებენ 57-60°C ტემპერატურაზე გამდნარ პარაფინში მონოლითის სწრაფი ჩაშვებით და წინასწარ პარაფინშივე გაუღენთილი დობანდის შემოხვევით. ამ პროცედურას იმეორებენ რამდენჯერმე. დაშლილი ქანების სინჯებს იღებენ მჭიდრო ქსოვილის, პოლიეთილენის ან წყალგამძლე ქაღალდის პარკებში.

თითოეულ ნიმუშს თან უნდა ერთვოდეს ეტიკეტი, რომელშიც შედის: 1. ორგანიზაციის (ექსპედიცია, პარტია და ა.შ.) დასახელება; 2. სინჯის ნომერი; 3. სინჯის აღების ადგილი; 4. სიღრმე; 5. ქანის დასახელება სავსე განსაზღვრის მიხედვით; 6. ნიმუშის ამღების ხელის მოწერა; 7. სინჯის აღების თარიღი.

ლაბორატორიაში მოტანილ სინჯს ატარებენ რეგისტრაციაში, ათავისუფლებენ პარაფინისაგან, ყოფენ ცალკეულ ნიმუშებად, რომელთა ფორმა, ზომა,

წონა და აგებულება სხვადასხვა სახის განსაზღვრისათვის მოცემულია V.6 ცხრილში.

თითოეული გრუნტის შრიდან საჭიროა აღებულ იქნეს ნიმუშების ის რაოდენობა, რომელიც უზრუნველყოფს ყოველი გამოყოფილი საინჟინრო-გეოლოგიური ელემენტის შეფასებას, კერძოდ, არანაკლებ 10 ნიმუშისა ფიზიკური და არანაკლებ 6 – მექანიკური თვისებების განსასაზღვრად.

მსხვილნატეხიანი და კლდოვანი გრუნტების შედგენილობისა და მდგომარეობის საორიენტაციო შეფასება (ნატეხების ზომა, მათი პროცენტული და პეტროგრაფიული შედგენილობა, შემავსებლის შედგენილობა და მდგომარეობა, ნაპრაღიანობა, გამოფიტვის ხარისხი და სხვ.) დასაშვებია მათი ვიზუალური აღწერით.

ყოველი წყალშემცველი ჰორიზონტიდან საპროექტო ობიექტისა და მის გეოლოგიურ გარემოსთან მოქმედების სფეროს საზღვრებში სტანდარტული ქიმიური ანალიზისათვის აიღება არანაკლებ სამი სინჯი.

ქანის ნიმუშის აბეზულება, ფორმა, წონა, ზომა, მათი შედგენილობის, ფიზიკური, ფელოვანი და მემანტიკური თვისებების კვლევისათვის *

მაჩვენებლები		ქანები	ქანის აგებულება და ნიმუშის ტენიანობა	ნიმუშის ფორმა	ნიმუშის წონა ან ზომა	განსაზღვრის სახელმწიფო სტანდარტი
შედგენილობა და შემცველობა	მინერალური შედგენილობა	კლდოვანი, ნახევრად კლდოვანი და შეკავშირებული თიხოვანი.	ბუნებრივი	ნებისმიერი	100-200 გ	
		თიხოვანი (წვრილ-დისპერსიული ნაწილი)	ნებისმიერი	ნებისმიერი	100-200 გ	
		ქვიშები და სხვა ნატეხოვანი	დაშლილი	ნებისმიერი	100-200 გ	
	წყალში ხსნადი მარილების შემცველობა	თიხოვანი და ზოგიერთი ნახევრად კლდოვანი	ნებისმიერი	ნებისმიერი	100-200 გ	
	ორგანული ნივთიერების შემცველობა	მეტწილად თიხოვანი	ნებისმიერი	ნებისმიერი	100-200 გ	23740-79
	გრანულომეტრიული შედგენილობა	სრეშოვანი და უხეშმარცველოვანი	დაშლილი	ნებისმიერი	600-3000 სმ ³	12536-79
		ქვიშები	დაშლილი	ნებისმიერი	200-600 სმ ³	
თიხოვანი		ბუნებრივი	ნებისმიერი	50-200 სმ ³		
ფიზიკური თვისებები	ბუნებრივი ტენიანობა	ყველა ქანი	ტენიანობა ბუნებრივი, აგებულება ნებისმიერი	ნებისმიერი	20-50 გ	5180-84
	სიმკვრივე	ყველა ქანი	ბუნებრივი	არასწორი, კუბისებრი, ცილინდრული	1000 სმ ³ -მდე	
	მინერალური ნაწილის სიმკვრივე	ყველა ქანი	დაშლილი	ნებისმიერი	50-200 გ	
	პლასტიკურობა	თიხოვანი	აგებულება ნებისმიერი, ტენიანობა ბუნებრივი	ნებისმიერი	300-500 გ	
წვლი-ვანი თვისებები	დასველება	თიხოვანი	ბუნებრივი	ცილინდრული კუბისებრი	დიამეტრი-50-70 მმ სიმაღლე-15-20 მმ	21143-80
	გაჯირჯევა	თიხოვანი	ბუნებრივი	ცილინდრული კუბისებრი	5x5x5 სმ ³	

მაჩვენებლები		ქანები	ქანის აგებულება და ნიმუშის ტენიანობა	ნიმუშის ფორმა	ნიმუშის წონა ან ზომა	განსაზღვრის სახელმწიფო სტანდარტი
	ჩაჯდომა	თიხოვანი	ბუნებრივი	ცილინდრული კუბისებრი		21161-78
	სრული წყალტევადობა	ქვიშები და სხვა ნატეხოვანი	დაშლილი	ნებისმიერი	200-300 სმ ³	
	წყალშთანთქმა და წყალნაჯერობა	კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი	ბუნებრივი	ცილინდრულ, კუბისებრი	დიამეტრი-50-70 მმ სიმაღლე-15-20 მმ 5x5x5 სმ ³	
	მაქსიმალური მოლეკულური ტენტევადობა	თიხოვანი ქანები, წმინდა და წვრილმარცვლოვანი ქვიშა	დაშლილი	ნებისმიერი	300 გ	
	მაქსიმალური მოლეკულური წყალტევადობა	ქვიშები და სხვა უხეშმარცვლოვანი	დაშლილი	ნებისმიერი	500-1000 გ	
	კაპილარული აწევა	ქვიშები და ნაწილობრივ თიხოვანი	დაშლილი, შეიძლება ბუნებრივიც	ნებისმიერი, ანდა ცილინდრული	1000 გ-მდე	
	წყალშედწევადობა	ქვიშოვანი	დაშლილი, შეიძლება ბუნებრივიც	ნებისმიერი	500-2000 სმ ³	
თიხოვანი		ბუნებრივი	ცილინდრული	დიამეტრი-50-70 მმ სიმაღლე-15-20 მმ		
კლდოვანი, ნახევრად კლდოვანი		ბუნებრივი	ცილინდრული	დიამეტრი-35-50 მმ სიმაღლე-15-20 მმ		
მექანიკური თვისებები	სიმტკიცე კუმშვაზე	კლდოვანი, ნახევრად კლდოვანი	ბუნებრივი	ცილინდრული კუბისებრი	10x10x10 სმ ³ 5x5x5 სმ ³	26447-85
	კომპრესიული თვისებები	თიხოვანი, ქვიშოვანი	ბუნებრივი	ცილინდრული	დიამეტრი - 50 - 70 მმ სიმაღლე - 15 - 20 მმ	26518-85
	წინააღმდეგობა ძერისადმი	თიხოვანი, ქვიშოვანი	ბუნებრივი	ცილინდრული	დიამეტრი - 50 - 70 მმ სიმაღლე - 15 - 20 მმ	

* სახ.სტანდარტი 30 416

7 - 9 ბალიან სეისმურ რაიონებში შენობებისა და ნაგებობების დაპროექტებისას აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს სეისმური ზემოქმედების ინტენსიურობა, რომლის განსაზღვრა ხდება სეისმური მიკროდარაიონების რუკების საფუძველზე.

საქართველოს ტერიტორიის ზოგადი სეისმური დარაიონების სქემა (ნახ. V.1) მოცემულია საქართველოს რესპუბლიკის არქიტექტურისა და მშენებლობის საქმეთა სამინისტროს 1991 წლის 7 იანვრის ბრძანების 1-ლ დანართში. ამ სქემის მიხედვით ქ. თბილისი მიეკუთვნება 8 ბალიან სეისმურ ზონას (ინდექსი აღნიშნავს მიწისძვრის განმეორებადობას).

იმ რაიონებში, სადაც არ გვაქვს ასეთი სეისმური მიკროდარაიონების რუკები, სეისმურობის მიხედვით გრუნტის კატეგორიის დადგენა დასაშვებია ქვემოთ მოცემული ცხრილის საშუალებით (ცხრილი V.7).

ცხრილი V.7

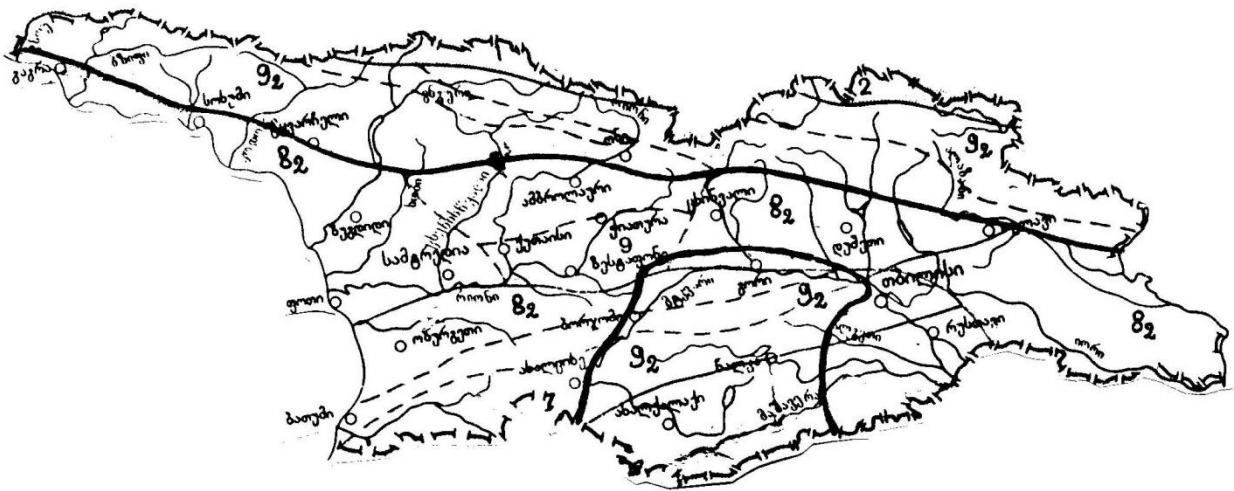
გრუნტების კატეგორია სეისმური თვისებების მიხედვით*

კატეგორია	გრუნტები	სამშენებლო მოედნის სეისმურობა 7-9 ბალიან სეისმური რაიონებისთვის.		
		7	8	9
I	ყველა სახის კლდოვანი გრუნტები; გამოუფიტავი და სუსტად გამოფიტული; მსხვილნატეხოვანი მაგმური ქანები, მკვრივი, სუსტად ტენიანი 30%-მდე ქვიშიან-თიხიანი შემავსებლით	6	7	8
II	ძლიერ გამოფიტული და გამოფიტული კლდოვანი გრუნტები; მსხვილნატეხოვანი გრუნტები, პირველი კატეგორიის გარდა; ქვიშები ხრეშოვანიდან მტვროვანის ჩათვლით, მკვრივი და საშუალო სიმკვრივის, სუსტად ტენიანი (მსხვილი ფრაქცია ტენიანიც); თიხოვანი გრუნტები კონსისტენციის $J_k \leq 0,5$ მაჩვენებლით, ფორიანობის $e < 0,9$ კოეფიციენტით თიხებისა და თიხნარებისათვის და $e < 0,7$ – ქვიშნარებისათვის.	7	8	9
III	ყველა სახის ფხვიერი ქვიშები, მკვრივი და საშუალო სიმკვრივის, წყალგაჯერებული (წვრილი და მტვროვანი – ტენიანიც); თიხოვანი გრუნტები კონსისტენციის $J_k > 0,5$ და $J_k \leq 0,5$ მაჩვენებლით, ფორიანობის $e \geq 0,9$ კოეფიციენტით თიხებისა და თიხნარებისათვის და $e \geq 0,7$ – ქვიშნარებისათვის	8	9	>9

შენიშვნა: 1. თუ 10 მ-ის შრეს აქვს გრუნტის არაერთგვაროვანი შედგენლობის 5 მ-ზე მეტი ჯამური სიმძლავრე, ასეთ შემთხვევაში სამშენებლო მოედანი სეისმურობის თვალსაზრისით მიეკუთვნება შედარებით არახელსაყრელ კატეგორიას; 2. თუ ნაგებობის ექსპლუატაციის პროცესში, მოსალოდნელია გრუნტის წყლის დონის აწევა და ქანების (მათ შორის ჩაჯდომადი) გაწყლიანება, გრუნტის კატეგორია სეისმური თვისებების მიხედვით საჭიროა განისაზღვროს ქანის თვისებებით გაწყლიანებულ მდგომარეობაში (ტენიანობით, კონსისტენციით); 3. 6-ბალიანი სეისმურობის რაიონში განსაკუთრებით საპასუხისმგებლო შენობებისა და ნაგებობების მშენებლობისას, სეისმური თვისებებით III კატეგორიის გრუნტის საანგარიშო სეისმურობა საჭიროა ავიდოთ 7 ბალის ტოლად; 4. კონსისტენციის ან ტენიანობის არარსებობის შემთხვევაში თიხოვანი და ქვიშოვანი გრუნტები, მიწისქვეშა წყლის დონის 5 მ-ზე მაღლა განლაგებისას სეისმური თვისებების მიხედვით მიეკუთვნება III კატეგორიას.

* სამშენებლო ნორმები და წესები II-7-81, ცხრილი 1, გვ. 4

სამშენებლო მოედნები 15⁰-ზე მეტი დახრის შემთხვევაში, გეოლოგიური პროცესების შედეგად ძლიერ დაშლილი ქანები, დაჯდომადი გრუნტები, ნაყარი, ჩამონაშალი, მცურავი, მეწყრები, კარსტი, სამთო გამონამუშევრები, სელები – სეისმურობის თვალსაზრისით მშენებლობისათვის არახელსაყრელი უბნებია. ასეთ უბნებზე მშენებლობის აუცილებლობის შემთხვევაში საჭიროა დამატებითი ღონისძიებების ჩატარება მათი კონსტრუქციული გაძლიერებით და საძირკვლის გამაგრებით.



ნახ. 5.1. საქართველოს სეისმური მიკროდარაიონების რუკა

შენობა-ნაგებობებზე საჭიროა მოეწყოს დამყოფი ანტისეისმური ნაკერები (წყვილ-კედლები), თუ: შენობებისა და ნაგებობების მოსაზღვრე უბნებს აქვს 5 მ ან უფრო მეტი სიმაღლეთა სხვაობა; 10 მ-მდე 1- სართულიან ნაგებობას 7 ბალიანი სეისმურობის შემთხვევაში შეიძლება არ გაუკეთდეს სეისმური ნაკერი.

ანტისეისმურმა ნაკერმა შენობა-ნაგებობები საჭიროა გაყოს მთელ მის სიმაღლეზე. შეიძლება ნაკერი არ გაკეთდეს საძირკველში, გარდა იმ შემთხვევისა, როდესაც ანტისეისმური ნაკერი ემთხვევა დაჯდომად გრუნტს.

ნაგებობათა სიმაღლეები და ანტისეისმურ ნაკერებს შორის მანძილი არ უნდა აღემატებოდეს V.8 ცხრილში მოცემულ სიდიდეებს.

5 მ-მდე სიმაღლის შენობა-ნაგებობებისათვის სეისმურ ნაკერებს შორის სიგანე უნდა იყოს არანაკლებ 30 მმ. უფრო მაღალი შენობის შემთხვევაში საჭიროა სეისმური ნაკერის სიგანის გაზრდა 20 მმ-ით ყოველ 5 მ სიმაღლეზე.

ნაგებობათა სიმაღლე და მანძილი ანტისეისმურ ნაკერებს შორის *

ნაგებობის მზიდი კონსტრუქცია	სიგრძე (სიგანე), მ			სიმაღლე, მ (სართულების რაოდენობა)		
	საანგარიშო სეისმურობა, ბალებში					
	7	8	9	7	8	9
1. ლითონის, რკინაბეტონის კარკასი ან რკინაბეტონის მონოლითური კედელი	არასეისმური რაიონების მოთხოვნებით, მაგრამ არაუმეტეს 150 მ			არასეისმური რაიონების მოთხოვნებით		
2. მსხვილპანელიანი კედელი	80	80	60	45(14)	39(12)	30(9)
3. კომპლექსური კონსტრუქციის კედლები, რომლებშიც: ა) რკინა-ბეტონის ჩანართები და რკინაბეტონის სარტყელები წარმოქმნის გარკვეულ (მკაფიო) კარკასულ სისტემას: I კატეგორიის ნაგებობებისთვის II კატეგორიის ნაგებობებისთვის ბ) რკინაბეტონის ვერტიკალური ჩანართები, რომლებიც აძლიერებენ კედლებს და შუაკედლებს, მაგრამ არ ქმნიან მკვეთრ კარკასს. I კატეგორიის ნაგებობებისთვის II კატეგორიის ნაგებობებისთვის	80 80	80 80	60 60	30(9) 23(7)	23(7) 20(6)	17(5) 14(4)
4. ვიბრირებადი აგურის პანელის ან ბლოკის კედლები; ბეტონის ბლოკის კედლები.	80	80	60	23(7)	20(6)	14(4)
5. აგურის ან ქვის წყობის კედლები, 3 და 4-ის გარდა. I კატეგორიის ნაგებობებისთვის II კატეგორიის ნაგებობებისთვის	80 80	80 80	60 60	17(5) 14(4)	14(4) 11(3)	11(3) 8(2)
შენიშვნა:						
1. შენობის სიმაღლედ აიღება შემონაკირწყლის ქვედა ნიშნულის ან ნაგებობის მიწის ზედაპირისა და გარე კედლის ზედა ნაწილის სიმაღლეთა სხვაობა.						
2. სკოლებისა და საავადმყოფოების სიმაღლე 8 - 9 ბალან სეისმურ მოედანზე იზღუდება სამი მიწისზედა სართულით.						
3. 5 სართულზე მაღალი შენობის აშენება დასაშვებია მხოლოდ სეისმურ რაიონებში მშენებლობის ობიექტების განთავსებისა და ნაგებობათა სართულიანობის შეზღუდვის მითითებების დაცვით.						

* სამშენებლო ნორმები და წესები II-7-81 ცხრილი 8, გვ. 9

ქანების ნივთიერი შედგენილობა და აღნაგობა

VI.1. გრანულომეტრიული შედგენილობა

ა. საცრული მეთოდი

ქანების გრანულომეტრიული და ნივთიერ შედგენილობისა და აღნაგობის კვლევას დიდი მნიშვნელობა აქვს მათი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების დახასიათებისა და შეფასებისათვის.

გრანულომეტრიული (მექანიკური) შედგენილობა იძლევა ქანების სტრუქტურის რაოდენობრივ დახასიათებას. ის გამოხატავს ქანების სხვადასხვა ზომის ნაწილაკთა ჯგუფების (ფრაქციათა) პროცენტულ შემცველობას აბსოლუტურად მშრალი ქანის წონის მიმართ.

ფხვიერი ქანების ანალიზისათვის გამოიყენება საცრული მეთოდი, რაც გამოიხატება ჰაერზე გამომშრალი გრუნტის დახარისხებით სტანდარტული ზომის (ნახვრეტებით - 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 მმ) საცრების წყებაში მისი სრული გატარებით. სრული გაცრის შესამოწმებლად (3 მმ-დან დაწყებული ქვევით) წყებიდან იღებენ საცერს და ქანს ცრიან ქალაღზე. თუ შეიმჩნევა განაცერი, ყრიან ქვევით მდებარე საცერში და ასე აგრძელებენ მასალის სრულ დახარისხებამდე.

თიხის შემცველ ქვიშებს გაცრამდე ჯამში წინასწარ ასველებენ, შლიან თითო ან რეზინისბოლოიანი წკირით და რეცხავენ წყლით. გარეცხვას იმეორებენ რამდენჯერმე, ჯამში მასის 30-60 წთ-იანი ინტერვალით დაყოვნებით და ზედა, მტკრიან-თიხიანი ატივტივებული შრის ფრთხილი გადაღვრით მის სრულ გამჭვირვალობამდე. დარჩენილ გარეცხილ საანალიზო ქანს აშრობენ, წონიან და ცრიან საცრების წყებაში.

ცალკეულ საცერზე და ქვეშში (ძირში) დარჩენილი მასალის წონის (A) შეფარდებით საანალიზო გრუნტის სრულ წონასთან (B) ანგარიშობენ თითოეული ფრაქციის (X) პროცენტულ შემცველობას:

$$X=(A/B)100\%$$

შენიშვნა: დიდი ზომის ფრაქციების (>100მმ) შემცველობის დროს ქანების გაცრა (გაცხრილვა) ხდება სტანდარტული ზომის - 200, 100, 60, 20 მმ-იან სპეციალურ ხის საცრებში (ცხავეებში). ანალიზის დროს საჭიროა ყურადღება

მივაქციოთ იმას, რომ ნატეხებზე მიკრული არ იყოს ქვიშიან-თიხიანი ნაწილაკები. გაცხრილვისათვის ნატეხების ზომის მიხედვით ნიმუშის წონა უნდა იყოს არანაკლებ 100-600 კგ, 20 მმ-იანი საცრული მეთოდის დროს – 8-დან 5 კგ-მდე.

ბრიტანული სტანდარტებით გრუნტის შედგენილობის განსაზღვრად წყებაში საცრების შედარებით მეტი რაოდენობაა. საცრები, ნახვრეტების ზომების მიხედვით არის: 0,063; 0,15; 0,212; 0,3; 0,425; 0,6; 1,18; 2; 3,35; 5; 6,3; 10; 14; 20; 28; 37,5; 50; 63; 75 მმ სიდიდისა.

ანალიზისათვის გრუნტის წონა დგინდება ვიზუალურად. იმ ქანებისათვის, რომლებიც არ შეიცავენ 2 მმ-ზე მსხვილ ნაწილაკებს, წონა დაახლოებით 200 გრამია, რომლებიც შეიცავენ 10%-მდე ხრეშსა და კენჭებს – 500 გ, 10-30%-მდე – 2000 გ, მეტი შემცველობის შემთხვევაში კი – 3000 გ. ბრიტანული სტანდარტებით წვრილმარცვლოვანი გრუნტის შემთხვევისათვის აიღება 500 გ სინჯი, ხოლო მსხვილმარცვლოვანისათვის – 15 კგ.

თუ ლაბორატორიაში მოვიდა ზემოთ აღნიშნულზე მეტი წონის სინჯი, მაშინ ჰაერზე გამომშრალი ქანიდან იღებენ ე. წ. საშუალო სინჯს. ამისათვის ქანს გულ-მოდგინედ ურევენ, შლიან თხელ ფენად და შპატელის ანდა კოვზის ბოლოთი ორი ურთიერთპერპენდიკულარული ხაზით ყოფენ ოთხ ტოლ ნაწილად (კვადრატებად) და იღებენ ორ ურთიერთსაწინააღმდეგო შემცირებულ სინჯს. ასე აგრძელებენ მანამ, სანამ არ დარჩება საჭირო წონის საანალიზო ქანი.

იმ შემთხვევაში, როდესაც 0,1 მმ-ზე ნაკლები ფრაქციების შემცველობა ქვიშიაში 10%-ზე მეტია, მაშინ გრანულომეტრიული ანალიზი საჭიროა გაგრძელდეს, რისთვისაც ყველაზე ხშირად პიპეტურ მეთოდს იყენებენ. ეს მეთოდი კარგად ეთანადება ქანების თვისებებს და სხვა მეთოდებთან შედარებით (საბანინის, არეომეტრიული და სხვ.) გაცილებით ზუსტ შედეგებს გვაძლევს.

ბრიტანული სტანდარტებით გრანულომეტრიული შედგენილობის განსაზღვრის მეთოდები ჩვენთან მიღებული მეთოდების ანალოგიურია. უხეშ ფრაქციებს საზღვრავენ გაცრითა და გარეცხვით, ხოლო წვრილდისპერსულს – სელიმენტაციის დალექვის (პიპეტური) და არეომეტრული მეთოდით.

ბ. პიპეტური მეთოდი

პიპეტური მეთოდი დამყარებულია მდგარ წყალში მყარი ნაწილაკების ჩაძირვის სიჩქარეზე, რაც მათ მასასა და ზომაზეა დამოკიდებული.

თიხების შემთხვევაში ანალიზისათვის იღებენ (აბსოლუტურად მშრალ გადათვლაზე) 10 გ-ს, თიხნარების - 15 გ-ს, ქვიშნარებისა - 20 - 40 გ ქანის წონაკს (B) (მლაშე ქანებისათვის ორჯერ ნაკლებს, შესაბამისად 10 - 20 გ-ს პარალელურად საზღვრავენ ქანის ტენიანობას ((W) იხ. ტენიანობის განსაზღვრა) და ქვემოთ მოყვანილი ფორმულით ახდენენ აღებული სინჯის გადათვლას აბსოლუტურად მშრალ წონაზე (b):

$$b=B100/(100+W\%)$$

ანალიზისათვის აღებულ ქანს ასხამენ ათჯერადი რაოდენობის დისტილირებულ წყალს, უმატებენ 1 სმ³ 25%-იან ამიაკს ან ნატრიუმის პიროფოსფატის გაჯერებულ ხსნარს და ადუღებენ დაახლოებით ერთი საათის განმავლობაში.

გაციებული სუსპენზია 0,1 მმ-იან საცერში გატარებით გადააქვთ ფაიფურის ჯამში. კედლებზე რომ არ დარჩეს ქანის ნაწილაკები, კოლბას გულმოდგინედ რეცხავენ სარეცხულით. საცერზე დარჩენილ მასას შლიან თითოთ ან რეზინის-ბოლოიანი წკირით და საცრიდან ჯამში წყლით ჩარეცხავენ.

ძაბრის საშუალებით სუსპენზიას ჯამიდან ასხამენ ცილინდრში და ავსებენ სუფთა წყლით ისე, რომ საერთო რაოდენობა 1 ლიტრის იყოს.

საცერზე დარჩენილი ნალექი გადააქვთ ფაიფურის ჯამში, აშრობენ, ატარებენ საცრების წყებაში და ფორმულით: $X=AC/b$, ანგარიშობენ მათ პროცენტულ შემცველობას.

მოცემულ ფორმულაში A ფრაქციის წონაა,

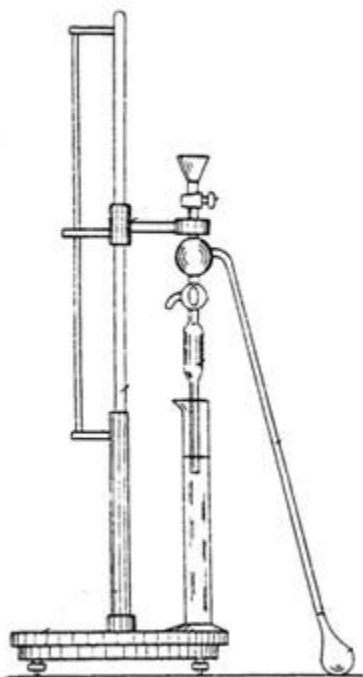
b – ქანის წონა აბსოლუტურად მშრალ მდგომარეობაში,

C – ანალიზისთვის აღებულ ფრაქციათა ჯამური პროცენტული შემცველობა, რომელიც, თუ არ იყო გამოყენებული საცრული მეთოდი, ყოველთვის ტოლი იქნება 100%-ისა. წინააღმდეგ შემთხვევაში - 100%-ს მინუს მსხვილ ფრაქციათა პროცენტული შემცველობის ჯამი.

ცილინდრში სუსპენზიის ტემპერატურის გაზომვის შემდეგ სუსპენზიას ამღვრევენ სარევით ფსკერზე ნალექის სრულ გაქრობამდე და დროის ინტერვალებში გარკვეული სიღრმიდან (ცხრილი VI.1) პიპეტის საშუალებით (ნახ. 6.1) იღებენ სინჯს, გადააქვთ წინასწარ აწონილ ბიუქსსა ან ტიგელში, აორთქლებენ, ნალექს აშრობენ და ანგარიშობენ 0,05 მმ-ზე ნაკლები დიამეტრის ფრაქციათა ჯამურ პროცენტულ შემცველობას ფორმულით:

$$A=aV_{\text{ც}}/V_{\text{წ}}; X=AC/b \text{ ან } X=aV_{\text{ც}}/bV_{\text{წ}}$$

სადაც a არის პიპეტიდან აღებული 0,05 მმ-ზე ნაკლები გამომშრალი ნიმუშის წონა;



ნახ. 6.1. დანადგარი პიპეტური მეთოდით ქანების გრანულომეტრიული შედგენილობის განსაზღვრისათვის.

$V_{\text{ც}}$; $V_{\text{კ}}$ – სუსპენზიის მოცულობა ცილინდრსა და პიპეტში.

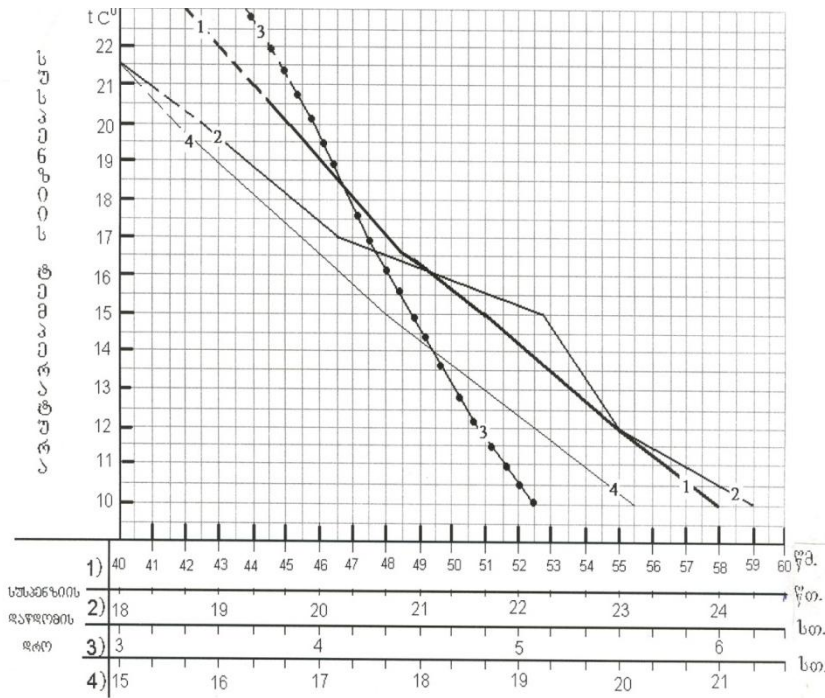
X-სა და ხ-ს მნიშვნელობები მოცემულია ზემოთ.

ვინაიდან, ყველა წინა სინჯი შეიცავს მის შემდგომ აღებულ უფრო წვრილ მარცვლებს, ქანში თითოეული ფრაქციის შემცველობა (0,05-0,01 და ა. შ.) გამოითვლება წინა და მომდევნო ფრაქციათა ჯამური პროცენტული შედგენილობის სხვაობით. <0,001 მმ შეესაბამება <0,001 მმ-იანი ფრაქციის პროცენტულ შემცველობას, ხოლო 0,1-0,05 მმ გამოითვლება 100%-ისა და ყველა ფრაქციის პროცენტული შემცველობის სხვაობით.

ცხრილი VI.1

სუსპენზიის დაწლმის დრო

სინჯი (ფრაქცია), მმ	პიპეტის ჩაშვების სიღრმე, სმ	ტ ე მ პ ე რ ა ტ უ რ ა, °C				
		10	12	15	17	20
<0,05	10	58წმ	55წმ	51წმ	48წმ	45წმ
<0,01	10	24წთ 18წმ	22წთ 59წმ	22წთ 14წმ	20წთ 9წმ	18წთ 44წმ
<0,002	5	5სთ 3წთ	4სთ 47წთ	4სთ 25წთ	4სთ 12წთ	3სთ 54წთ
<0,001	5	20სთ 10წთ	19სთ 9წთ	17სთ 42წთ	16სთ 48წთ	15სთ 36წთ



ნახ. 6.2. ტემპერატურის მიხედვით სუსპენზიაში სხვადასხვა ზომის ფრაქციების დაწდომის დროის დიაგრამა.

ტემპერატურის მიხედვით სუსპენზიაში სხვადასხვა ზომის ფრაქციების დაწდომის დროის სწრაფი მონახვისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ჩვენ მიერ შემოთავაზებული დიაგრამა (ნახ. 6.2.).

1. – $<0.05\ \mu\text{m}$; 2. – $<0.01\ \mu\text{m}$; 3. – $<0.002\ \mu\text{m}$; 4. – $<0.001\ \mu\text{m}$

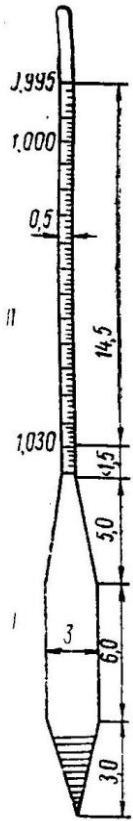
შენიშვნა: 1. და 2. პიპეტის ჩაშვებისას სიღრმე სუსპენზიაში 10 სმ-ია.

3. და 4. – 5 სმ.

გ. არეომეტრიული მეთოდი

გრანულომეტრიული ანალიზის არეომეტრიული მეთოდი ეყრდნობა წვრილ-ქვიშოვანი და თიხოვანი ქანისაგან დამზადებული სუსპენზიის (სუსპენზიის დამზადების წესი იხ. პიპეტურ მეთოდში) სიმკვრივის გაზომვას არეომეტრის საშუალებით. პიპეტური მეთოდისაგან განსხვავებით, არეომეტრიული მეთოდი არ საჭიროებს ფრაქციების აორთქლებას, გამოშრობას და აწონას, რაც შესამჩნევად აიოლებს და აჩქარებს ანალიზების დასრულების პროცესს.

ქანში მსხვილი ფრაქციების დროს არეომეტრიული მეთოდი, ისე როგორც პიპეტური, გამოიყენება საცრულ მეთოდთან კომბინაციაში.



ნახ. 6.3 არეომეტრი

ქანების გრანულომეტრიული ანალიზისათვის 0,995-დან 1,030 სიმკვრივის განსასაზღვრად იყენებენ მინის არეომეტრს (ნახ. 6.3), რომელზეც დანაყოფები დატანილია 0,001-ის სიზუსტით. გრანულომეტრიული ანალიზის დროს, გამარტივების მიზნით, ერთეულს მხედველობაში არ იღებენ (უგულებელყოფენ), ხოლო მძიმე გადააქვთ სამი ნიშნით მარჯვნივ. ვინაიდან გრუნტის სუსპენზია გაუმჭვირია, ანათვალი აიღება მენისკის ზედა ნაპირიდან სიმაღლეზე შესწორების გათვალისწინებით. შესწორება ხდება 20°C ტემპერატურაზე დისტილირებულ წყალში არეომეტრის ჩაძირვით მენისკის ზედა და ქვედა მანქენებლების სხვაობის გადამრავლებით ათასზე. ცდის დროს, გარდა მენისკის სიმაღლეზე შესწორებისა, ითვალისწინებენ შესწორებას 20°C ტემპერატურაზე (ცხრილი VI.2.)

გრანულომეტრიული ანალიზისას ცილინდრში დამზადებულ სუსპენზიას ურევენ სარევიტ ფსკერზე ნალექის გაქრობამდე, ინიშნავენ დროს და ფრთხილად, ისე, რომ მისი ბოლქვი არ შეეხოთ ცილინდრის კედლებს, არეომეტრის სკალაზე იღებენ ანათვლებს 30 წმ-ის 1, 2, 5, 30 წთ-ის, 1, 1,5, 3, 6, და 24 საათის შემდეგ. პირველ სამ ანათვალს იღებენ არეომეტრის ამოუღებლად, დანარჩენ შემთხვევებში სუსპენზიაში ჩაუშვებენ გაზომვის დაწყებამდე 5-10 წამით ადრე უფრო ღრმად,

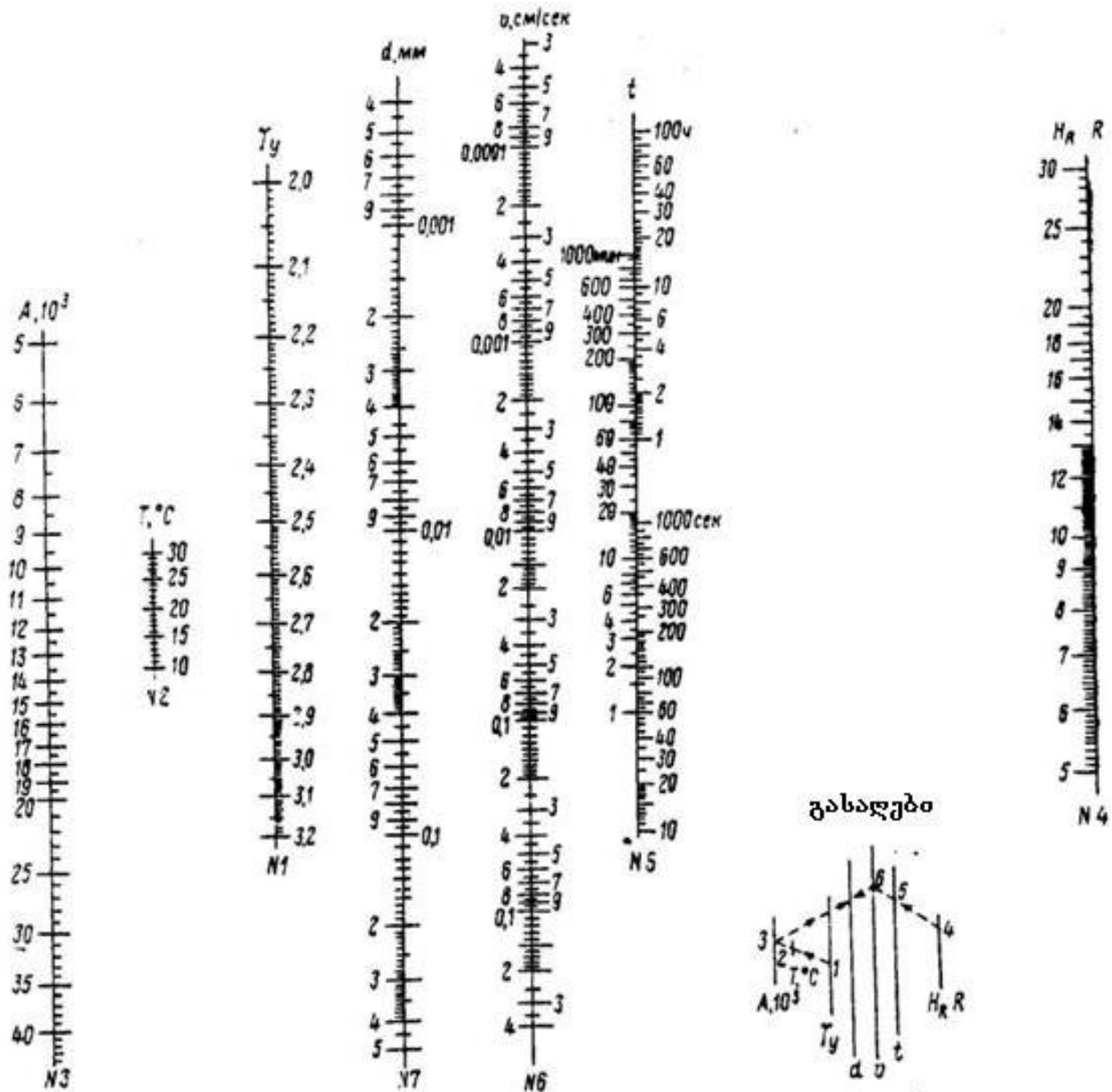
ცხრილი VI.2

ტემპერატურული შესწორება არეომეტრისათვის

სუსპენზიის ტემპერატურა, °C	არეომეტრის ანათვლის შესწორება	სუსპენზიის ტემპერატურა, °C	არეომეტრის ანათვლის შესწორება	სუსპენზიის ტემპერატურა, °C	არეომეტრის ანათვლის შესწორება
+0,8	24,0	-0,5	17,0	-1,2	10,0
+0,9	24,5	-0,5	17,5	-1,2	10,5
+1,0	25,0	-0,3	18,0	-1,2	11,0
+1,1	25,5	-0,3	18,5	-1,1	11,5
+1,3	26,0	-0,2	19,0	-1,1	12,0
+1,4	26,5	-0,1	19,5	-1,0	12,5
+1,5	27,0	-0,0	20,0	-1,0	13,0
+1,6	27,5	+0,1	20,5	-0,9	13,5
+1,8	28,0	+0,2	21,0	-0,9	14,0
+1,9	28,5	+0,3	21,5	-0,8	14,5
+2,1	29,0	+0,4	22,0	-0,8	15,0
+2,2	29,5	+0,5	22,5	-0,7	15,5
+2,3	30,0	+0,6	23,0	-0,6	16,0
		+0,7	23,5	-0,6	16,5

ვიდრე წინა გაზომვის დროს. მონაცემებს იწერენ გამარტივებული ანათვის სახით, ესე იგი მენისკის სიმაღლესა და ტემპერატურაზე შესწორების გათვალისწინებით. სუსპენზიის ტემპერატურას ზომავენ ცილინდრის ცენტრში 0,5°C-ის სიზუსტით, პირველი ხუთი გაზომვისას ერთხელ, შემდეგ კი ყოველი გაზომვის წინ.

არეომეტრის საბოლოო ანათვლების მიღების შემდეგ იწყებენ ნაწილაკების დიამეტრის გამოთვლას ნომოგრამაზე (ნახ. V.4), რომლის გამოყენების თანამიმდევრობა მოცემულია გასაღების სახით.



ნახ. 6. 4. ქანების გრანულომეტრიული ანალიზის დროს ნაწილაკების დიამეტრის გამოსათვლელი ნომოგრამა

**ქანების გრანულომეტრიული შედგენილობის ანალიზი და
გრაფიკული ასახვის ხერხები**

გრანულომეტრიული შედგენილობის ამა თუ იმ ფრაქციის ზომისა და რაოდენობის გათვალისწინებით ხდება ქანების კლასიფიკაცია ქვემოთ მოცემული ცხრილების სახით (ცხრილი VI.3–VI.6).

ცხრილი VI.3

ქანის დასახელება ფრაქციების გრადაციის მიხედვით*

ქანის დასახელება	ფრაქციების გრადაცია და ზომა (მმ)					შენიშვნა
	პლიერ მსხვილი (უხეში)	მსხვილი	საშუალო	წვრილი	წმინდა	
კაჭარი (ლოდი)		>800	800-400	400-200		ფრჩხილებში მოცემულია შესაბამისი დაუმუშავებული მასალის დასახელება. საბანინის მიხედვით 0,002 მმ ზომის ნაწილაკები 0.005 მმ-ის ეკვივალენტურია.
კენჭი (ლორღი)	200-100	100-60	60-40	40-20		
ხრეში (ხვინჭა)		20-10	10-4	4-2		
ქვიშა	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	
მტვერი		0,05-0,01		0,01-0,002		
თიხა	0,002-0,001				<0,001	

* სახ.სტანდარტი 25 100-82, ცხრილი 2, გვ. 3,4

ცხრილი VI.4

ფრაქციების გრადაცია ბრიტანული სტანდარტებით

ქანის დასახელება	ფრაქციების გრადაცია და ზომები, მმ		
	მსხვილი	საშუალო	წვრილი
ხრეში (ხვინჭა)	60-20	20-6	6-2
ქვიშა	2-0,6	0,6-0,2	0,2-0,06
მტვერი	0,06-0,02	0,02-0,006	0,006-0,002
თიხა	<0,002		

ფრაქციების პროცენტული ჯამის აღება იწყება ყველაზე დიდი ფრაქციებიდან, გრუნტის დასახელება – პირველივე დამაკმაყოფილებელი მაჩვენებლის მიხედვით (ცხრილი VI.5).

მსხვილნატეხოვან ქანებში ჰაერზე გამომშრალი გრუნტის საერთო წონის 40%-ზე მეტი ქვიშის ან 30%-ზე მეტი თიხის შემცველობის შემთხვევაში ქანის დასახელების დროს აუცილებელია შემავსებლის მითითებაც. შემავსებლის რაოდენობა დგინდება ნიმუშიდან 2 მმ-იანი ნაწილაკების მოშორების შემდეგ.

მსხვილნატეხოვანი და ქვიშოვანი ქანების სახეები

ქ ა ნ ე ბ ი	ჰაერზე გამომშრალი გრუნტის ნაწილაკების პროცენტული შემცველობა
<p><u>მსხვილნატეხოვანი</u> კაჭარი (ლოდი) კენჭი (ლოდი) ხრეში (ხვინჭა)</p>	<p>>200მმ-ზე ფრაქციათა საერთო წონა შეადგენს 50%-ზე მეტს >10მმ-ზე>50% >2მმ-ზე>50%</p>
<p><u>ქვიშა</u> ხრეშოვანი მსხვილმარცველოვანი საშუალომარცველოვანი წვრილმარცველოვანი მტვროვანი</p>	<p>>2მმ-ზე>25% >0,5მმ-ზე>50% >0,25მმ-ზე>50% >0,1მმ-ზე ≥75%-ის >0,1მმ-ზე<75%</p>

ბრიტანული სტანდარტებით (BS-1377-2-99) წვრილმარცველოვანს მიეკუთვნება გრუნტი, რომლის ფრაქციები >2მმ≤10%-ის. საშუალომარცველოვანს >20მმ≤10%-ის (>2მმ>10%-ის), მსხვილმარცველოვანს >20მმ>10%-ზე (37,5 მმ≤1%-ის).

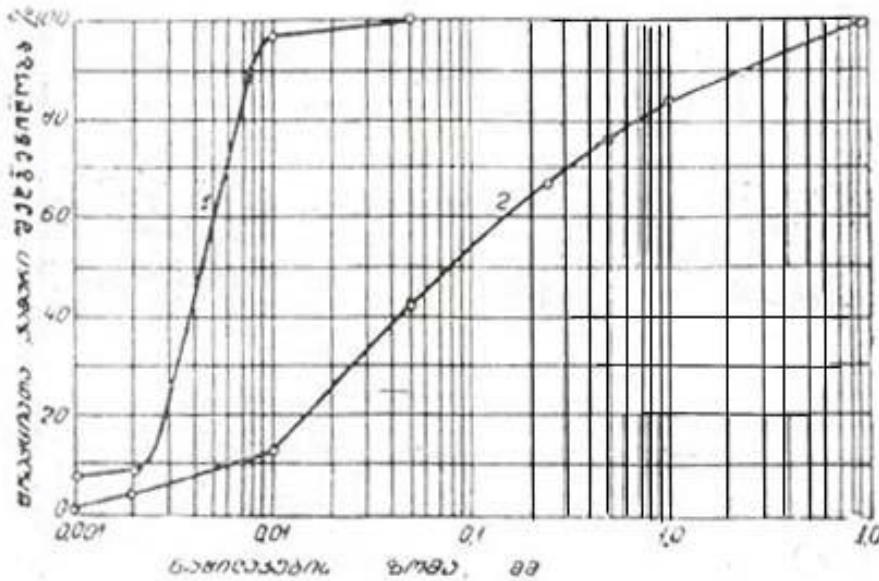
თიხოვანი ქანების კლასიფიკაცია გრანულომეტრიული შედგენილობის მიხედვით

ქ ა ნ ე ბ ი	თიხური ფრაქციის შემცველობა, %	შ ე ნ ი შ ე ნ ა
მძიმე თიხა	>60	დარჩენილი მტვროვანი და ქვიშური ფრაქციების პროცენტული შემცველობის მიხედვით, როდესაც ქვიშას მტვროვანი ფრაქცია სჭარბობს, ქანის დასახელებას წინ ემატება სიტყვა მტვროვანი (მაგ მძიმე მტვროვანი თიხა)
თიხა	30-60	
თიხნარი მძიმე	20-30	
საშუალო	15-20	
მსუბუქი	10-15	
ქვიშნარი მძიმე	6-10	
მსუბუქი	3-6	

თიხოვან ქანებში მსხვილნატეხოვანი (>2 მმ) ფრაქციების 15-25%-ის შემცველობის დროს ქანის დასახელებასთან ერთად მიეთითება შემავსებელი, მაგ. ხრეშით, კენჭებით და ა. შ. 25-50%-ის შემთხვევაში – ხრეშიანი, კენჭებიანი და ა. შ. >50%-ის დროს ქანი მსხვილნატეხოვანს მიეკუთვნება.

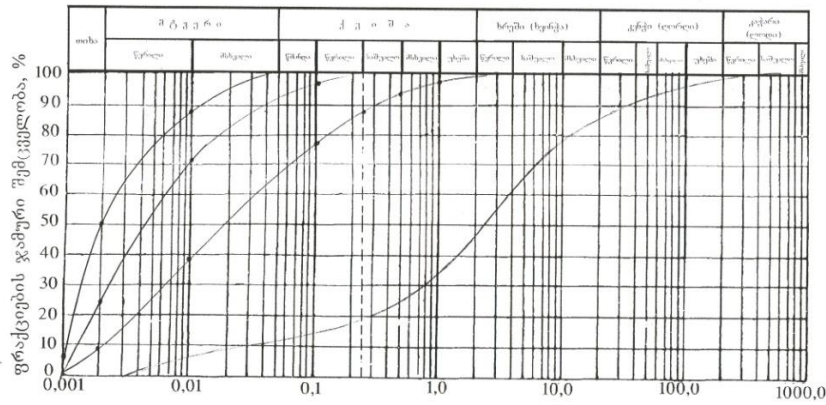
თიხური და ნატეხოვანი ქანების შემცველობის თვალნათლივ წარმოდგენის მიზნით ქვემოთ განვიხილავთ საინჟინრო-გეოლოგიურ პრაქტიკაში შედგენილობის გამოხატვის ყველაზე მიღებულ გრაფიკულ ხერხებს. ერთ-ერთი ასეთი ხერხია ინტეგრალური მრუდი ნახევრად ლოგარითმულ მასშტაბში (ნახ. 6.5.) ინტეგრალური მრუდის ორდინატთა ღერძზე აჩვენებენ ფრაქციათა ჯამურ პროცენტულ შემცველობას, აბსცისთა ღერძზე – გარკვეული სკალის ფუძედ (ყველაზე ხშირად lg10 შეესაბამება 4სმ) შერჩეულ ნაწილაკთა ზომის ლოგარითმების (გრაფიკის ნაკლებად გაჭიმვის გამო) პროპორციულ სიდიდეებს. აბსცისთა ან ორდინატთა

დერძებიდან მართობების აღმართვით მრუდის გადაკეთამდე შეიძლება განისაზღვროს ნებისმიერი დიამეტრის ფრაქციის პროცენტული შემცველობა ან პირიქით. ინტეგრალური მრუდითვე შეიძლება არაერთგვაროვნების ხარისხის დადგენა არაერთგვაროვნების კოეფიციენტით (C_u), რომელიც არის d_{60} (ე.წ. საკონტროლო დიამეტრი), და d_{10} - (მოქმედი ანუ ეფექტური დიამეტრი), ე.ი. 60 და 10%-ზე ნაკლებ ფრაქციათა რაოდენობის ფარდობა. არაერთგვაროვნად ითვლება ქანი, როდესაც ქვიშოვანი ქანების არაერთგვაროვნების კოეფიციენტი ≥ 3 -ისა.



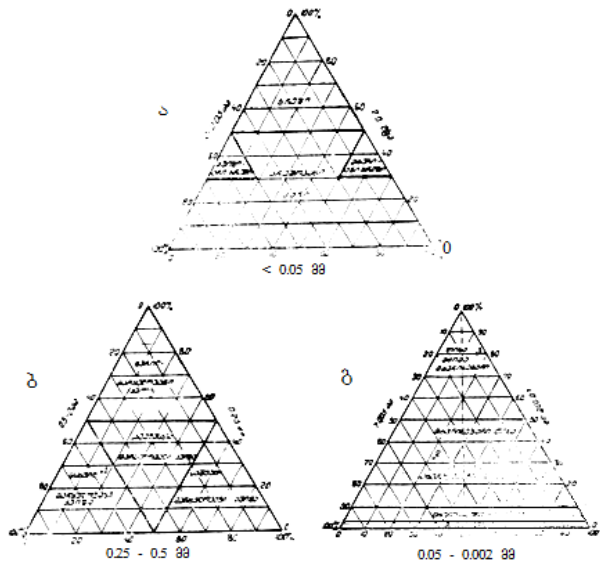
ნახ. 6.5. თიხოვანი ქანების გრანულომეტრიული შედგენილობის ინტეგრალური მრუდები ნახევრად ლოგარითმულ მასშტაბში: 1-ერთგვაროვანი; 2-არაერთგვაროვანი.

ინტეგრალურ მრუდზე (ნახ. 6.6.) ფრაქციების გრადაციის ჩვენებით შესაძლებელია განისაზღვროს არამარტო ნებისმიერი დიამეტრის ფრაქციის ჯამური პროცენტული შემცველობა და შესაბამისი ფრაქციების ზომა, არამედ სწრაფადვე დავადგინოთ ქანის სახე და თითოეული ფრაქციის რაოდენობა გრუნტის შედგენილობაში.



ნახ. 6.6. ქანის სახის დასადგენი გრანულომეტრიული შედგენილობის დიაგრამა

გრანულომეტრიული შედგენილობის მონაცემების მნიშვნელოვანი რაოდენობის გამოსახვისათვის იყენებენ ტოლგვერდა სამკუთხედებს (ნახ. 6.7), რომელიც იძლევა სხვადასხვა ფრაქციის – ფხვიერი და თხივანი ქანების პროცენტული შემცველობის გამოსახვისა და მათი კლასიფიცირების საშუალებას.



ნახ. 6. 7. ქანების გრანულომეტრიული შედგენილობის გამოსახვის სამკუთხედიანი დიაგრამები: ა – ხრეშოვანი ქანების; ბ – ქვიშოვანი ქანების; გ – თხივანი ქანების.

ცნობილია, რომ ტოლგვერდა სამკუთხედის ნებისმიერი წერტილიდან მის გვერდებზე დაშვებული მართობოთა სიგრძეების ჯამი სამკუთხედის სიმაღლის ტოლია. ამიტომ, თუ სამკუთხედის გვერდებს დაეყოს თანაბარ ნაწილად და მის ყოველ გვერდზე ვუჩვენებთ სამი ძირითადი ფრაქციის პროცენტულ შემცველობას, შეიძლება სამკუთხედში წერტილებით გამოვსახოთ ქანის შედგენილობა. თუ ქანის შედგენილობა ერთგვაროვანია, წერტილები თავმოყრილი იქნება გარკვეულ ადგილებში, არაერთგვაროვნების შემთხვევაში კი – გაფანტული.

VI. 2. თიხოვანი ქანების მინერალური შედგენილობის განსაზღვრა

თიხოვანი ქანების მინერალური შედგენილობის განსაზღვრა წყალთან მათი ურთიერთქმედების ხასიათის მიხედვით

მოცემულ თავში თიხური მინერალების შედგენილობის დადგენა ემყარება სხვადასხვა ტიპის თიხური მინერალების წყალთან დამოკიდებულების თავისებურებებს: გაფუების რიცხვითი მახასიათებლის, სითხის შეწოვის სიჩქარის, დაღობობისა და წერილდისპერსიული ფრაქციის გამოშრობის ხასიათის შესწავლას. ეს მეთოდები მარტივია შესასრულებლად, რაც იძლევა მისი გამოყენების საშუალებას როგორც საველე, ისე ლაბორატორიულ პირობებში. ამიტომ, თიხოვანი ქანების წყალთან ურთიერთქმედების შესწავლა საველე-ვიზუალურ აღწერასთან და შეფერვის მეთოდთან ერთად (განხილულია შემდეგ თავში) შეიძლება დიდი წარმატებით იქნეს გამოყენებული თიხოვანი ქანების მინერალური შედგენილობის წინასწარი დიაგნოსტიკისათვის.

გაფუება. გაფუების რიცხვითი მახასიათებლის განსაზღვრით შეიძლება დაავადინოთ თიხური მინერალების შედგენილობა. ამისათვის ბ. გუმენსკიმ შემოგვთავაზა შემდეგი მეთოდი: 10 სმ³ მოცულობის მენზურაში საჭიროა მოვათავსოთ 2 სმ³ დატკეპნილი, ჰაერზე გამომშრალი და 1 მმ-იან საცერში გატარებული გრუნტი. ნიმუშს ვასხამთ მცირე რაოდენობით დისტილირებულ წყალს, ვზელთ წანაცხების მოცილებამდე. თიხური ნაწილაკების კოაგულაციის მიზნით ვუმატებთ 1 სმ³ 5.5%-იან CaCl₂-ის ხსნარს, ვათავსებთ მენზურაში და 5-6 საათის შემდეგ ვსაზღვრავთ ნალექების მოცულობას.

კოალინტიანი თიხების მოცულობა საწყის მოცულობასთან შედარებით დაახლოებით სამჯერ მეტი უნდა იყოს, ჰიდროქარსებისა – ცხრაჯერ, გაფუებადი მონტრორილონიტისა (ნატრიუმიანი) – ორმოცამდე. რაც შეეხება არაგაფუებადს (კალციუმიანს), თითქმის არ იმატებს მოცულობაში.

შეწოვა. “წვეთის შეწოვის” – კონგის მეთოდი ემყარება განსხვავებული მინერალური შემადგენლობისა და წარმოშობის თიხური ქანების მიერ სითხის შეწოვის სხვადასხვა სიჩქარეს.

კვლევისათვის საჭიროა ავიღოთ ჰაერზე გამომშრალი 2x2x1სმ ნიმუში გავშლიფოთ ჯერ უხეში და წმინდა ზუმფარის ქაღალდით, ბოლოს კი მქრქალ მიწაზე 5-8 წუთის განმავლობაში წრიული მოძრაობებით. გაშლიფული წახნაგი

გადავწმინდოთ ფუნჯით და დავაწვეთოთ დისტილირებული წყლის წვეთი, აღვნიშნოთ წვეთის ზომა და ზედაპირის ფორმა შეწოვამდე და შეწოვის შემდეგ.

კაოლინიტიანი თიხებზე წვეთს აქვს ამობურცული ფორმა. იგი სწრაფად – 0,5-3,5 წუთის განმავლობაში შეიწოვება, ამის შემდეგ რჩება მცირე ზომის გლუვი, მომრგვალებული ზედაპირი.

მონტმორილონიტიანი თიხები წყალს იწოვს შედარებით ნელა – ოთხიდან ათეულ წუთამდე. წვეთს აქვს ბრტყელი ფორმა არასწორი დაკლაკნილი კონტური. შეწოვის შემდეგ ზედაპირი, განსაკუთრებით გაჯირჯევადი მონტმორილონიტისა, ფუვდება.

ჰიდროქარსიანი თიხები, წყლის შეწოვის თვალსაზრისით, შუალედურია. ნიმუშზე დაწვეთებულ წყალს აქვს კაოლინიტთან შედარებით ნაკლებად ამობურცული ზედაპირი, ხოლო წყლის შეწოვის შემდეგ, ნაკლებად დაკლაკნილი ზედაპირი, ვიდრე მონტმორილონიტს.

დაღობა. დაღობა ემყარება თიხური მინერალების წყალმედვობის უნარს. ამისათვის ჰაერზე გამომშრალ ქანს ვათავსებთ ფაიფურის ჯამში, ვასხამთ იმდენ წყალს, რომ დაიფაროს და ვაკვირდებით მისი მდგომარეობის ცვლილების პროცესს.

კაოლინიტიანი თიხა სწრაფად იშლება და წარმოქმნის პატარა კონუსს. ნატრიუმიანი მონტმორილონიტიანი თიხები დაღობისას ფუვდება და დიდხანს ინარჩუნებს ფორმას. 1-2 საათის შემდეგ მთლიანად იწოვს წყალს და აუცილებელი ხდება მისი დამატება. არაგაფუვებადი მონტმორილონიტი თითქმის არ განიცდის დაღობას.

ჰიდროქარსიანი თიხები წარმოქმნის დამრეც კონუსს და იშლება კომტებად, წვრილ ქერცლებად ან ფირფიტებად.

წვრილდისპერსიული ფრაქციის გაშრობა. წვრილდისპერსიული ფრაქციის (<1 მმ) გაშრობით ნიმუშის ზედაპირის ხასიათის მიხედვით შეიძლება სხვადასხვა ტიპის თიხური მინერალების დადგენა. გაშრობისას კაოლინიტიანი თიხები წარმოქმნის მქრქალ, ხშირად არასწორ ზედაპირს, ჰიდროქარსები – ბრჭყვიალა უბზარო ზედაპირს. ორგანული ნივთიერების შემცველობის შემთხვევაში წარმოიქმნება თხელი დამსკდარი აკვი. ნატრიუმიანი მონტმორილონიტიანი თიხები გაშრობისას ძაალიან იკლებს მოცულობაში, გაჭიმულ ნაპირებში იძლევა დაგრეხილ ფირფიტებს. კალციუმიანი მონტმორილონიტებს აქვს გლუვი ზედაპირი რამდენიმე ბზარით.

შეფერვის მეთოდი

ქანების მინერალური შედგენილობის განსაზღვრა შეფერვის მეთოდით ემყარება ზოგიერთ ორგანულ საღებავში სხვადასხვა ნაწილაკების განსხვავებულად შეფერვას.

მეტწილად შეფერავენ ღია ფერის თიხოვან და ქვიშა-თიხოვან ქანებს. ძლიერ მარილიანი, კარბონატული, ორგანულნაერთებიანი და რკინის ქანგიანი თიხები შეიძლება განისაზღვროს მხოლოდ მინარევების მოშორების შემდეგ.

ძლიერ მარილიან ქანებს წინასწარ რეცხავენ წყალში, ხოლო კარბონატულს 24 საათის განმავლობაში აყოვნებენ 2%-იან HCl-ში. ორგანული ნივთიერებები თიხიდან შეიძლება გამოიღვენოს 6-დან 16%-მდე კონცენტრაციის წყალბადის ზეჟანგის ხსნარში 24⁰, 40⁰, 70⁰C ტემპერატურაზე 90 წუთის განმავლობაში დაყოვნებით.

თავისუფალი რკინის ქანგის გამოსაყოფად კაოლინიტიან და მონტმორილონიტიან თიხებს ამუშავებენ 3%-იანი მუაუნმუავას ხსნარით ლითონური ალუმინის თანხლებით, Fe₂O₃-ის შემცველობიდან გამომდინარე 40-80⁰C ტემპერატურაზე 20, 40, 60 წუთის განმავლობაში. ჰიდროქარსიანი თიხების ასეთი დამუშავება უნდა მოხდეს ერთი საათის განმავლობაში 40⁰ C ტემპერატურაზე.

მინერალური შედგენილობის დასადგენად საღებავებიდან ყველაზე ფართოდ გამოიყენება 0.001%-იანი მეთილენის ცისფერი (ძირითადი საღებავი). 0.0001%-იან ქრიზოიდინს და ბენზიდინს იყენებენ შეფერვის შედეგების დასაზუსტებლად.

ცდისათვის სუფთა სინჯარაში ასხამენ 5 მლ სუსპენზიას, უმატებენ ამავე რაოდენობის მეთილენის ცისფერს, ანჯღრევენ, გადმოსხამენ ნახევარს სხვა სინჯარაში, უმატებენ 2 წვეთ KCl-ის გაჯერებულ ხსნარს, ორივე სინჯარას ანჯღრევენ და დღე-ღამის შემდეგ უკვირდებიან სუსპენზიის შეფერვის ხასიათს.

კაოლინიტი მეთილენის ცისფერში ღია იისფერია, ჰიდროქარსი მოიისფროლურჯი და ლურჯი, მონტმორილონიტი – იისფერი, იისფერ-ლურჯი და ლურჯი.

KCl-იან სინჯარაში კაოლინიტის ფერი არ იცვლება, ჰიდროქარსი იცვლება მცირედ, მონტმორილონიტი იღებს მოიისფრო და მომწვანო ცისფერ შეფერილობას.

ღიაგროხის დასაზუსტებლად სუსპენზიას ღებავენ ბენზიდინით. 2 მლ-იან სუსპენზიას უმატებენ ამავე რაოდენობის ბენზიდინს, ანჯღრევენ და დღე-ღამის შემდეგ აკვირდებიან.

კოლინიტიანი თიხები ბენზიდინით არ იღებება, ზოგჯერ უმნიშვნელო შედეგზე განპირობებულია სხვა თიხური მინერალების შერევით. მონტმორილონიტიანი თიხები ბენზიდინით მუქ ლურჯად იღებება, ჰიდროქარსები ჭუჭყიანი ლურჯი და მონაცისფრო-ლურჯია.

ქრიზოიდინის გამოყენებისას ორ სინჯარაში იღებენ 1 მლ დამზადებულ სუსპენზიას და იმავე რაოდენობის ქრიზოიდინის ხსნარს. ერთ-ერთ სინჯარაში სუსპენზიის დაღეკვის დასაჩქარებლად ამატებენ 2-3 წვეთ 5%-იან KCl-ს. მონტმორილონიტის თიხებით დამზადებული სუსპენზია იღებება აგურისფერ-წითლად. KCl-ის დამატება იწვევს კოაგულაციას და ხსნარის გაუფერულებას. კოლინიტისა და ჰიდროქარსიანი თიხების სუსპენზია ქრიზოიდინის მოქმედებით იღებს ღია ყვითელ ფერს, რომელიც შეიძლება გაირეცხოს წყლით, რასაც ვერ მივაღწევთ მონტმორილონიტიანი თიხების შეფერვის შემთხვევაში.

შეფერვის მეთოდი არ საჭიროებს ძვირადღირებულ რეაქტივებს, მარტივია შესასრულებლად, რაც იძლევა მისი გამოყენების საშუალებას, როგორც საველე, ასევე ლაბორატორიულ პირობებში.

იმერსიული მეთოდი

იმერსიული მეთოდით თიხური მინერალების შედგენილობის დადგენა ემყარება კრისტალების ოპტიკურ თვისებებს, კერძოდ, პოლარიზაციულ მიკროსკოპში სინათლის სხივის გარდატეხის მაჩვენებლის განსაზღვრას.

ქანის ნაწილაკების მიკროსკოპიული კვლევის დროს იყენებენ წინასწარ ცნობილი გარდატეხის მაჩვენებლების (1.40 - 1.79) მქონე 100-მდე სითხეს ე.წ. იმერსიულ სითხეებს.

ცდისათვის სუსპენზიიდან იღებენ სინჯს, აშრობენ 35°C-ზე, თხელი ფენა გადააქვთ სასაგნე მინაზე და სინჯავენ პოლარიზაციული მიკროსკოპით. სინათლის სხივის გარდატეხის მაჩვენებლებით ადგენენ მინერალის ტიპს.

დიაგნოსტიკის დროს იღებენ ორ ისეთ სითხეს, რომელთაგან ერთს აქვს საკვლევ მინერალზე მეტი გარდატეხის მაჩვენებელი, ხოლო მეორეს – ნაკლები.

ჰიდროქარსებისათვის გარდატეხის მაჩვენებელი მერყეობს 1.555 - 1.600-ის ფარგლებში, კოლინიტისათვის 1.561 - 1.570-ია, ხოლო მონტმორილონიტისათვის - 1.480 - 1.510-ის.

ელექტრონული მიკროსკოპის მეთოდი

როგორც კვლევებით დადგინდა, თიხური ქანების თვისებები მნიშვნელოვნად არის განპირობებული წმინდა დისპერსიული ნაწილაკების შემადგენლობით, რომლის ზუსტი დიაგნოსტიკისათვის აუცილებელია გამოვიყენოთ ელექტრომიკროსკოპი, სტრუქტურული (რენტგენო- და ელექტროგრაფიული) და თერმული ანალიზები.

თიხური მინერალების ძირითადი ჯგუფები ხასიათდება გარკვეული მორფოლოგიური ნიშნებით (ნახ. 6.8), რაც საფუძვლად უდევს ელექტრონული მიკროსკოპის საშუალებით გადაღებული სურათების გაშიფვრას და ქანის შედგენილობის განსაზღვრის პრინციპს.

ელექტრონული მიკროსკოპით 25-ათასჯერ და მეტად გადიდებით, საზღვრავენ წვრილდისპერსიულ ქანებს, რომლის ფრაქციები, ზომის სიმცირის გამო, ძნელად შეისწავლება ჩვეულებრივი მიკროსკოპით. მიკროსკოპში გამოსახულების გასაღებლად იყენებენ ელექტრომაგნიტური ღინზების სისტემას, ხოლო გასაშუქებლად – ელექტრონების მიმართულ ნაკადს.

კაოლინიტის ჯგუფის ძირითადი მინერალებია: კაოლინიტი, გალუაზიტი, დიკიტი და ნაკრიტი, რომელთაც აქვთ დაახლოებით ერთნაირი ქიმიური შედგენილობა და, ძირითადად განსხვავდებიან სტრუქტურითა და ფიზიკური თვისებებით.

აღნიშნული მინერალებიდან ყველაზე კარგად შესწავლილია კაოლინიტი. კარგად დაკრისტალბულ კაოლინიტს აქვს ოდნავ გაწეილი ექვსკუთხედის ფორმა, ტოლი მოპირდაპირე კუთხეებით. ზოგჯერ მიკროსკოპში გვაქვს კაოლინიტის იზომეტრიული ფორმები, რაც შეიძლება აიხსნას ალუმოკაჟმჟავას არასრული კრისტალიზაციით ან გადაღეჭვის პროცესში დაკრისტალბული ფორმების ნაწილობრივი ან სრული დაშლით.

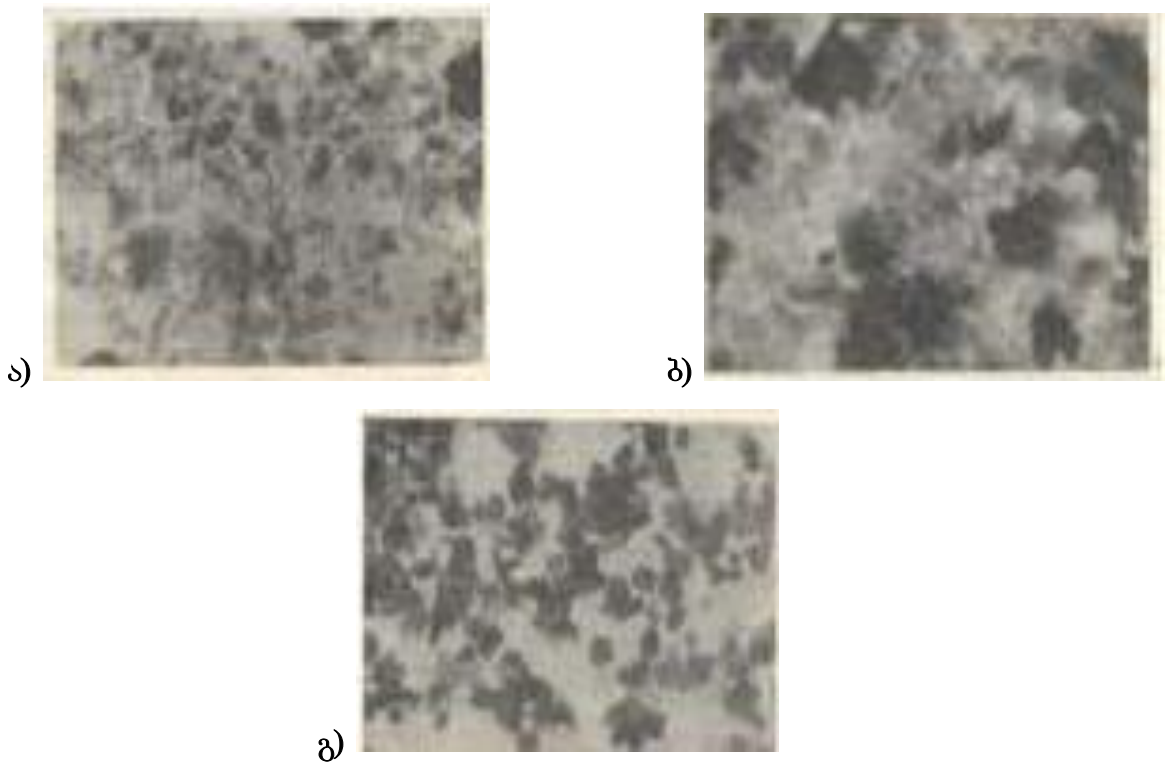
მიკროსკოპში გალუაზიტს ჩხირისებრი ფორმა აქვს, შუა ნაწილში გამონაშუქით, რაც მიუთითებს მის მილაკისებრ აღნაგობაზე.

ელექტრონულ მიკროსკოპში ჩვეულებრივ ჩანს მონტმორილონიტის არა ცალკეული ელემენტარული ნაწილაკები, არამედ სხვადასხვა ზომის აგრეგატები, არამკვეთრი აწეილი გარშემოწერილობით. ნატრიუმიან მონტმორილონიტებს აქვთ ნაწილაკების უმცირესი ზომები. შთანთქმული კალციუმის არსებობისას მონტმორილონიტის ნაწილაკები კომპაქტური კოსტების გროვების სახითაა. რკინიანი მონტმორილონიტი – ნონტრონიტი წავრქელებული ნაფოტისებური ფორმისაა და, ბუნდოვანი მოხაზულობა აქვს, მაგნეზური – გექტორიტი მიკროსკოპში ჩანს

ბოჭკოვანი არამკვეთრი მოხაზულობის აგრეგატად. ქრომულ მონტმორილონიტს – ვოლკონსკოიტს აქვს გუნდისმაგვარი ფორმა და შედგება თხელი ფირფიტებისა და ბოჭკოებისაგან.

ჰიდროქარსების ჯგუფი ქარსების ჰიდრატაციის პროდუქტია და უკავია შუალედური მდგომარეობა კაოლინიტსა და მონტმორილონიტს შორის. ჰიდროქარსების კრისტალური მესერი წააგავს მონტმორილონიტისას, მიკროსკოპში აქვს ფირფიტისებური იზომეტრიული, ზოგჯერ მკვეთრი მოხაზულობის ოდნავ წაგრძელებული ფორმები.

ელექტრონული მიკროსკოპის საშუალებით შეიძლება დადგინდეს ამა თუ იმ მინერალების არსებობა. ასე, მაგალითად, რკინის ქანგები მოჩანს წვრილი შავი წერტილების სახით, ანდა წარმოქმნის ჯვრისებურ და ვარსკვლავისებურ კრისტალებს. კალციტის მარცვლებს აქვს გაუმჭვირვალე, ზოგჯერ ოდნავ მომრგვალო რომბისებური სახე. პირიტს შავი წვრილი კუბების ფორმა და ა.შ.



ნახ. 6.8. თიხოვანი მინერალების სურათები ელექტრონულ მიკროსკოპში.
 ა - კაოლინიტი; ბ – მონტმორილონიტი; გ - ჰიდროქარსი.

სტრუქტურული ანალიზი

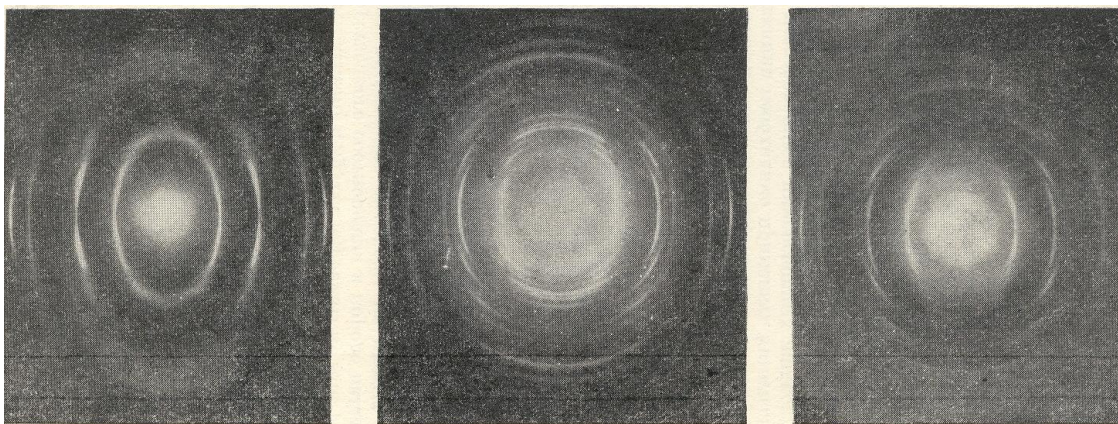
(რენტგენოგრაფიული და ელექტრონოგრაფიული)

მინერალის ყველაზე ზუსტი დიაგნოსტიკა შესაძლებელია რენტგენული და ელექტრონოგრაფიული დიფრაქციული სურათებით – დებაეგრამებით. აღნიშნული მეთოდებით მინერალის განსაზღვრის პრინციპი ემყარება მათი კრისტალებით

რენტგენის სხივებისა და ელექტრონული ტალღების დიფრაქციის მოვლენის გამოყენებას.

თითოეულ მინერალს აქვს განსაზღვრული დამახასიათებელი სტრუქტურა და შესაბამისად თავისი ელემენტარული უჯრედი, რომელიც შეიძლება განისაზღვროს მიღებულ დებაეგრამებზე კრისტალური მესრის სიბრტყეთა შორის მანძილით.

ელექტრონოგრამები (ნახ. 6.9) საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ ატომთა მდებარეობაც. თუ შესასწავლი მინერალი შეიცავს მინარევებს, მაშინ გამოსახულებაზე გვექნება რამდენიმე დიფრაქციული სურათი და გამოთვლის შედეგად მივიღებთ რამდენიმე ელემენტარულ უჯრედს.



ნახ. 6.9. თიხოვანი მინერალების ელექტრონოგრამები:
ა – კაოლინიტი; ბ – ჰიდროქარსები; გ – მონტმორილინიტი

თერმული ანალიზი

თერმული ანალიზის მეშვეობით თიხოვანი ქანების მინერალური შედგენილობის დადგენა ემყარება სითბურ ეფექტს, რომელიც თან სდევს გახურებისას თითოეული მინერალის ფიზიკურ-ქიმიურ გარდაქმნას.

პროცესის შესწავლა ხდება თერმოდუმელში გახურების შედეგად თერმოწყვილის – თერმინერტულ ნივთიერებასა (Al_2O_3 , MgO) და გამოსაცდელ ნიმუშს შორის ტემპერატურათა სხვაობის მრუდების გაშიფვრის საშუალებით. გახურება მიმდინარეობს 20 – 1100-1200°C-ის ინტერვალში, ყოველ 100°C-ზე ტემპერატურათა სხვაობის ავტომატური ჩაწერით.

ტემპერატურული რეაქციები გახურების მრუდზე ფიქსირდება: სითბოს შთანთქმის (ენდოთერმული რეაქცია) შემთხვევაში ქვემოთ, ხოლო სითბოს გამოყოფისას (ეგზოთერმული რეაქცია) – ზემოთ მიმართული პიკებით.

სითბოს შთანთქმის რეაქცია ნიმუშში მიმდინარეობს სხვადასხვა სახის წყლის დაკარგვით, მინერალების კრისტალური მესრის დაშლითა და მისი ამორფიზაციით, სითბოს გამოყოფა – დაშლილი ამორფული ნივთიერებების გადაკრისტალებით და ახალი ნივთიერებების წარმოქმნით.

მინერალების თვითოეულ კლასს აქვს მხოლოდ მისთვის დამახასიათებელი ინდივიდუალური ენდოთერმული და ეგზოთერმული ეფექტები, რაც საშუალებას იძლევა, მოვახდინოთ ყველაზე ფართოდ გავრცელებული თიხოვანი და კარბონატული მინერალების ტიპის დიაგნოსტიკა (ნახ. 6.10).

კაოლინიტის დიფერენციალური მრუდი ხასიათდება ერთი ინტენსიური ენდოთერმული რეაქციით $550-610^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე, რაც დაკავშირებულია კონსტიტუციური წყლის გამოყოფასა და კრისტალური მესრის დაშლასთან. ეგზოთერმული რეაქციები მიმდინარეობს $925-1000^{\circ}$ და 1200°C ტემპერატურებზე, რაც განპირობებულია კაოლინიტის დაშლილი პროდუქტების კრისტალიზაციითა და ახალი მინერალების – მულიტისა და კრისტობალიტის წარმოქმნით.

ზოგჯერ, როდესაც კაოლინიტის ნაწილაკები სუსტად დაკრისტალებულია, შეიმჩნევა ადსორბირებული წყლის გამოყოფის შედეგად კიდევ ერთი ენდოთერმული რეაქცია 150°C ტემპერატურაზე.

გახურებისას მონტმორილონიტის ჯგუფის თიხებს აქვს სამი ენდოთერმული რეაქცია. პირველი – ძლიერ ინტენსიური $110-200^{\circ}\text{C}$ -ზე, რომელიც შეესაბამება ადსორბირებული წყლის გამოყოფას; მეორე რეაქცია ნაკლებად ინტენსიურია, ვიდრე პირველი, დაკავშირებულია კონსტიტუციური წყლის გამოყოფასა და კრისტალური მესრის დაშლასთან, იწყება დაახლოებით $450-500^{\circ}\text{C}$ -ზე მაქსიმუმი სხვადასხვა მონტმორილონიტს აქვს $500-800^{\circ}\text{C}$ -ზე და ოდნავ მეტ ტემპერატურაზე, მესამე – მცირე ენდოთერმული რეაქცია $800-900^{\circ}\text{C}$ -ზე, შეესაბამება კრისტალური მესრის საბოლოო დაშლას და მონტმორილონიტის ამორფიზაციას.

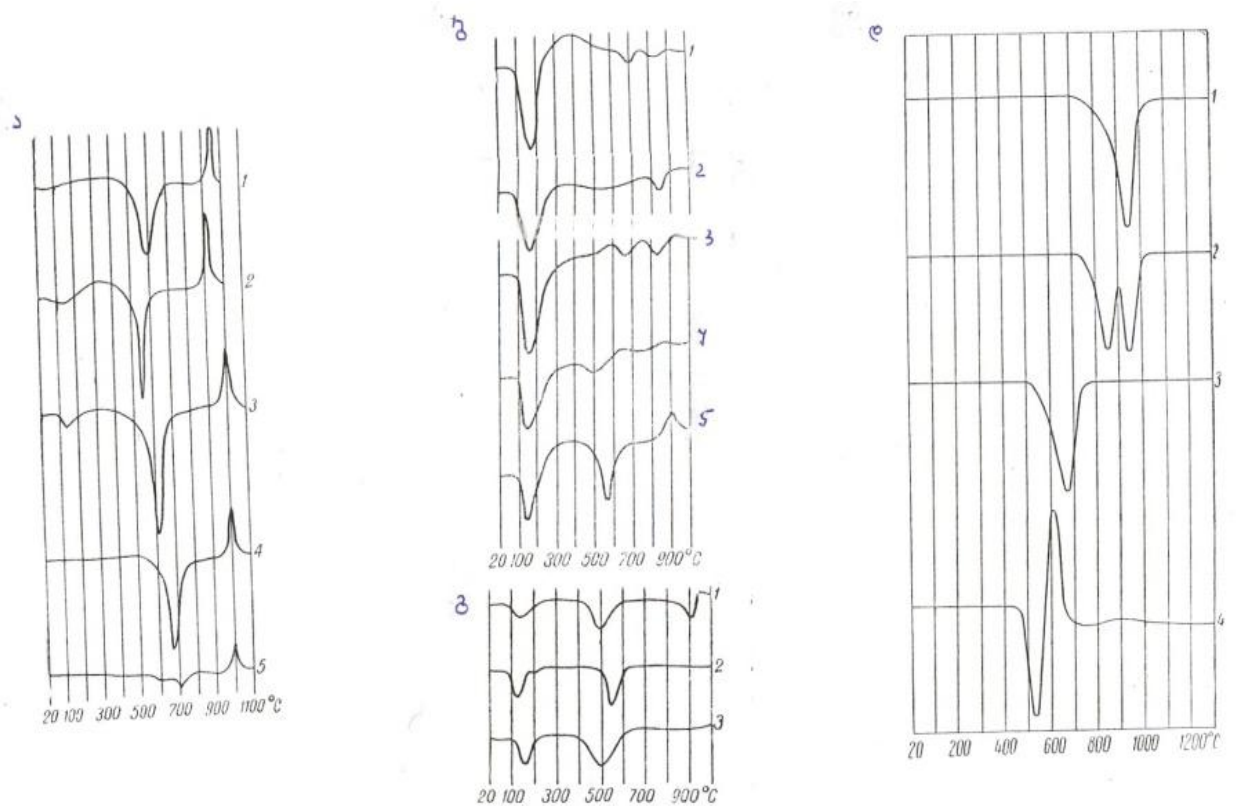
ალუმინიან მონტმორილონიტს $1000-1100$ და 1200°C -ზე ამორფული ნივთიერების კრისტალიზაციისა და ახალი მინერალების – შპინელისა და მულიტის წარმოქმნის შედეგად ზოგჯერ სუსტად გამოხატული ეგზოთერმული რეაქციები აქვს.

ხანდახან $220-240^{\circ}\text{C}$ -ზე გაცვლითი კათიონებისა და წყლის მოშორების ხარჯზე შეიმჩნევა ძალიან სუსტად გამოხატული კიდევ ერთი ენდოთერმული ეფექტი.

ჰიდროქარსებში გახურებისას დაიკვირვება სამი ენდოთერმული და ერთი ეგზოთერმული რეაქცია. პირველი ენდოთერმული რეაქცია აღინიშნება $100-200^{\circ}\text{C}$ -

ზე და გამოწვეულია ადსორბირებული წყლის დაკარგვით, ჩვეულებრივ უფრო მცირეა, ვიდრე მონტმორილონიტისა. მეორე ენდოთერმული რეაქცია გვაქვს 550-650°C-ზე. ის განპირობებულია კრისტალიზაციური წყლის დაკარგვით და მინერალის სტრუქტურის ნაწილობრივი ცვლილებით. მისი ინტენსიურობა მეტია, ვიდრე პირველისა. მესამე ენდოთერმული რეაქცია მიმდინარეობს 850-950°C-ზე და დაკავშირებულია მინერალის სტრუქტურული კავშირის სრულ რღვევასთან.

900-1000°C-ზე მიმდინარე ეგზოთერმული რეაქცია ჰიდროქარსების დაშლისა და ახალი მინერალების კრისტალიზაციის შედეგია. იგი ხშირად სუსტადაა გამოხატული, ზოგჯერ კი საერთოდ არ შეიმჩნევა.



ნახ.6.10. თიხოვანი და კარბონატული მინერალების გახურების დიფერენციალური მრუდები: ა, ბ, გ - თიხური მინერალები; დ - კარბონატული მინერალები. ა - კაოლინიტის ჯგუფი: 1 - მსხვილ-მარცვლოვანი კაოლინიტი; 2 - წვრილდისპერსიული კაოლინიტი; 3 - გალუაზი; 4 - დიკიტი; 5 - ნაკრიტი; ბ - მონტმორილონიტის ჯგუფი: 1 - ასკანა; 2 - გუმბრინი; 3 - მონტმორილონიტი; 4 - ნონტრონიტი; 5 - ბეიდელიტი. გ - ჰიდროქარსების ჯგუფი: 1 - ჰიდროქარსი; 2 - ჰიდრომუსკოვიტი; 3 - გალაუკონიტი. დ - კარბონატული მინერალები: 1 - კალციტი; 2 - დოლომიტი; 3 - მაგნეზიტი; 4 - სიდერიტი.

VI.3. კარბონატული ქანების მინერალური შედგენილობის შესწავლა თერმული და ქიმიური ანალიზებით

კარბონატული ქანების მინერალური შედგენილობის შესწავლისათვის წარმატებით გამოიყენება თერმული ანალიზი. თითოეულ კარბონატულ მინერალს, როგორც თიხებს, აქვს მისთვის დამახასიათებელი ენდო- და ეგზოთერმული ეფექტები (ნახ. 6.10). კალციტისა და მაგნეზიტისათვის დამახასიათებელია ერთი ენდოთერმული ეფექტი შესაბამისად 900° და $570-650^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურებზე, დოლომიტისათვის ორი – $710-770^{\circ}\text{C}$ და $880-900^{\circ}\text{C}$ -ის ინტერვალებში.

ქიმიური ანალიზიდან კარბონატული ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური შესწავლის პრაქტიკაში უმეტესად იყენებენ მარილმჟავიანი გამონაწურის ანალიზს. ამისათვის სანაყში დაფხვნილ და თერმოსტატში $100-105^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე მუდმივ წონამდე დაყვანილ $0,5-1$ გ წონაკს ათავსებენ ქიმიურ ჭიქაში, ასხამენ ქანთან შედარებით ასჯერ მეტ $2,5\%$ -იან მარილმჟავას და ახურებენ ადუღებამდე ან ადუღებენ 5 წუთის განმავლობაში. გახურების პროცესში პერიოდულად ამღვრევენ, გაზის ბუშტების გამოყოფის შეწყვეტა და გაუხსნელი ნარჩენების შეფერილობის შეუცვლელობა მიუთითებს კარბონატების სრულ დაშლაზე. გაუხსნელ ნაშთს ფილტრავენ, $5-6$ -ჯერ კარგად რეცხავენ ცხელი წყლით, აწრობენ მუდმივ წონამდე და ნიმუშის საწყისი და ნაწრთობი ნაშთის წონათა სხვაობით ანგარიშობენ კარბონატული მარილების რაოდენობას.

VI.4. თიხოვან ქანებში წყალხსნადი მარილების შედგენილობისა და შემცველობის განსაზღვრა

ზოგიერთი კარბონატული, ხშირად კი თიხოვანი ქანი ხსნადი მარილების გამო შეიცავს ბეტონისა და ლითონის კონსტრუქციების მიმართ აგრესიულ მიწისქვეშა წყლებს, რაც აუცილებელს ხდის ქანებში წყალხსნადი მარილების შედგენილობისა და შემცველობის განსაზღვრას. საინჟინრო-გეოლოგიური შეფასების დროს წყალში ადვილად ხსნად მარილებს (ჰალიტი NaCl , სილვინი KCl , მირაბილიტი Na_2SO_4 , სოდა Na_2CO_3) განსაზღვრავენ ქანიდან წყლის გამონაწურის ანალიზით.

წყლის გამონაწური მზადდება ქანის დამარილიანების ხარისხის მიხედვით სანაყში დანაყილი $5-20$ გრამი მშრალი ქანისაგან. დამზადებულ წონაკს ათავსებენ კოლბაში, ასხამენ ქანთან შედარებით 20 -ჯერ მეტ ადუღებულ ცხელ დისტილი-

რებულ წყალს, ახურავენ საცობს, ანჯღრევენ ხელით ან მექანიკურ სარყევზე ან- და დგამენ სუსტად მდულარე წყლის აბაზანაზე და 10-15 წუთის განმავლობაში ხშირი მორევით აყენებენ გამონაწურს. სითხის მთელ მოცულობას ფილტრავენ კოლბაში და წყლის გამონაწურში საზღვრავენ: Na+K-ის, Mg-ის, Ca-ის, SO₄-ის, Cl-ისა და HCO₃-ის შემცველობას, ზომავენ მილიგრამობით 100 გრამ ქანზე ანდა პროცენტობით. გამონაწურის ამოშრობის შედეგად იგებენ მშრალი ნაშთის სიდიდეს.

წყალში ხსნადი მარილების შემცველობის მიხედვით სხვადასხვა ქანის მარილიანობის ზღვრული მაჩვენებლები მოგვყავს VI.7 ცხრილი.

ცხრილი VI.7

ქანების მარილიანობის ზღვრული მაჩვენებლები *

დამარილიანებული ქანები	ჰაერზე გამომშრალ ქანში ადვილად და საშუალოდ ხსნადი მარილების ზღვრული ჯამური პროცენტული შემცველობა
ნახევრადკლდოვანი	2
უხეშნატეხოვანი:	
ქვიშის<40% ან თიხის<30%-ის შემავსებლით	2
ქვიშა>40% შემავსებლით	0.5
თიხა>30%-ის შემავსებლით	5
ქვიშები	0.5
თიხოვანი:	
ქვიშნარები და დაჯდომადი	
თიხნარები (ლიოსები და	1 (0,3 თუ გვაქვს მხოლოდ ადვილად ხსნადი მარილები)
ლიოსისმაგვარი ქანები)	
ქვიშნარები და არადაჯდომადი	5
თიხნარები	
შენიშვნა: ადვილად ხსნადი მარილები: ქლორიდები – NaCl, KCl, CaCl ₂ , MgCl ₂ ; ბიკარბონატები - NaHCO ₃ , Ca(HCO ₃) ₂ , Mg(HCO ₃) ₂ , ნატრიუმის კარბონატი - Na ₂ CO ₃ ; მაგნიუმისა და ნატრიუმის სულფატები - MgSO ₄ , Na ₂ SO ₄ . საშუალოდ ხსნადი – თაბაშირი - Ca SO ₄ ·2H ₂ O. ზღვრულ მაჩვენებლებზე მეტობის შემთხვევაში ქანები მიეკუთვნებიან მარილიანს	

* სახ.სტანდარტი 25 100-82, გვერდი 2.5

VI.5. წყლის აგრესიული ზემოქმედება ბეტონზე

ბეტონის მიმართ წყლის აგრესიულობა ვლინდება წყალში არსებული მარილებისა და აირების ზემოქმედებით ბეტონის დაშლით. ამ რეაქციების ინტენსიურობა, ხასიათი და მიმართულება დამოკიდებულია წყლის ქიმიურ შედგენილობაზე, მათი ურთიერთმოქმედების პირობებზე, ბეტონის ფიზიკურ მდგომარეობაზე და სხვ.

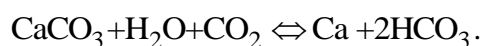
მრავალრიცხოვან დაკვირვებათა მონაცემების მიხედვით ირკვევა, რომ აგრესიული ზემოქმედება ბეტონზე მიმდინარეობს ორი მიმართულებით: 1 – ბეტონის ცემენტის შემადგენელი ნაწილის გახსნითა და გამორეცხვით; 2 – მის ფორებში ახალი ნაერთების წარმოქმნითა და კრისტალიზაციით.

პირველი ჯგუფის პროცესებში – ბეტონის კოროზიაში, დიდ როლს ასრულებს წყალში თავისუფალი ნახშირორჟანგის არსებობა, რომელიც იწვევს ბეტონში კალციუმის კარბონატის გახსნას, გამოტანასა და მისი მდგრადობის შემცირებას.

პროცესების მეორე ჯგუფი განპირობებულია წყალში არსებული სულფატური მარილების, ძირითადად თაბაშირის მავნე ზემოქმედებით ბეტონზე. დადგენილია, რომ ცემენტში შემცველ კირზე სულფატების მოქმედებით წარმოიქმნება თაბაშირი. კირის გადასვლა თაბაშირში იწვევს ბეტონის ფორებში თაბაშირის კრისტალიზაციას და მოცულობის ზრდას, რაც არღვევს ბეტონის მონოლითურობას, იწვევს მისი სიმტკიცის შემცირებას და დაშლის პროცესის შემდგომ გააქტიურებას.

წყალში სულფატის შემცველობა, გარდა ბეტონის დაშლისა, იწვევს აქტიურ კოროზიულ ზემოქმედებას ლითონის კონსტრუქციის სხვადასხვა ელემენტებზე, რაც თვალსაჩინოდ ვლინდება საძირკვლებში, სხვადასხვა დანიშნულების მიწისქვეშა ნაგებობებსა და კომუნიკაციებში ამ ლითონის კონსტრუქციის ელემენტების ხარისხისა და ექსპლუატაციის ვადების შემცირებით.

ბეტონის კოროზია თავისუფალი ნახშირორჟანგის შემცველ წყალში შეიძლება გამოვხატოთ რეაქციით:



ეს პროცესი შექცევადია და არ მიმდინარეობს ბოლომდე.

წყალში თავისუფალი ნახშირორჟანგის ნაწილი ხმარდება მყარი CaCO_3 -ის ქიმიურ წონასწორობას, ჭარბი (აგრესიული) ნახშირორჟანგი კი განაპირობებს დაშლის პროცესს და რაც უფრო მეტია მისი რაოდენობა წყალში, მით უფრო სწრაფად მიმდინარეობს დაშლა.

წყლის გახსნის უნარი შეიძლება შეფასდეს ერთეულ მოცულობაში გახსნილი კალციუმის კარბონატის რაოდენობით – წყლის გაჯერების დეფიციტით და გახსნის სიჩქარით – კარბონატული აგრესიის ინტენსიურობით.

დიდძალი ექსპერიმენტული მასალის საფუძველზე დადგენილია, რომ ბეტონის მიმართ წყლის აგრესიულობის შეფასების ძირითად კრიტერიუმად შეიძლება ავიღოთ კარბონატული აგრესიის ინტენსიურობის მაჩვენებელი:

$$J = \frac{(S_0 - y)}{S_0}$$

სადაც S_0 არის შეკავშირებული ნახშირორჟანგის შემცველობა (მგ/ლ-ში) კალციუმის კარბონატით გაჯერების შემდეგ;

y – შეკავშირებული ნახშირორჟანგის ფაქტობრივი შემცველობა მოცემულ მომენტში (მგ/ლ-ში).

წყალი სუსტად აგრესიულად ჩაითვლება, თუ ამ წყლის კარბონატული აგრესიის ინტენსიურობა ნაკლებია ერთზე თუ ტოლია ან მეტია ერთზე, სხვა მაჩვენებლების მიუხედავად (PH, SO_4 და სხვ.) ითვლება აგრესიულად.

გაჯერების დეფიციტი ყველაზე საიმედოდ შეიძლება დავადგინოთ გეიერის ექსპერიმენტული მეთოდით – საკვლევი წყლის ულუფით მარმარილოს ფხენილის დამუშავების გზით (სინჯის აღების მომენტში) და ხსნარში გადასული კალციუმის ნახშირორჟანგის შემდგომი განსაზღვრით.

განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს წყლებს, რომელთაც აქვთ მცირე კარბონატული სიხისტე – წყლები, რომლებიც შეიცავენ 30 მგ/ლ შეკავშირებულ ნახშირორჟანგს. სხვა ყველა მაჩვენებლის მიუხედავად, ასეთი წყლები უნდა ჩაითვალოს აგრესიულად.

კარბონატის ხსნადობა ძალიან მატულობს სულფატურ და ქლორიდულ წყლებში და ბეტონის ზედაპირის კარგი წყალცვლის შემთხვევაში.

ხშირად ბეტონზე წყლების აგრესიული ზემოქმედება განპირობებულია წყალში სულფატის შემცველობით. ჩვეულებრივი ცემენტის დასაშლელად საკმარისია ერთ ლიტრ წყალში SO_4 სჭარბობდეს 250 მგ-ს, პორტლანდცემენტისათვის კი – 4000 მგ-ს. ეს მონაცემები დაფუძნებულია პრაქტიკულ დაკვირვებებზე, ამაზე მცირე რაოდენობით SO_4 -ის შემცველობისას აგრესია არ აღინიშნება.

SO_4 -ის იონების 800-900 მგ/ლ-ზე კონცენტრაციისას მოსალოდნელია ბეტონის ფორებში თაბაშირის კრისტალიზაცია, რაც იწვევს მის დაშლას. უფრო მცირე შემცველობისას თაბაშირის კრისტალიზაცია შესაძლებელია წყლის დონის ცვალებადობით ბეტონის პერიოდული დატენიანებისა და გამოშრობის დროს. სულფატური აგრესიის საშიშროება იზრდება ერთდროულად კარბონატული აგრესიის შემთხვევაშიც.

ბუნებრივ პირობებში მუდმივად მიმდინარეობს სხვადასხვა გენერაციის წყლების შერევის პროცესები – მიწისქვეშა წყლები ერევა მდინარის წყალს, წყალი გადადის ერთი ჰორიზონტიდან მეორეში, ატმოსფერული წყლების აღწევს კარბონატული ქანების სიდრმეში და ერევა ამ ქანების ნაპრალოვან წყლებს.

მშენებლობისას შეიძლება მთლიანად ან ნაწილობრივ დაირღვეს მიწისქვეშა წყლების რეჟიმი. ცალკეული წყლების შესწავლისას, აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს ახალი ნარეგების წარმოქმნის შესაძლებლობა და მათი მოსალოდნელი აგრესიულობა.

ბეტონთან წყლის ურთიერთქმედების რთული ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების გამო, ძნელია ცალკეული ფაქტორების ზუსტი რაოდენობრივი მონაცემებით საერთო გაველენის სრულად განსაზღვრა, მაგრამ ზემოთ განხილული საკითხები მაინც იძლევა ზოგად მდგომარეობაში წყლის აგრესიულობის ხარისხის შეფასებისა და ნაგებობათა დამცავი საინჟინრო ღონისძიებების შემუშავების საშუალებას. ამისათვის, უპირველეს ყოვლისა, საჭიროა: ბეტონისათვის ისეთი სპეციალური ცემენტის შერჩევა, რომლის მიმართ მიწისქვეშა წყლები ყველა არსებული ნორმის მიხედვით არ იქნება აგრესიული. თუ შერჩეული ცემენტის მიმართ ერთი რომელიმე ნიშნით მაინც წყალი აგრესიულად იქნება მიჩნეული, ბეტონის მდგრადობა უნდა უზრუნველვეყთ სპეციალური დამცავი ღონისძიებებით: ჰიდროიზოლაციით, დამცავი გარსებით, წყლის აგრესიული თვისებების ხელფონურად შემცირებით ქიმიურ შედგენილობაზე ზემოქმედების გზით, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების დრენაჟითა და სხვ.

VI.6. ქანებში ორგანული ნივთიერების შემცველობის განსაზღვრა გამოწრობის მეთოდი

ქანებში, განსაკუთრებით თიხოვანში, ამა თუ იმ რაოდენობით ორგანულ ნივთიერებათა შემცველობა და მათი გახრწნის ხარისხი დიდად განაპირობებს ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ და წყლოვან თვისებებს.

ამჟამად საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევის პრაქტიკაში ორგანულ ნივთიერებათა შემცველობის რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის მეტწილად იყენებენ ე.წ. გამოწრობის მეთოდს.

ტიგელს, 3-5 გრამი აბსოლუტურად მშრალი გრუნტით, ათავსებენ ცივ მუფელში და ნელ-ნელა აწრობენ 500-600°C ტემპერატურაზე. ერთი საათის განმავლობაში გამოწრობის შემდეგ ტიგელი გამოაქვთ მუფელიდან, ახურავენ თავსახურს, დებენ აზბესტის ფურცელზე და ხუთი წუთის შემდეგ სრული გაცივებისათვის გადააქვთ ექსიკატორში.

გაცივებულ ტიგელს გამოწრობილი გრუნტით წონიან და კვლავ ათავსებენ მუფელში. 20-30 წუთი გამოწრობის შემდეგ აცივებენ, წონიან და ასე აგრძელებენ

მანამ, სანამ განსხვავება მომდევნო წონებს შორის არ იქნება 0,01 გრამზე ნაკლები.

გამოწვის შედეგად ორგანული ნივთიერების დანაკარგს აბსოლუტურად მშრალი გრუნტის მიმართ გამოხატავენ ფარდობით:

$$J_{\text{ორგ.}} = \frac{b-a}{b}$$

სადაც $J_{\text{ორგ.}}$ არის ორგანული ნივთიერების შემცველობა;

b – საანალიზოდ აღებული აბსოლუტურად მშრალი გრუნტის წონა;

a – გრუნტის წონა გამოწრთობის შემდეგ. ორგანული ნივთიერების რაოდენობის მიხედვით ქვიშური და თიხური ქანების სახესხვაობები მოცემულია VI.8 ცხრილში

ცხრილი VI.8

ქანების დასახელება ორგანული ნივთიერების შემცველობის მიხედვით *

ქვიშოვან და თიხოვან ქანებში მცენარეული ნარჩენების შემცველობა	ქანში მცენარეული ნარჩენების ფარდობითი შემცველობა $J_{\text{ორგ.}}$ (გატორფების ხარისხი)
ა. ქანები მცენარეული ნარჩენების ნარევით	
ქვიშოვანი, მცენარეული ნარჩენებით	$0.03 < J_{\text{ორგ.}} \leq 0.1$
თიხოვანი, მცენარეული ნარჩენებით	$0.05 < J_{\text{ორგ.}} \leq 0.1$
ბ. გატორფებული ქანები	
სუსტად გატორფებული	$0.1 < J_{\text{ორგ.}} \leq 0.25$
საშუალოდ გატორფებული	$0.25 < J_{\text{ორგ.}} \leq 0.40$
ძლიერ გატორფებული	$0.40 < J_{\text{ორგ.}} \leq 0.50$
ტორფი	$J_{\text{ორგ.}} > 0.50$
შენიშვნა: გრუნტის ტიპის დადგენა ხდება (იხ. გრანულომეტრიული შედგენილობა და პლასტიკურობა) მცენარეული ნარჩენების მოშორების შემდეგ.	

* სახ.სტანდარტი 25 100-82, ცხრილი 2, გვ. 4,5

VII თაზო

ქანების ფიზიკური თვისებების კვლევა

ქანების ფიზიკური მახასიათებლები ურთიერთკავშირშია ერთმანეთთან და ასახავს თვისებრივ მდგომარეობას და ვლინდება სიმკვრივეში, ფორიანობასა და კონსისტენციაში, მყარსტრუქტურული ქანებისთვის – გამოფიტვის ხარისხსა და ნაპრაღიანობაში.

გეოლოგიურ ჭრილში ფიზიკური მდგომარეობის მიხედვით შესაძლებელია გამოვეყოთ წყება, შრე, დასტა ზონები და ქვეზონები, დავახასიათოთ საინჟინრო გეოლოგიური თვალსაზრისით მათი ტიპი, სახე და სახესხვაობები.

ქანების ძირითად ფიზიკურ თვისებებს მიეკუთვნება ბუნებრივი და მინერალური ნაწილის სიმკვრივე. ტენიანობა და პლასტიკურობა. აღნიშნული მონაცემებით ხდება საინჟინრო გეოლოგიური თვალსაზრისით ისეთი მნიშვნელოვანი მახასიათებლების დადგენა, როგორებიცაა მშრალი გრუნტის (“ჩონჩხის”) სიმკვრივე, ფორიანობა და მისი კოეფიციენტი, კონსისტენცია, წყლოვანი მაჩვენებლებიდან – სრული ტენტევალობა და წყალნაჯერობა.

VII.1. ქანების სიმკვრივე

ქანების მინერალური ნაწილის სიმკვრივე (კუთრი წონა)

ქანების მინერალური ნაწილის სიმკვრივე (ρ_g) ეწოდება მისი მყარი ნაწილის ერთეული მოცულობის წონას (გ/სმ³-ში), რომელიც რიცხვობრივად ტოლია ქანის მყარი ნაწილის ფარდობისა მის მოცულობასთან და დამოკიდებულია ქანის მინერალურ შედგენილობაზე. ქვიშოვანი და თიხოვანი ქანებისათვის საშუალოდ ტოლია 2.65 - 2.75 გ/სმ³-ისა.

მინერალური ნაწილის სიმკვრივე განისაზღვრება პიკნომეტრით – მინის განსაზღვრული მოცულობის წერილყელიანი ჭურჭლით (ნახ. 7.1).

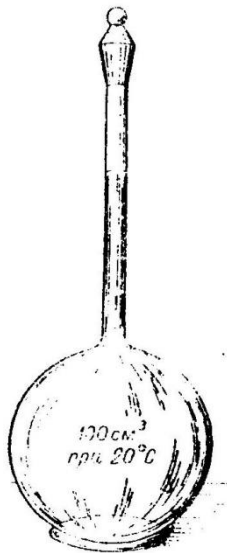
იღებენ 2 მმ-იან საცერში (მეტი სიდიდის ნაწილაკებს ანაწევრებენ სანაყში) გატარებულ 15 - 30 გ ჰაერზე გამომშრალ და გაფხვიერებულ ქანს, რომელიც თერმოსტატში 105 – 110°C ტემპერატურაზე გამოშრობით დაჰყავთ მუდმივ წონამდე, ყრიან წინასწარ აწონილ პიკნომეტრში, წონიან, იგებენ საანალიზო ქანის წონას (გ), უმატებენ გამოსხილ წყალს (პიკნომეტრის მოცულობის 0.3-0.5 რაოდენობით)

და ქანიდან ჰაერის გამოდევნის მიზნით ქვიშას ადუღებენ 30 წუთის, თიხოვან ქანებს – 1 საათის განმავლობაში, რომ არ მოხდეს გაშხეფება, იყენებენ ქვიშის აბაზანას ან აზბესტის ბადეს. ადუღების შემდეგ პიკნომეტრს აცივებენ წყლის აბაზანაში, ჭდემდე ავსებენ დისტილირებული წყლით (წყლის ტემპერატურა ყველა შემთხვევაში უნდა იყოს ერთნაირი), წონიან (g_2) და ითვლიან მინერალური ნაწილის სიმკვრივეს:

$$\rho_g = \frac{g}{g_1 + g - g_2}.$$

ფორმულაში g_1 არის წყლით ჭდემდე შევსებული პიკნომეტრის წონა.

თითოეული ქანისთვის ახდენენ არანაკლებ ორ პარალელურ განსაზღვრას 0,001 სიზუსტით. საშუალო მნიშვნელობას იღებენ მეათედის სიზუსტით. შედეგებს შორის განსხვავება დასაშვებია 0.02 გ/სმ³-მდე.



ნახ. 7.1 პიკნომეტრი

მარილიანი ქანების მინერალური ნაწილის სიმკვრივის განსაზღვრისას დისტილირებული წყლის მაგივრად იყენებენ ნავთს, ხოლო ჰაერის გამოსადევნად ადუღების ნაცვლად – ვაკუუმურ ტუმბოს.

დადგენილია, რომ სხვადასხვა ტიპის ქვიშოვანი და თიხოვანი გრუნტების მინერალური ნაწილის სიმკვრივეებს აქვს საკმაოდ მუდმივი მახასიათებლები. დ. პოლშინის მიხედვით ქვიშებისათვის იგი შეადგენს 2.65 - 2.67 გ/სმ³, ქვიშნარებისთვის 2.68 - 2.72 გ/სმ³, თიხნარებისა და თიხებისათვის შესაბამისად 2.69-2.73 და 2.74-2.76 გ/სმ³ შორის მერყეობს.

კლდოვანი და ნახევრადკლდოვანი მუყავე ქანების მინერალური ნაწილის სიმკვრივე უახლოვდება კვარცისას 2.65 გ/სმ³. საშუალო სიმუყავის ქანებში ტოლია 2.70 - 2.92 გ/სმ³-ისა, რკინისა და მაგნიუმის შემცველ ფუძე და ულტრაფუძე ქანებში კი იზრდება 3.0–3.4 გ/სმ³-მდე. დანალექი ქანებისათვის, კერძოდ, არგილიტებისათვის იგი უდრის 2,73-2,86 გ/სმ³, ქვიშაქვებისათვის – 2.62 - 2.74, კირქვებისათვის – 2.60 - 2.80 გ/სმ³.

ბრიტანული სტანდარტებით მინერალური ნაწილის სიმკვრივის განსაზღვრა ხდება დიდი და მცირე პიკნომეტრებით და გაზის ჭურჭლის საშუალებით (BC 1377–2:1990).

მცირე პიკნომეტრით ცდის მიმდინარეობა მარილიანი ქანების მინერალური ნაწილის სიმკვრივის განსაზღვრის ანალოგიურია. იგი ხორციელდება ვაკუუმში ექსიკატორში, ვაკუუმტუმბოს საშუალებით ჰაერის გამოდევნით.

დიდი პიკნომეტრის მეთოდით სიმკვრივე განისაზღვრება დაახლოებით 1 ლ მოცულობის პიკნომეტრში მოთავსებული გრუნტის (<20 მმ) ხელით შენჯღრევით. გაზის ჭურჭლის გამოყენებით შედარებით დიდი ფრაქციების (37.5 მმ ≤ 10%) სიმკვრივის განსაზღვრა ხდება 20-30წთ-ის განმავლობაში სანჯღრველაში შენჯღრევით.

ბრიტანული სტანდარტებით როგორც მყარი ნაწილის, ისე ბუნებრივი ტენიანობისა და ჩონჩხის სიმკვრივეები იზომება მგ/მ³-ობით. მცირე პიკნომეტრით და გაზის ჭურჭლით განსაზღვრულ პარალელურ ნიმუშებს შორის მყარი ნაწილის სიმკვრივეთა დასაშვები ცდომილება შეადგენს 0.03 მგ/მ³, დიდი პიკნომეტრით – 0.05 მგ/მ³.

ბუნებრივი მდგომარეობის ქანისა და მისი ჩონჩხის (მშრალი გრუნტის) სიმკვრივე

ქანის სიმკვრივეს (ρ) უწოდებენ ბუნებრივი აგებულებისა და ტენიანობის ერთეული მოცულობის გრუნტის წონას (გ/სმ³), რომელიც რიცხვობრივად ტოლია ქანის წონის ფარდობისა მის მოცულობასთან (მოცულობითი წონა).

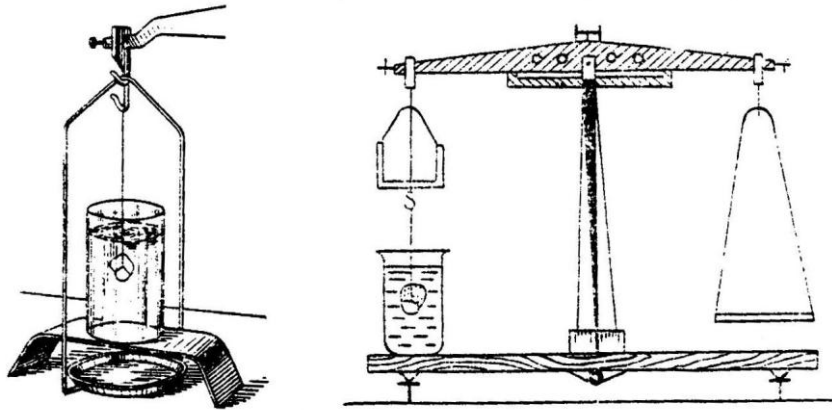
რბილი ქანების სიმკვრივის დასადგენად ხმარობენ სპეციალურ მჭრელ რგოლებს. იციან რა წინასწარ რგოლის წონა (g) და მოცულობა (V), მჭრელ რგოლში მოთავსებული საანალიზო გრუნტის აწონის საშუალებით (g_1) ადვილად ითვლიან მის სიმკვრივეს:

$$\rho = \frac{g_1 - g}{V},$$

როცა არ არის საშუალება, გამოიჭრას გეომეტრიულად წესიერი ფორმის ნიმუში, ქანის სიმკვრივეს განსაზღვრენ ე. წ. პიდროსტატიკური აწონით.

ქანს წონიან ტექნიკურ სასწორზე (g) აბამენ ძაფს და ძაფზე მიბმულ ნიმუშს ამოავლებენ გამდნარ ($t - 70^{\circ}\text{C}$) პარაფინში ისე, რომ ნიმუში მთლიანად დაიფაროს პარაფინის თხელი ფენით. დაპარაფინებულ ნიმუშს კვლავ წონიან ტექნიკურ სასწორზე (g_1) და $g_1 - g$ სხვაობით გამოითვლიან პარაფინის წონას (g_2), ხოლო პარაფინის სიმკვრივეზე ($\rho_{\text{პარ}} = 0.9$ გ/სმ³) ამ წონის ფარდობით – პარაფინის

მოცულობას (V_1). დაპარაფინებული ნიმუშის V_2 მოცულობას ადგენენ სპეციალურ ჰიდროსტატიკურ ან სადგამით აღჭურვილ ტექნიკურ სასწორზე (ნახ. 7.2) წყალში აწონით. წონის დანაკარგითა და პარაფინის მოცულობის გამოკლებით განსაზღვრავენ ნიმუშის მოცულობას (V) და ფორმულით: $\rho = \frac{g}{V}$ გ/სმ³, გამოითვლიან ქანის სიმკვრივეს.



ნახ. 7.2. ნიმუშის მოცულობის განსაზღვრა წყალში აწონით.
1 – სადგამიანი ტექნიკურ სასწორით; 2 – ჰიდროსტატიკური სასწორით.

მკვრივი კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების სიმკვრივე შეიძლება განისაზღვროს დაპარაფინების გარეშე.

როგორც მინერალური ნაწილის სიმკვრივის განსაზღვრისას, ამ შემთხვევაშიც აუცილებელია არანაკლებ ორი პარალელური ცდა, რომელთა შორის დასაშვები სხვაობა არ უნდა აღემატებოდეს 0.02 გ/სმ³.

ზოგიერთ გამოთვლაში აუცილებელია ვიცოდეთ ე.წ. ჩონჩხის სიმკვრივე (ρ_f), რაშიც იგულისხმება გამომშრალი ქანის ერთეული მოცულობის წონა (გ/სმ³) და რიცხვობრივად უდრის მშრალი ქანის (ჩონჩხის წონა - g) წონის ფარდობას მის მოცულობასთან (მყარი ნაწილის - V_1 და ერთეულ მოცულობაში ფორების (V_2) მოცულობების ჯამთან):

$$\rho_f = \frac{g}{V_1 + V_2}, \quad \text{გ/სმ}^3$$

ჩონჩხის სიმკვრივე შეიძლება გამოითვალოს ბუნებრივი ტენიანობის ქანის სიმკვრივისა (ρ) და ტენიანობის (W) მონაცემებით:

$$\rho_f = \frac{\rho}{1 + 0.01W}, \quad \text{გ/სმ}^3$$

ქვიშოვანი და თიხოვანი ქანების ბუნებრივი და ჩონჩხის სიმკვრივის ყველაზე ტიპური საშუალო მაჩვენებლები მოყვანილია VII.1 ცხრილში.

ჩონჩხის სიმკვრივის საანგარიშო ფორმულიდან გამომდინარე, რაც მეტია ქანის ტენიანობა, მით მაღალი უნდა იყოს მისი ρ სიმკვრივე. სიმკვრივის საორიენტაციო მაჩვენებლები წყალნაჯერ მდგომარეობაში საშუალო სიმკვრივის წვრილ-მარცვლოვანი ქვიშებისათვის შეადგენს 1.92 გ/სმ³, საშუალო მარცვლოვანისათვის – 1.94 გ/სმ³, მსხვილმარცვლოვანი ხრეშიანი და კენჭებიანი ჩანართების შემთხვევაში ქვიშებისათვის ტოლია 1.96 – 2.0 გ/სმ³-ისა. მკვრივი აგებულების ყველა ქვიშისათვის იგი მერყეობს 2.0-დან 2.1 გ/სმ³-მდე. თიხოვანი ქანებისათვის დენადი კონსისტენციიდან რბილ და მაგარ კონსისტენციამდე სიმკვრივე იცვლება 1.80-დან 1.90 - 1.95 და 2.05-2.15 გ/სმ³-მდე.

ცხრილი VII.1

ქ ა ნ ე ბ ი	მ დ გ თ მ ა რ ე ბ ა, ρ/ρ_f		
	დაბალი სიმკვრივის ფხვიერი	საშუალო სიმკვრივის	მკვრივი
ქვიშოვანი ხრეშოვანი, მსხვილი და საშუალომარცვლოვანი	<1.65/1.55	(1.65-1.85)/(1.55-1.70)	>1.85/1.70
წვრილ- და წმინდა-მარცვლოვანი, მსუბუქი ქვიშნარი	<1.60/1.50	(1.60-1.75)/(1.50-1.65)	>1.75/1.65
თიხოვანი თიხები, თიხნარები და მძიმე ქვიშნარი		რბილი	შემკვრივებული
	–	(1.10-1.70)/(0.80-1.35)	(1.70-2.20)/1.35-1.90

უმეტესი კლდოვანი ქანების სიმკვრივე ძირითადად დამოკიდებულია მისი მინერალური ნაწილის სიმკვრივეზე და მისგან მხოლოდ რამოდენიმე ასეულით განსხვავდება. ნახევრადკლდოვან ქანებში ეს განსხვავება შეიძლება მნიშვნელოვანი იყოს.

მაგმურ ეფუზიურ ქანებში სიმკვრივე იზრდება ლიპარიტიდან (2.20 - 2.50 გ/სმ³) ბაზალტამდე (2.46 - 2.67 გ/სმ³) და კვარციანი პორფირიდან (2.65 - 2.69 გ/სმ³) ღიაბაზამდე (2.74 - 3.0 გ/სმ³). სიმკვრივის თანდათანობით ზრდასთან ერთად იზრდება ასევე ცვალებადობის საზღვრებიც, თანაც, კაინოტიპურში მეტად, ვიდრე მის ანალოგ პალეოტიპურ ქანებში. ამასთან, დადგენილია, რომ რაც ძველია ეფუზიური ქანი ანუ რაც უფრო ხანგრძლივად ხდებოდა მისი ეპიგენეტური გარდაქმნა, მით მაღალია ამ ქანის ბუნებრივი სიმკვრივე. სიღრმულ – ინტრუზიულ ქანებში ისე, როგორც მინერალური ნაწილისა, სიმკვრივე აქაც იზრდება მუავე ქანებიდან ფუძე და ულტრაფუძე ქანებისაკენ. გრანიტების სიმკვრივე უდრის 2.55 -

2.65 გ/სმ³, დიორიტებისა - 2.67 - 2.90, გაბროსი და ულტრაფუძე ქანებისა (პერი-დოდიტი, პიროქსენიტი) შესაბამისად ტოლია 2.85 - 3.05 და 2.90 - 3.25 გ/სმ³-ისა.

მეტამორფული ქანების სიმკვრივეც ძირითადად ასევე დამოკიდებულია მათი მინერალური შედგენილობისა და მეტამორფიზმის ხარისხზე. დაბალი მეტამორფიზმის ქანებისათვის ის არის 2.57 - 2.72 გ/სმ³, მაღალისთვის (გნეისები, მარ-მარილო, კვარციტები) იცვლება 2.63 - 3.07 გ/სმ³-ის ფარგლებში.

დანალექი წარმოშობის კლდოვანი და ნახევრადკლდოვანი ქანების სიმკვრივე დამოკიდებულია მათი პეტროგრაფიული შედგენილობის სტრუქტურულ-ტექსტურულ თავისებურებებზე, ლითოფიკაციის ხარისხსა და სხვა პირობებზე. ქვიშაქვებისათვის ის არის 2.40 - 2.70 გ/სმ³, მერგელებისათვის, ალევროლიტებისა და არგილიტებისათვის მერყეობს 2.20-დან 2.80 გ/სმ³-მდე. კარბონატული ქანების სიმკვრივეზე დიდ გავლენას ახდენს თიხური მასალისა და კაუმიწის მინარევები, დოლომიტიზაციის ხარისხი, განსაკუთრებით მათი სტრუქტურა. მკვრივი კრისტალურმარცვლოვანი კირქვებისათვის ის შეიძლება იყოს 2.30 - 2.70 გ/სმ³ ორგანო-გენული სტრუქტურისათვის კი - 1.70 გ/სმ³.

საერთოდ, საჭიროა აღინიშნოს, რომ მთიანი ნაოჭა რაიონების ამგები ქანების სიმკვრივე ხშირ შემთხვევაში მეტია, ვიდრე ბაქნური რაიონებისა.

ყველაზე დაბალი სიმკვრივით ხასიათდება ტორფი და ტორფიანი ქანები. ეს მაჩვენებლები მათთვის 0.5 - 1.4 გ/სმ³-ია, ამასთან მაღალი მნიშვნელობები დამახასიათებელია დამარხული, შედარებით დატკეპნილი და მაღალი ნაცრიანობის სახესხვაობებისათვის.

ბრიტანული სტანდარტებით (BC 1377-2:1990) სიმკვრივის განსაზღვრა ანალოგიურია ჩვენში მიღებული მეთოდებისა. სიმკვრივის დადგენა ხდება სამი ხერხით: 1 - სწორი გეომეტრიული ფორმის ნიმუშის უშუალო გაზომვითა და აწონვით; 2 - დაპარაფინებული ნიმუშის წყალში აწონვით და 3 - ნიმუშის მიერ ჭურჭლიდან გამოდენილი წყლის მოცულობის გაზომვით.

VII.2. ქანების ფორიანობა

ქანის ფორიანობა (n) არის ერთეული მოცულობის ქანში არსებული ყველა ფორისა და სიცარიელის მოცულობა ანუ ფორების მოცულობის შეფარდება ქანის მთელ მოცულობასთან. იგი გამოიხატება ერთეულის ნაწილში ან პროცენტით და გამოითვლება ფორმულით:

$$n = 1 - \rho_b / \rho_a = \frac{(\rho_b - \rho_a)100\%}{\rho_a}$$

ფორიანობის მიხედვით ქანები იყოფა სამ ჯგუფად: დაბალი - $n < 5\%$ -ზე; საშუალო - $n = 5 - 20\%$; მაღალი - $n > 20\%$ -ზე ფორიანობის ქანებად.

კლდოვან ქანებს უმეტესად ახასიათებს დაბალი ფორიანობა. ნახევრად-კლდოვანი ქანები, როგორც წესი, საშუალოდ ფორიანია, თუმცა გვაქვს მაღალ-ფორიანი ცალკეული სახესხვაობებიც.

მსხვილნატეხოვანი მასალის ფორიანობა დამოკიდებულია მათ ზომაზე, ერთ-გვაროვნებაზე, ფორმაზე, დამუშავების ხარისხსა და განლაგებაზე. ყოველივე ამის მიხედვით იგი შეიძლება იცვლებოდეს 26-დან 48 %-ის ფარგლებში. რაც უფრო მეტია დამუშავებული ნატეხები, მით უფრო ნაკლებად არის დაკუთხული და დაკბილული, ამასთან, ნაკლებია მათი ფორიანობა მთლიანობაში.

სიმკვრივის მიხედვით ქვიშებისათვის ფორიანობა იცვლება 35 - 40%-ის, თიხოვანი ქანების შემთხვევაში 30 - 50%-ის ფარგლებში. ყველაზე მაღალი ფორიანობა აქვს ტორფსა და ტორფისმაგვარ გრუნტებს - 85 - 95%, ოდნავ დაბალი ლამებს - 75 - 80%, ლიოსისა და ლიოსისმაგვარი ქანებისათვის მერყეობს 45 -50%-დან 75 - 80%-მდე.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ მაღალი არაერთგვაროვნების კოეფიციენტის შემთხვევაში მტვროვანი და მცირე რაოდენობით თიხური ფრაქციების გაზრდა საკმაოდ ამცირებს ქვიშების ფორიანობას. თიხური ფრაქციის მნიშვნელოვნად გაზრდისას ქვიშების ფორიანობა მატულობს, რაც შეიძლება თვით თიხური ნაწილაკების მაღალი ფორიანობით აიხსნას.

წნეხში ქვიშის 205 კგ/სმ²-ით შეკუმშვა იწვევს გრუნტის ნაწილაკების მსხვრევას და უმნიშვნელოდ ცვლის მის ფორიანობას.

ცდებით დადგენილია, რომ ქვიშებში მინიმალური ფორიანობა, ე.ი. მაქსიმალური სიმკვრივე, ნებისმიერი ტენიანობისა და ბუნებრივი დატვირთვის დროს მიიღწევა მხოლოდ ვიბრაციით.

თიხებსა და ლიოსებში ფორიანობის მაჩვენებელი იზრდება შემადგენელი ფრაქციების ზომის შემცირების დროს. ამასთან ელუვიური წარმოშობის თიხებს სხვა წარმოშობის თიხებთან შედარებით მაღალი ფორიანობა აქვს.

დატკეპნილი თიხებისათვის ფორიანობა შეიძლება დავიდეს 30%-მდე, ლიოსებისა - 40 და 34-35%-მდეც კი. ასეთი ფორიანობა დამახასიათებელია დედამიწის ზედაპირიდან გარკვეულ სიღრმემდე ან სარწყავი წყლების ხანგრძლივი მოქმედების სფეროში მდებარე ლიოსებისათვის.

წნევაში 37000 კგ/სმ² შემკვრივებისას ზედაპირული თიხნარების ფორიანობა ქვიშებისაგან განსხვავებით 53-დან 7 %-მდე მცირდება. ამასთან, ფორიანობის მკვეთრი შემცირება ხდება მხოლოდ ნაწილაკების გადაადგილებით, გრანულ-მეტრიულ შედგენილობაში რაიმე მნიშვნელოვანი ცვლილებების გარეშე.

ქვიშოვანი ქანების ფორიანობის განსაზღვრა შეიძლება გაჯერების მეთოდით, რომლის დროსაც ფორების მოცულობა გამოითვლება მათში შეუონილი სითხის რაოდენობით.

ფორიანობის შედარებით მოსახერხებელი მახასიათებელია ფორიანობის კოეფიციენტი (e), რომელიც ფორების მოცულობის შეფარდებაა ქანის მყარი ნაწილის მოცულობასთან. ის ტოლია: $e = \frac{n}{1-n} = \frac{\rho_a - \rho_f}{\rho_f}$.

$$e = \frac{n}{1-n} = \frac{\rho_a - \rho_f}{\rho_f}$$

ქანის სრული წყალგაჯერების შემთხვევაში ფორიანობის კოეფიციენტის გამოთვლა შეიძლება წონითი ტენიანობისა ($W0.01$) და მინერალური ნაწილის სიმკვრივის ნამრავლით: $e = W0.01\rho_a$.

ფორიანობის კოეფიციენტი არის ქვიშოვანი ქანების მნიშვნელოვანი ნორმატიული მახასიათებელი. ამ მაჩვენებლის მიხედვით მსჯელობენ ქანების საორიენტაციო მდგომარეობაზე (ცხრილი VII.2).

ცხრილი VII.2 *

ქ ვ ი შ ა	მ დ გ ო მ ა რ ე ბ ა e-ს მიხედვით		
	მკვრივი	საშუალო სიმკვრივის	ფხვიერი
სრეშოვანი, მსხვილ და საშუალომარცვლოვანი	<0.55	0.55 – 0.70	>0.70
წვრილი	<0.60	0.60 – 0.75	>0.75
მტვროვანი	<0.60	0.60 – 0.80	>0.80

* სახ. სტანდარტი 25 100-82 ცხრილი 2, გვ. 4

VII.3. ქანების ტენიანობა

ქანის ტენიანობას (W) განსაზღვრავს მის ფორებში არსებული წყლის რაოდენობა. რიცხობრივად ის ტოლია ტენის წონითი რაოდენობის შეფარდებისა აბსოლუტურად მშრალი ნიმუშის წონასთან, იზომება წონითი ერთეულებით ან პროცენტობით.

ტენიანობა სრულად ასახავს ქანის ფიზიკურ მდგომარეობას, განსაზღვრავს მის თვისებრიობას და ქანის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელია. იგი

აუცილებელი მონაცემია ჩონჩხის სიმკვრივის, ფორიანობის, სრული ტენტევალობის, წყალნაჯერობის, კონსისტენციის განსაზღვრისათვის.

ბუნებრივ მდგომარეობაში ქანში არსებული ტენის რაოდენობას განსაზღვრავენ წინასწარ აწონილ ბიუქსში მოთავსებული არანაკლებ (g_1) – 15 გ-მდე ნიმუშის თერმოსტატში $105 - 110^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე გამოშრობით (g_2) მის მუდმივ წონამდე დაყვანით (g_3). პირველ აწონას ახდენენ 4 - 5 საათის, მომდევნოს 1 - 2 საათის შემდეგ და ა.შ., მანამ არ დავალთ მუდმივ წონამდე. ყოველი აწონის წინ თერმოსტატიდან გამოღებულ ნიმუშს გასაცივებლად აყოვნებენ ექსიკატორში. ტენიანობას გამოითვლიან ფორმულით:
$$W = \frac{(g_2 - g_3)100\%}{g_3 - g_1}$$
.

თითოეული ნიმუშისათვის ახდენენ არანაკლებ ორ განსაზღვრას 0,1%-ის სიზუსტით, დასაშვებია 2%-მდე განსხვავება. ტენიანობის საშუალო მნიშვნელობა გამოჰყავთ 1% (0.01)-ის სიზუსტით.

ჩვეულებრივ, კლდოვან ქანებში ტენიანობა დაბალია, ამიტომ მას უგულვებელყოფენ, ნახევრადკლდოვანში შეიძლება მიაღწიოს 15 - 20%-ს. თიხნარებისათვის ტოლია 9 - 24%-ისა, თიხებისათვის კი 24 - 27%-ია.

ყველაზე მაღალი ტენიანობა დამახასიათებელია ლამებისათვის – 75-80%-მდე, განსაკუთრებით ჭაობური ნალექებისათვის – ტორფისა და ტორფიანი ქანების ტენიანობა 85 - 95%-ია, თუმცა, ხშირად აღწევს 750-1500%-ს.

ბრიტანული სტანდარტებით (BS 1377-2:1990) ბუნებრივი ტენიანობის განსაზღვრისათვის იღებენ 30 გ-დან (წვრილმარცვლოვანი) 3 კგ-მდე (მსხვილმარცვლოვანი) ნიმუშს. გამოშრობა მუდმივ წონაზე დასაყვანად აწონის 4 - 4 საათიანი ინტერვალებით მოიცავს 16, 24 საათსა და მეტსაც. ბრიტანული სტანდარტები ითვალისწინებს გრუნტში თაბაშირის შემცველობას. $100 - 105^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე გრუნტის გამოშრობისას თაბაშირის დაშლისა და ტენიანობის ხელოვნურად გაზრდის თავიდან ასაცილებლად (რაც ხშირად იწვევს სხვა, მასთან დაკავშირებული გამოსაანგარიშებელი მაჩვენებლების მნიშვნელოვან დამახინჯებას) გამოშრობას ახდენენ შედარებით ხანგრძლივად 80°C ტემპერატურაზე.

მსხვილნატეხოვან ქანებში წყალს შეიცავს წმინდამარცვლოვანი ფრაქცია, რომელიც ავსებს მათ შორის სიცარიელებს, ამიტომ ამ შემთხვევაში საჭიროა გავარჩიოთ ტენიანობის სამი სახე: წმინდამარცვლოვანისა (<2 მმ-ზე), მსხვილ - ნატეხოვანისა (>2 მმ-ზე, ხრეში ხვინჭა, ღორღი, კენჭი და ა.შ.) და ფაქტობრივისა,

რომელშიც იგულისხმება წმინდა- და მსხვილმარცვლოვანი მასალის მთლიანი ტენიანობა.

მსხვილნატეხოვანი ქანის ტენიანობა იცვლება სუსტად, ამიტომ გაანგარიშებისას შეიძლება ავიღოთ 2 მმ-ზე მეტი ფრაქციების მთლიანი ტენიანობა.

წმინდამარცვლოვანი და მსხვილმარცვლოვანი ქანების ტენიანობა განისაზღვრება საყოველთაოდ მიღებული მეთოდით. ამისათვის საანალიზო ნიმუშიდან ვიღებთ 50 - 150 გრ წმინდამარცვლოვან ფრაქციას, რაც შეიძლება მცირე რაოდენობის მსხვილმარცვლოვანი ჩანართებით და ვსაზღვრავთ მის ტენიანობას (W). ტენიანობის განსაზღვრის შემდეგ, იმას, რომელიც შეიცავს გარკვეული რაოდენობით ხვინჯასა და ხრემს, ვასველებთ და ვატარებთ 2 მმ-იან საცერში. საცერზე დარჩენილ ნაწილაკებს ვაშრობთ 105°C ტემპერატურაზე მუდმივ წონამდე დაყვანით და ვადგენთ მათ ტენიანობასა და პროცენტულ შემცველობას. წვრილმარცვლოვანი შემავსებლისა (<2 მმ-ზე) და ფაქტობრივი ტენიანობა განისაზღვრება ფორმულებით:

$$W_1 = \frac{100W - bW_2}{100 - b}; \quad W_{\text{ფ}} = \frac{(100 - a) + aW_2}{100}$$

სადაც, W საანალიზო ნიმუშის ტენიანობაა;

b და W_2 იმავე ნიმუშში მსხვილნატეხოვანი ფრაქციის (> 2 მმ) პროცენტული შემცველობა და ტენიანობა;

a – მთლიან ნიმუშში მსხვილნატეხოვანი ფრაქციების (> 2 მმ) მთლიანი პროცენტული რაოდენობა.

ფაქტობრივი ტენიანობა ახასიათებს ქანებში წყლის შემცველობის გასაშუალოებულ მაჩვენებელს, მაგრამ არ შეიძლება იყოს კონსისტენციის შეფასების მაჩვენებელი. კონსისტენციის შეფასებისას საჭიროა ადებულ იქნეს მხოლოდ წვრილმარცვლოვანი შემავსებლის ტენიანობა.

VII. 4. ქანების პლასტიკურობა

პლასტიკურობა თიხოვანი ქანების დამახასიათებელი თვისებაა, რომელიც გამოიხატება იმით, რომ გარეგანი ძალის ზემოქმედებით აღინიშნება ტენიანი ქანის დეფორმაცია – ფორმის შეცვლა ქანის მთლიანობის დაურღვევლად და ძალის მოხსნის შემდეგ შეცვლილი ფორმის შენარჩუნება.

თიხების პლასტიკურობის ზღვარი ტენიანობის მიხედვით განსაზღვრულ დიაპაზონში იცვლება. იმ ტენიანობას, რომლის ქვევით ქანი უკვე აღარ არის პლასტი-

კური და გადადის მყარ მდგომარეობაში, უწოდებენ პლასტიკურობის ქვედა ზღვარს - (W_p), ზედა ზღვარი (W_e) კი შეესაბამება იმ ტენიანობას, რომლის ზევით ქანი პლასტიკურობის მდგომარეობიდან დენად მდგომარეობაში გადადის.

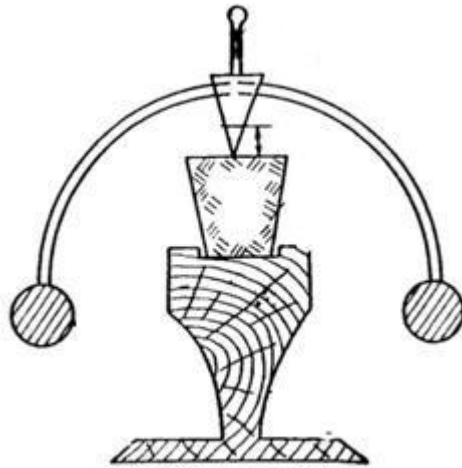
დენადობის და პლასტიკურობის ზღვარს შორის სხვაობას ეწოდება პლასტიკურობის რიცხვი (J_p), რომელიც თიხოვანი ქანების საკლასიფიკაციო მაჩვენებელია. თიხებისათვის ის მეტია 17-ზე, თიხნარებისათვის 7-დან 17-ის ფარგლებში, ხოლო ქვიშნარებისათვის 1-დან 7-მდე მერყეობს.

ვინაიდან პლასტიკურობის ზღვარის განსაზღვრა ხდება დაშლილი სტრუქტურის ნიმუშებზე, ის შეიძლება ჩაითვალოს მხოლოდ ქანების ფიზიკური მდგომარეობის პირობით მიახლოებით მახასიათებლად. მხოლოდ ცდების სიმარტივე განაპირობებს თიხოვანი ქანების კონსისტენციის წინასწარი დახასიათებისა და შეფასების ფართოდ გამოყენების საშუალებას.

ბრიტანული სტანდარტებით (BS1377 2:1990), როგორც პლასტიკურობის (J_p), ისე დენადობის (J_e ის. კონსისტენცია) ზღვარის მაჩვენებლები ზემოთ აღნიშნულის ანალოგიურია.

დენადობის ზღვარი

თიხოვანი ქანების დენადობის ზღვარის (W_e) სტანდარტული მეთოდით განსაზღვრისას (სახ.სტანდარტი 5184) იღებენ ქანის 100გ. ნიმუშს ანაწევრებენ შპატელით, აშორებენ მსხვილ და მცენარეულ ნარჩენებს, ცრიან 1 მმ-იან საცერში, ათავსებენ ფაიფურის ჯამში, ასველებენ დისტილირებული წყლით და ურევენ შპატელით ერთგვაროვანი მასის მიღებამდე. მასა გადააქვთ სადგამზე შემოდგმულ ჭიქაში ($h > 2$ სმ, $d > 4$ სმ), რომლის ზედაპირს ასწორებენ შპატელით და მასზე ათავსებენ ვაზელინით წინასწარ გაპოხილ სპეციალურ ბალანსურ კონუსს (ნახ. 7.3).



ნახ. 7.3. ბალანსური კონუსი თიხოვანი ქანების დენადობის ზღვარის სტანდარტული მეთოდით განსაზღვრისათვის.

კონუსი (ა. ვასილევის კონსტრუქციის $<30^\circ$ $h-25$ მმ) 5 წმ-ის განმავლობაში უნდა ჩაეფლოს წვეროდან 10 მმ-ის დაშორებით კონუსზე ამოჭრილ მრგვალ ჭდემდე. თუ კონუსი ჩაიძირა უფრო ნაკლებ სიღრმეზე, ჭიქიდან სინჯს აბრუნებენ ჯამში, უმატებენ წყალს და პირიქით, თუ ჩაიძირა მეტ სიღრმეზე, ქანს აშრობენ ჰაერზე ან უმატებენ მშრალ ფხვიერ გრუნტს. ორივე შემთხვევაში, როგორც წყლის დამატებისას, ისე გამოშრობისას, კარგად ურევენ შპატელით და გამოცდას იმეორებენ საჭირო კონსისტენციამდე. ზუსტი მაჩვენებლის მიღწევის შემდეგ ჭიქიდან იღებენ არანაკლებ 2 სინჯს და განსაზღვრავენ მის ტენიანობას (ის ტენიანობის განსაზღვრა), რომელიც დენადობის ზღვარს შეესაბამება.

დენადობის ზღვარის მიახლოებითი მაჩვენებლები ქვიშნარებისთვის არის 18%, თიხნარებისთვის – 28%, ხოლო თიხებისათვის – 44%.

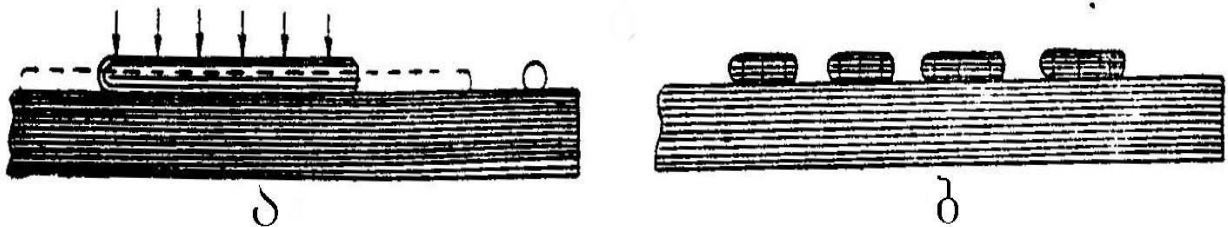
ბრიტანული სტანდარტებით (BS 1377 2:1990) დენადობის ზღვარი განისაზღვრება პენეტრომეტრის კონუსით (ძირითადი მეთოდი). ამისათვის ბუნებრივი ტენიანობის გრუნტს, თუ ის მცირე რაოდენობით $>425\mu\text{m}$ ნაწილაკებს შეიცავს, ვაცლით ხელით, წინააღმდეგ შემთხვევაში ვცრით აღნიშნული ზომის საცერში და ვამზადებთ ცომისმაგვარ მასას, 24 საათი ვაყოვნებთ ჰერმეტიკულ კონტეინერში. თიხის მცირე რაოდენობის შემცველობისას ეს დრო ნაკლებია, ხოლო მტვროვანი ფრაქციის დიდი რაოდენობის შემთხვევაში შეიძლება ცდის დაწყება მაშინვე – მასის დამზადებისთანავე.

ვიღებთ დაახლოებით 300 გ დამზადებულ მასას და ვუშვებთ კონუსს, ვათავისუფლებთ კონუსის ღეროს და ვიწვერთ ანათვალს (საწყისი სიღრმე უნდა იყოს 15 მმ-მდე). საანალიზო მასას ვუმატებთ წყალს და ვიმეორებთ პროცედურას. თითოეული პროცედურის შემდეგ სხვაობა უნდა იყოს 15-25 მმ, ვსაზღვრავთ ყოველი

ცდის თითოეული ნიმუშის ტენიანობას, ვაგებთ ტენიანობისა და შესაბამისი პენეტრაციის სიღრმის გრაფიკს (დამოკიდებულება წრფივია) და მასზე ვიღებთ 20 მმ პენეტრაციის შესაბამის ტენიანობას, რომელიც შეესაბამება გრუნტის დენადობის ზღვარს.

პლასტიკურობის ზღვარი

დენადობის ზღვარის განსაზღვრისათვის დარჩენილი გრუნტის მასა ხელში სრესით და ჰაერზე გამოშრობით დაჰყავთ ისეთ პლასტიკურ მდგომარეობამდე, სანამ გრუნტის პატარა ნაწილები მინაზე ხელით გორებისას არ დაიფარება ნაპრალებით და არ დაიშლება 3 მმ დიამეტრისა და 5 - 10 მმ სიგრძის ნაწილებად (ნახ. 7.4).



ნახ. 7.4. ხელით გაგლინვით თიხოვანი ქანების პლასტიკურობის ზღვარის განსაზღვრა: ა - მაღალი ტენიანობის შემთხვევაში; ბ - პლასტიკურობის ზღვარის ტენიანობის შემთხვევაში.

ქანის ასეთი მდგომარეობა მიუთითებს, რომ მიღწეულია პლასტიკურობის ქვედა ზღვარი (W_p). აგროვებენ ქანის გაგლინურ ნაწილებს და საზღვრავენ მის ტენიანობას.

პლასტიკურობის ზღვარი მჭიდროდაა დაკავშირებული გრანულომეტრიულ შედგენილობასთან. ქვიშნარებისათვის ის დაახლოებით 8%-ის ტოლია, თიხნარებისა და თიხებისათვის შესაბამისად არის 16-22%.

თუ ქანი იშლება და შეუძლებელია გამზადებული ცომისგან გაგლინვით 3 მმ-იანი მავთულის მიღება, თვლიან, რომ საანალიზო ქანს არა აქვს გაგლინვის ზღვარი, ე. ი. პლასტიკურობა. სუსტკავშირიან გრუნტებში პლასტიკურობის ზღვარის მნიშვნელობა კარგავს ფიზიკურ არსს და ხშირად მას ფორმალური ხასიათი აქვს.

ბრიტანული სტანდარტებით (BS1377 2:1990) პლასტიკურობის ზღვარის დასადგენად ვიღებთ დაახლოებით 20 გ ცომისებრ მასას, ვაშრობთ ფირფიტაზე და გუნდავებით, ვიდრე გვერდებზე არ გაუჩნდება ნაპრალები. დაგუნდავებულ მასას

ვეოფთ ორ ნაწილად, თითოეულს კიდევ ოთხ ულუფად (ან ნაკლებად) და ვაგორ-გოლავებთ მინის ფირფიტაზე ხელის გულის დაჭერით ისე, რომ 5-10 სრული მოძრაობით ზონარი შემცირდეს 3 მმ-მდე, გამოშრობას ვაგრძელებთ თითებში დაჭყლეტვით, სანამ გრუნტი არ დაიწყებს დაფხვნას. დაფხვნილ ნიმუშს ვყრით ბიუქსში. აღნიშნულ პროცედურას ვატარებთ სამ დარჩენილ ნიმუშზე და თერმოსტატში მუდმივ წონაზე დაყვანით ვსაზღვრავთ ტენიანობას, რაც პლასტიკურობის ზღვარის მაჩვენებელია. თითოეულ ნიმუშს შორის ტენიანობის განსხვავება არ უნდა აღემატებოდეს 0.5%-ს.

VII.5. ქანების მდგომარეობის შეფასება კონსისტენციის მიხედვით

კონსისტენცია თიხოვანი ქანების ფიზიკური მდგომარეობის მნიშვნელოვანი მახასიათებელია, რომელიც მჭიდრო კავშირშია ბუნებრივი ტენიანობისა და პლასტიკურობის მაჩვენებლებთან.

ქანების კონსისტენციაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მრავალი ფაქტორი, მაგრამ განმსაზღვრელი არის წვრილდისპერსული თიხური ნაწილის მინერალური შედგენილობა და მისი აქტიური ურთიერთქმედება წყალთან (ჰიდროფილობა).

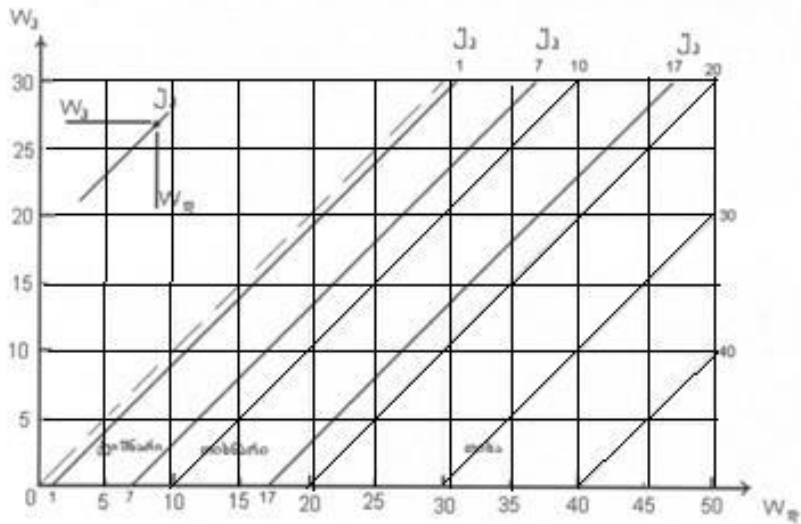
თიხების მინერალური შედგენილობის გავლენას, მათ კოლოიდურ-ქიმიურ თვისებებსა და პლასტიკურობას გამოსახავენ კოლოიდური აქტიურობის მაჩვენებელით (A_j), რომელიც პლასტიკურობის რიცხვის შეფარდებაა თიხური ნაწილაკების (<0.002) პროცენტულ შემცველობასთან: $A_j = J_j / M_o$.

A_j -ს მნიშვნელობის მიხედვით თიხური ქანები იყოფა სამ ჯგუფად:

1. $A_j > 1.25$ – ქანები ხასიათდება მაღალი კოლოიდური აქტიურობით (მაღალ-აქტიური ჰიდროფილური თიხები, ჩვეულებრივ - მონტმორილონიტიანი);
2. $1.25 > A_j > 0.75$ – საშუალო კოლოიდური აქტიურობის (ნორმალურად აქტიური) თიხები;
3. $A_j < 0.75$ – დაბალი კოლოიდური აქტიურობის (არააქტიური, სუსტად ჰიდროფილური, ჩვეულებრივ კაოლინიტი) თიხები.

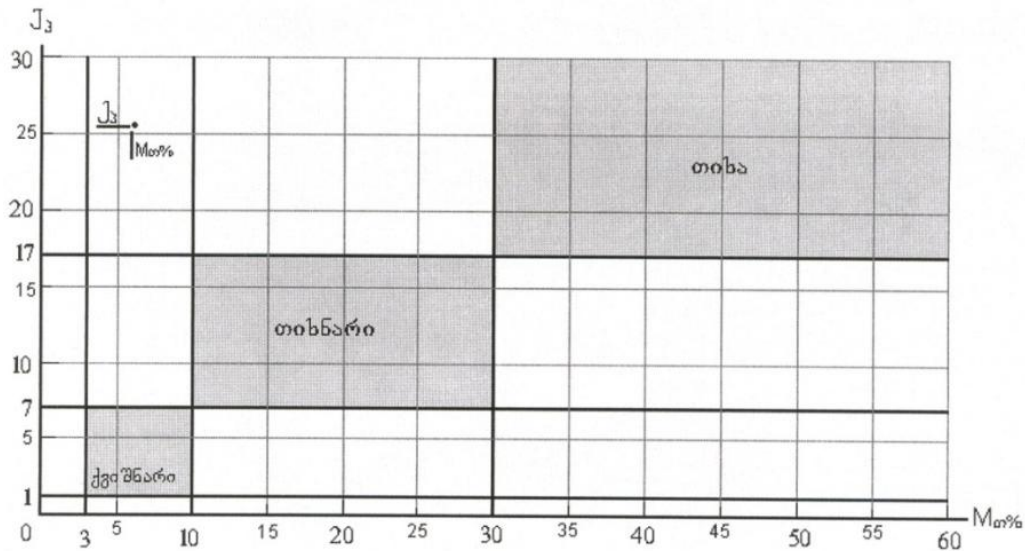
მაღალი კოლოიდური აქტიურობის თიხები ხასიათდება მნიშვნელოვანი წყალტევადობით, გაწყლიანებისას ფუვდება, დატვირთვისას კი განიცდის დაჯდომას.

პლასტიკურობის განსაზღვრის მონაცემები შეიძლება გამოვსახოთ დიაგრამის სახით. ამისათვის აბსცისთა და ორდინატთა ღერძებზე დაგვაქვს პლასტიკურობის ზედა ($W_{\text{ფ}}$) და ქვედა ზღვრების ($W_{\text{კ}}$) მაჩვენებლები, დახრილი ხაზებით კი პლასტიკურობის რიცხვის (J_3) სიდიდეები (ნახ. 7.5).



ნახ. 7.5. პლასტიკურობის რიცხვის განსაზღვრის დიაგრამა

დიაგრამაზე თიხოვანი ქანების გენეტიკური სახესხვაობების უკეთ გამოსაყოფად პლასტიკურობის რიცხვის ნორმატიული სიდიდეები (1; 7; 17) მოცემულია შედარებით მსხვილი ხაზებით.

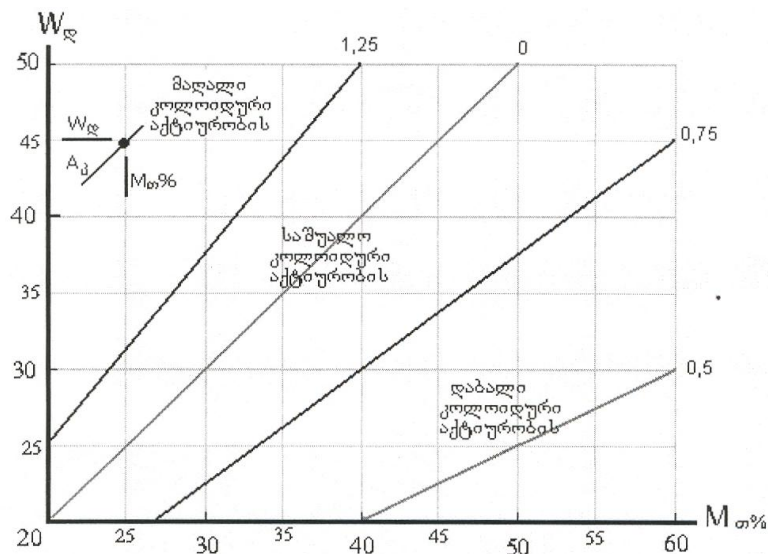


ნახ. 7.6. პლასტიკურობის რიცხვისა და თიხური ფრაქციის შემცველობის დამოკიდებულების დიაგრამა

საინტერესოა ის დიაგრამები, რომელიც აიგება თიხური ფრაქციის შემცველობის ($M_{\text{თ}}, \%$) შეპირისპირებით პლასტიკურობის რიცხვისა (J_3) და პლასტიკურობის ზედა ზღვარის ($W_{\text{ფ}}$) მონაცემებთან. პლასტიკურობის რიცხვისა და თიხური

ფრაქციის ნორმატიული მაჩვენებლებით აგებულ დიაგრამაზე (ნახ. 7.6) კარგად გამოიყოფა თიხოვანი ქანების სახესხვაობები, ხოლო პლასტიკურობის ზედა ზღვარისა და თიხური ფრაქციის შემცველობის დიაგრამაზე გავლებული კოლოიდური აქტიურობის (A_p) შესაბამისი დახრილი ხაზების მიხედვით (ნახ. 7.7) – ამ ქანების ჰიდროფილურობა.

ყველა აღნიშნულ დიაგრამაზე ლაბორატორიული მონაცემების დატანის პრინციპი ერთნაირია და აიღება აბსცისთა და ორდინატთა ღერძზე შესაბამისი მონაცემების გადაკვეთის მიხედვით.



ნახ. 7.7. პლასტიკურობის ზედა ზღვარისა და თიხური ფრაქციის შემცველობის დამოკიდებულების (კოლოიდური აქტიურობის) დიაგრამა.

დასკვნების უკეთ გამოტანის თვალსაზრისით დიაგრამების გამოყენება განსაკუთრებით სასურველია განაზომთა დიდი რაოდენობის ან ცალკეული უბნების (სხვადასხვა აღნიშვნებით) შედარების დროს.

ბუნებრივ პირობებში თიხოვანი ქანების მდგომარეობის საორიენტაციო შეფასების მიზნით სამშენებლო ნორმატივებით მიღებულია კონსისტენციის მაჩვენებელი (J_p), რომელიც მჭიდრო კავშირშია ქანის ბუნებრივ ტენიანობასა (W) და პლასტიკურობის რიცხვთან (J_p) და გამოითვლება ფორმულით:

$$J_p = (W - W_p) / J_p$$

VII.3 ცხრილში მოყვანილია ქანის სამშენებლო ნორმატივებით მიღებული მდგომარეობა კონსისტენციის მაჩვენებლის მიხედვით.

თიხოვანი ქანების მდგომარეობის მოსახერხებელი მახასიათებელია ფარდობითი კონსისტენციის მაჩვენებელი:

$$D_j = \frac{(W_g - W)}{(W_g - W_j)} = \frac{(W_g - W)}{J_j}$$

ცხრილი VII.3*

ქანის მდგომარეობა	კონსისტენციის მაჩვენებელი, J_j
<u>თიხები და თიხნარები</u>	
მაგარი	$J_j < 0$
ნახევრად მაგარი	$0 \leq J_j \leq 0.25$
მაგარპლასტიკური	$0.25 < J_j \leq 0.50$
რბილპლასტიკური	$0.50 < J_j \leq 0.75$
დენადპლასტიკური	$0.75 < J_j \leq 1.0$
დენადი	$J_j > 1.0$
<u>ქვიშნარები</u>	
მაგარი	$J_j < 0$
პლასტიკური	$0 \leq J_j \leq 1.0$
დენადი	$J_j > 1.0$

* სახ.სტანდარტი 25 100-82, გვ. 4

ცხადია, თუ W ბუნებრივი ტენიანობა მეტია W_g დენადობის ზღვარის ტენიანობაზე, ასეთ შემთხვევაში ფარდობითი კონსისტენციის D_j მაჩვენებელს აქვს უარყოფითი მნიშვნელობა და ახასიათებს, როგორც მცირე სიმტკიცისა და სიმაგრის ქანს, რომელიც სტრუქტურის დაშლის შემთხვევაში გადადის დენად მდგომარეობაში. თუ W ბუნებრივი ტენიანობა ნაკლებია W_g პლასტიკურობის ქვედა ზღვარზე, D_j -ს ექნება ერთზე მეტი მნიშვნელობა, რომელიც შეესაბამება ქანის მყარ მდგომარეობას. აქედან გამომდინარე, D_j -ს მნიშვნელობის ცვალებადობა 0-დან 1-მდე, უჩვენებს ქანის სიმკვრივის ზრდისა და კონსისტენციის მაჩვენებელთან (J_j) მისი დამოკიდებულების მაჩვენებელია, რომელიც, გამოსახება ფორმულით: $D_j = 1 - J_j$.

თიხოვანი ქანების მდგომარეობის შესაფასებლად ვ. პრიკლონსკიმ შემოგვთავაზა ბუნებრივი შემკვრივებულობის K_{η} კოეფიციენტი, რომელიც გამოითვლება

$$\text{ფორმულით: } K_{\eta} = \frac{(e_{\text{გ}} - e_0)}{(e_{\text{გ}} - e_3)}$$

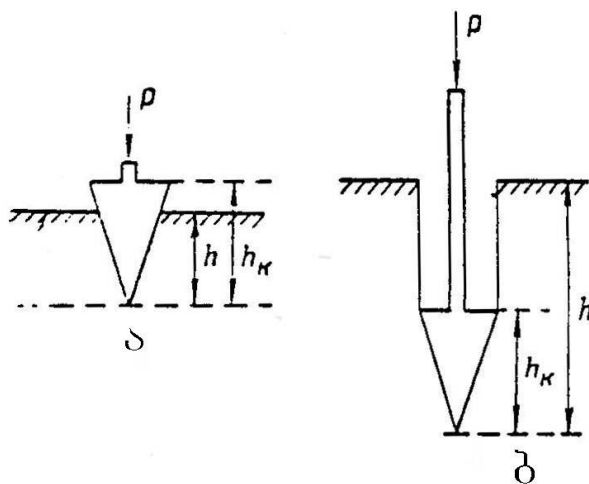
თუ გავითვალისწინებთ, რომ ფორიანობის კოეფიციენტები $e_{\text{გ}} = W\rho_{\text{გ}}$, $e_0 = W_0\rho_{\text{გ}}$, მაშინ ნათლად ჩანს, რომ მას აქვს იგივე შინაარსი, რაც ფარდობითი კონსისტენციის D_j მაჩვენებელს.

როდესაც $K_{\eta} < 0$, მაშინ ქანის ბუნებრივი ფორიანობა მეტია დენადობის ზღვრის შემთხვევაში არსებულ ფორიანობაზე, რაც დამახასიათებელია შეუმკვრივებელი ქანებისათვის. K_{η} -ს უარყოფითი მნიშვნელობა აქვს ლიოსისმაგვარ და თიხოვან ქანებს ფორმირების საწყის სტადიაში. თუ, $0 < K_{\eta} < 1$, მაშინ ქანის ბუნებრივი ფორიანობა შეესაბამება დენადობისა და პლასტიკურობის შემთხვევაში არსებულ ფორიანობას, რაც დამახასიათებელია საშუალოდ შემკვრივებული თიხოვანი ქანებისათვის. ძლიერ შემკვრივებულ ქანებისთვის დამახასიათებელია $K_{\eta} > 1$.

ბუნებრივი აგებულებისა და ბუნებრივი წოლის პირობებში თიხოვანი ქანები შეიძლება არსებითად განსხვავდებოდეს დაშლილი სტრუქტურის იმავე ქანებისაგან. ეს განსხვავება კიდევ უფრო მნიშვნელოვანია პლასტიკურობის ტენიანობის განსაზღვრისათვის მომზადებული თიხოვანი მასის – პასტის შემთხვევაში. ამიტომ, კონსისტენციის ზემოთ ჩამოთვლილ ყველა მაჩვენებელს იყენებენ თიხოვანი ქანების მდგომარეობის არაპირდაპირი, მიახლოებითი შეფასებისათვის.

ერთდერძა კუმშვაზე გამოცდის მონაცემებიდან გამომდინარე ქანის ბუნებრივი მდგომარეობის შეფასების უფრო რეალური მახასიათებლები შემოგვთავაზეს კ. ტერცაგმა და რ. პეკმა, რაც დეტალურადაა განხილული ქანების სიმტკიცისა და დეფორმაციული მაჩვენებლების განსაზღვრის ნაწილში.

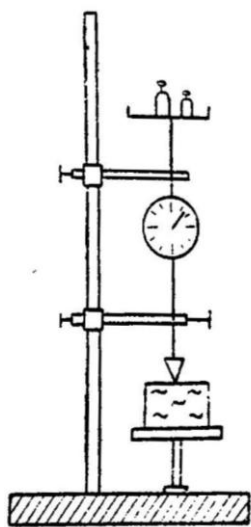
კონსისტენციის დასადგენად ფართოდ გამოიყენება პენეტრაციისა და ზონდირების მეთოდები, რომელთა არსი მდგომარეობს სტანდარტული ბუნიკების შეღწევის მიმართ ქანების წინააღმდეგობის უნარის განსაზღვრაში. თუ ბუნიკის შეღწევის სიღრმე არ აღემატება მის სიმაღლეს, მეთოდს უწოდებენ პენეტრაციას, მეტობის შემთხვევაში – ზონდირებას (ნახ. 7.8).



ნახ. 7.8. ქანების გამოცდის სქემები:
 ა - პენეტრაციისა და ბ - ზონდირების მეთოდებით.

ამ უკანასკნელს ძირითადად იყენებენ სავსელე გამოკვლევების დროს. დადგენილია, რომ ქანების სხვადასხვა მდგომარეობას შეესაბამება სიმტკიცის გარკვეული ზღვრული სიდიდეები, რომლებიც კარგად ვლინდება პენეტრაციის მეთოდით.

ქვიშოვანი და თიხოვანი ქანების გამოცდისათვის გამოიყენება პენეტრომეტრი – ხელსაწყო კონუსისებური ბუნიკით, უმეტეს შემთხვევაში 30-იანი გაშლის კუთხით (ნახ. 7.9).



ნახ. 7.9. პენეტრაციული გამოცდის ხელსაწყო სქემა

პენეტრაციული გამოცდის შედეგების დასახასიათებლად ვ. რაზორენოვმა თიხური ქანებისათვის შემოგვთავაზა პენეტრაციის კუთრი წინააღმდეგობის $R_{პენ}$ სიდიდე და პენეტრაციის N კოეფიციენტი (პენეტრაციის ფარდობითი კუთრი წინააღმდეგობა).

$$R_{პენ} = P/h^2, \quad \text{კგ/სმ}^2 \quad 0,1\text{მპა},$$

$$N = R_{პენ} / R_{დენ. პენ}$$

სადაც P პენეტრაციის ძალვაა, კგ;

h – ძალვის გავლენით კონუსისებური ბუნიკის ჩატვირთვის სიღრმე; $R_{დენ. პენ}$ – დენადობის ზღვარზე მყოფი ქანის ტენიანობის პენეტრაციის კუთრი წინააღმდეგობა (ტოლია 0.076 კგ/სმ² $0,1\text{მპა}$).

თიხოვანი ქანების კონსისტენციის შეფასება ვ. რაზორენოვის მიხედვით მოგვეყავს ქვემოთ, VII.4 ცხრილში.

№	ქანების მდგომარეობა	პენეტრაციის კუთრი წინააღმდეგობა, კგ/სმ ² 0.1მპა	პენეტრაციის კოეფიციენტი
1	თხელი დენადი (დენადი)	<0.076	<1,0
2	ბლანტ-დენადი (დენად-პლასტიკური)	0.076 - 0.17	1.1 - 2,2
3	წებვად-პლასტიკური (რბილ-პლასტიკური)	0.17 - 0.38	2.2 - 5.0
4	ბლანტ-პლასტიკური (მაგარ-პლასტიკური)	0.38 - 0.85	5.0 - 11.2
5	ნახევრად მაგარი	0.85 - 1.90	11.2 - 25.0
6	მაგარი	>1.90	>25.0

თიხოვანი ქანების შეფასება კონსისტენციის მაჩვენებლით მოცემულია აგრეთვე ქანების სიმტკიცის მახასიათებლების განსაზღვრისას მიკროპენეტრომეტრის გამოყენებით.

VII.6. ქვიშების ფარდობითი სიმკვრივე

იმ შემთხვევაში, როდესაც ნატეხოვანი ქანები, განსაკუთრებით კი ქვიშები, საძირკვლის გრუნტია, მათში წნევა გადადის უშუალოდ შეხების წერტილებში – ნაწილაკიდან ნაწილაკზე და შემკვრივება თითქმის არ არის დამოკიდებული ტენიანობაზე.

ქანების მდგრადობის რღვევას ხშირ შემთხვევაში განაპირობებს მათი სიმკვრივის ცვალებადობა, მისი აბსოლუტური მნიშვნელობა ნაწილაკების განლაგების მიხედვით შეიძლება ფართო დიაპაზონში იცვლებოდეს.

ქვიშების ბუნებრივ მდგომარეობას ფორიანობის კოეფიციენტის ყველაზე მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობისათვის განსაზღვრავენ ფარდობითი სიმკვრივით:

$$J_{\text{ფ}} = \frac{(e_{\text{მ.ა.ქ.}} - e_0)}{(e_{\text{მ.ა.ქ.}} - e_{\text{მ.ინ.}})},$$

სადაც: $e_{\text{მ.ა.ქ.}}$ ქვიშის ფორიანობის კოეფიციენტია ყველაზე მინიმალური მდგომარეობისათვის (აღგენენ მზომ ცილინდრში მშრალი ფხვიერი ქვიშის ჩაყრით);

e_0 – ბუნებრივი აგებულების ქვიშის ფორიანობის კოეფიციენტი;

$e_{\text{მ.ინ.}}$ – ყველაზე მკვრივი აგებულების ქვიშის ფორიანობის კოეფიციენტი (მიიღება ქანის მაქსიმალური დატკეპნით მინიმალურ მოცულობამდე).

ფარდობითი სიმკვრივის მიხედვით ქვიშები იყოფა: მკვრივ (0.66 – 1), საშუალო სიმკვრივისა (0.33 – 0.66) და ფხვიერ (0 – 0.33) ქანებად. ნაგებობის ქვეშ

ქვიშის შემკვრივების უნარი შეიძლება დახასიათდეს სიმკვრივის კოეფიციენტით:

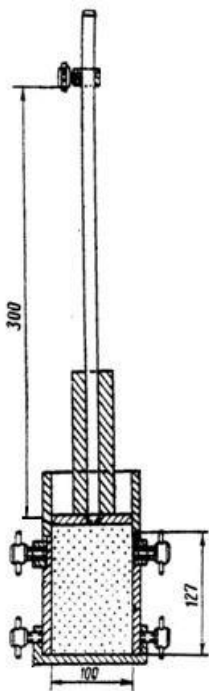
$$U = \frac{(e_{\text{მაქს.}} - e_{\text{მინ.}})}{e_{\text{მაქს.}}}$$

სიმკვრივის კოეფიციენტი იცვლება 0-დან 1-მდე და რაც უფრო ახლოსაა ერთთან, ქანი მით უფრო მკვრივია.

VII.7. ქვიშებისა და თიხოვანი ქანების ოპტიმალური ტენიანობა და მაქსიმალური სიმკვრივე

ზოგჯერ ნაგებობათა მდგრადობის მიღწევა შესაძლებელია ქანების მაქსიმალური გამკვრივებით. დადგენილია, რომ ერთი და იმავე ენერჯის დახარჯვისას ქანების შემკვრივება დამოკიდებულია ტენიანობაზე. გარკვეულ ტენიანობამდე ქანების სიმკვრივე იზრდება, შემდგომი გაზრდისას კი მცირდება და ენერჯის მატება მცირედ ცვლის მათ სიმკვრივეს. ამიტომ, ქანის მაქსიმალური სიმკვრივის მიღწევა რაციონალური ანუ სტანდარტული სამუშაოს შედეგად შესაძლებელია მხოლოდ ამ სიმკვრივის შესაბამისი ოპტიმალური ტენიანობის პირობებში.

ოპტიმალურ ტენიანობასა ($W_{\text{ოპტ.}}$) და მაქსიმალურ სიმკვრივეს ($\rho_{\text{მინ.}}$ - გამოსახულია ჩონჩხის მოცულობითი წონით) ადგენენ ლაბორატორიულ პირობებში ქანების სტანდარტული შემკვრივების ხელსაწყოთი (ნახ. 7.10).



ნახ. 7. 10 ქანების სტანდარტული შემკვრივების ხელსაწყო

ფაიფურის ჯამში ათავსებენ 4 - 5 ცდისთვის საჭირო რაოდენობის 5 მმ-იან საცერში გატარებულ საშუალო სინჯს, უმატებენ წყალს (ცხრ. VII.5) და ურევენ შპატელით. თიხოვან ქანებში წყლით თანაბრად გასაჯერებლად არანაკლებ 24 სთ-ის განმავლობაში ინახავენ ექსიკატორში. ცდის დაწყებისას იღებენ სინჯს ტენიანობის განსაზღვრისათვის. საზღვრავენ ცილინდრის წონას საფუძვლით (გ), აყენებენ ცილინდრზე ნაცმს, ავსებენ ქანით (დაახლოებით ცილინდრის მესამედამდე) და ამკვრივებენ ტვირთის დარტყმით. ასე იმეორებენ სამჯერ. თითოეულ შრეზე დარტყმათა რაოდენობა ტოლია დარტყმათა საერთო რიცხვის (ცხრილი VII.5) ერთი მესამედისა.

ქ ა ნ ი	2.5 - 3.0 კგ ნიმუშზე	
	დასამატებელი წყლის რაოდენობა, სგ	ტვირთის დარტყმის საერთო რაოდენობა
ქვიშა	80	60
ქვიშნარი	100	75
თიხნარი	200	120
თიხა	250	120

გამკვრივების შემდეგ ცილინდრს ხსნიან ნაცმს, ცილინდრის პირს თანაბრად აჭრიან ქანის ზედმეტ ნაწილს, წონიან (g_2) 1 გ-ის სიზუსტით და გამოითვლიან გამკვრივებული ქანის სიმკვრივეს: $\rho = \frac{(g_2 - g_1)}{V}$.

ცილინდრიდან იღებენ სინჯს ტენიანობის განსაზღვრისათვის, დარჩენილი ნაწილი კი გადააქვთ ფაიფურის ჯამში, სადაც მოთავსებულია ცდაში გამოუყენებელი ნაწილი და ასხამენ იმდენ წყალს, რომ მისი ტენიანობა გაიზარდოს 2 - 3 %-ით (3 კგ ქანზე დაახლოებით 50-70სმ³). დასასხამი წყლის ზუსტი მოცულობა

$$\text{ტოლია: } V_{\text{წ}} = \frac{g(W - W_0)}{1 + W_0},$$

სადაც g - ტენიანი ქანის საწყისი წონაა, გრ-ით;

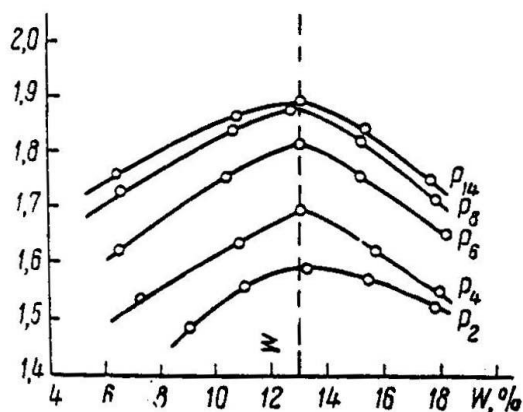
W - ტენიანობა, რომელიც გამოითვლება პროცენტობით;

W_0 - ქანის საწყისი ტენიანობა, %-ით.

ქანს გულმოდგინედ ურევენ, იღებენ სინჯს ტენიანობის განსაზღვრავად და თავიდან იმეორებენ ცდას გამკვრივებამდე ყოველი 2 - 3%-ით ტენიანობის გაზრდის შემდეგ, მანამ, სანამ ტენიანი ქანის სიმკვრივე არ დაიწყებს შემცირებას. თითოეული ცდისათვის ითვლიან ჩონჩხის სიმკვრივეს ფორმულით:

$$\rho_{\text{ჩ}} = \frac{\rho}{(1 + 0.01W)}.$$

აგებენ ქანის გამკვრივებასა და მის ტენიანობას შორის დამოკიდებულების გრაფიკს (ნახ. 7.11). ოპტიმალურ ტენიანობად იღებენ ისეთ ტენიანობას, რომლის დროსაც მიიღება მაქსიმალური შემკვრივება.



ნახ.7.11. ქანის ტენიანობის და შემკვრივების ცვალებადობის გრაფიკები

VII.8. გრუნტების გამოცდა შემკვრივებაზე ბრიტანული სტანდარტებით

ბრიტანული სტანდარტებით (BS 1377 4:1990) გრუნტების გამოცდა შემკვრივებაზე მოიცავს ოთხ ძირითად მეთოდს. ესენია :

1. მშრალი გრუნტის (ჩონჩხის) სიმკვრივის ტენიანობასთან დამოკიდებულების განსაზღვრა;
2. მშრალ მდგომარეობაში ფხვიერი მარცვლოვანი გრუნტების (ჩონჩხის) მაქსიმალურ და მინიმალურ სიკვრივეთა განსაზღვრა;
3. გრუნტების შემკვრივების ოპტიმალური ტენიანობის MCV (Moisture condition value) განსაზღვრა;
4. კალიფორნიული მზიდი კოეფიციენტის CBR (California Reading Ratio) განსაზღვრა.

1. მშრალი გრუნტის (ჩონჩხის) სიმკვრივის ტენიანობასთან დამოკიდებულების განსაზღვრა ხდება <20 მმ გრუნტებისათვის 2.5 და 4.5 კგ ფოლადით დამტკეპნის გამოყენებით, გრუნტის შემკვრივებით 1000 სმ³ მოცულობის უჟანგავი ფოლადის სპეციალურ ცილინდრში მექანიკური ან ელექტროვიბრაციული გზით.

გამოცდის პრინციპი ანალოგიურია VII.7 თავში განხილული გამკვრივების სტანდარტისა.

საანალიზო ნიმუშების საწყისი ტენიანობა ქვიშიანი და ხრეშიანი გრუნტებისათვის აიღება 4 - 6%, თხელი ქანებისათვის პლასტიკურობის ქვედა ზღვრის ტენიანობაზე 8-10%-ით ნაკლები. მეტი ტენიანობის შემთხვევაში დასაშვებია ჰაერზე მათი ნაწილობრივი გამოშრობა. შემდგომი ტენის ნამატი არის შესაბამისად 1 - 2

და 3 - 4%. თიხურ ქანებში წყლის უკეთ განაწილებისათვის არეულ საანალიზო გრუნტს არანაკლებ 24 საათის განმავლობაში ინახავენ ჰერმეტიკულ კონტეინერში.

დატკეპნის დარტყმის სიმაღლე 2.5 კგ დამტკეპნის გამოყენებისას უდრის 300 მმ-ს, 4.5 კგ-იანით – 450 მმ-ს. დარტყმების რიცხვი არის 27 და 62. ფხვიერი გრუნტებისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ელექტროვიბრაციული დამტკეპნი. ელექტროვიბრაციული დამტკეპნის სუფთა წონა 30 - 40 კგ-ია. ვიბრაციული დატვირთვა გადაეცემა 60 ± 2 წმ-ის განმავლობაში 300 - 400 H (ნიუტონი – 0.1 კგ) ძალით, რაც საკმარისია, იმისათვის, რომ დამტკეპნმა ხტუნვა არ დაიწყოს ნიმუშზე. თითოეული განსხვავებული ტენიანობის ნიმუშის გამოცდისას საზღვრავენ გრუნტის ჩონჩხის სიმკვრივესა და ტენიანობას და მათი დამოკიდებულების გრაფიკიდან ადგენენ ოპტიმალური ტენიანობის პირობებში მაქსიმალური სიმკვრივის სიდიდეს.

2. მშრალი (ჩონჩხის) ფხვიერი მარცვლოვანი გრუნტების მაქსიმალურ და მინიმალურ სიმკვრივეთა განსაზღვრა.

ქვიშისა და ხრეშის მაქსიმალურ სიმკვრივეს ($\rho_{აჟს.}$) ვსაზღვრავთ შესაბამის საცერში ნიმუშების გატარების შემდეგ მათი წყლით გაჯერებით და 300-400 H ძალით ვიბრაციული ჩაქუჩის საშუალებით მინიმუმ 2 წუთიანი შემკვრივებით. ცდის შემდეგ თერმოსტატში გრუნტის გამომშრობით ტენიანობის დადგენით გამოითვლით გრუნტის სიმკვრივეს, რომელთაგან (არანაკლებ ორი ნიმუშისა) უდიდესს ვიღებთ მაქსიმალურად.

მინიმალური სიმკვრივის ($\rho_{აბ.}$) განსაზღვრის ზოგადი პრინციპი მდგომარეობს მშრალი გრუნტის ჩაყრით მზომ ცილინდრში (არანაკლებ 1ლ მოცულობის მენზურაში), რომელიც წარიტაცებს ჰაერის მასას და წარმოქმნის შესაძლებელ მაქსიმალურად ფორებიან მარცვლოვან სტრუქტურას.

3. გრუნტების შემკვრივების ოპტიმალური ტენიანობის MCV (Moisture condition value) განსაზღვრა მოიცავს ბუნებრივი ტენიანობის ნიმუშის, ოპტიმალური ტენიანობისა და გრუნტის აბსოლუტური ტენიანობის დამოკიდებულების განსაზღვრას. მეთოდი შემუშავებულია ბრიტანეთის ტრანსპორტისა და გზების ლაბორატორიული კვლევის სამსახურის მიერ დამბების მშენებლობისას გრუნტების ვარგისიანობის შეფასებისათვის. ბუნებრივი ტენიანობის გრუნტის MCV განსაზღვრა ხდება 20 მმ-იან საცერში გატარებული 100 მმ დიამეტრისა და 200 მმ ყალიბში (ცილინდრში) მოთავსებული ნიმუშის 7კგ-იანი მასის ჩაქუჩით (დამტკეპნით) დატკეპნით.

ხელსაწყო აღჭურვილია თავისუფლად – სიმძიმის ძალით ვარდნით გრუნტზე დაცემის სიმაღლის საკონტროლო მოწყობილობითა და პენეტრაციის (დამტკეპნის შეღწევა გრუნტში) 0.1 მმ-იანი სიზუსტით გამზომი შკალით (ვერნიერით). დამტკეპნა ხდება 250 მმ სიმაღლიდან მის სრულ შემკვრივებამდე (ე.ი როდესაც არ გვექნება პენეტრაციის შემდგომი მნიშვნელოვანი ზრდა) ან 256 დარტყმამდე (ძლიერ მშრალი გრუნტებისათვის აიღება უფრო მეტიც).

გრუნტის შემკვრივების საწყისი ოთხი ანათვალის შემდეგ პენეტრაციის ყოველი ორი შემდგომი განაზომი აიღება გაორკეცებულ შუალედებში (4, 8, 16, 32, 64 და ა.შ). დამტკეპნის შემდეგ, ვითვლით პენეტრაციას ნებისმიერ 4 დარტყმას შორის (მაგ. 1, 2, 4, 8 და ა.შ) და ვაგებთ პენეტრაციისა და შესაბამისი დარტყმების ცვალებადობის ლოგარითმულ გრაფიკს, რომლის ყველაზე ციცაბო მონაკვეთზე გატარებული წრფისა და 5 მმ-იანი პენეტრაციის ცვალებადობის გადაკვეთის წერტილს (B) ვიღებთ გრუნტის შემკვრივების ოპტიმალურ ტენიანობად (MCV).

ზოგიერთი ძირითადი ფხვიერი ქანის დარტყმებისა და პენეტრაციის დამოკიდებულების გრაფიკზე 5 მმ-იანი პენეტრაციის გადაკვეთამდე შეიძლება აღინიშნებოდეს ქანობის ჯერ შემცირების, შემდეგ კი – ისევ ზრდის ტენდენცია, რაც შეიძლება აიხსნას გრუნტიდან წყლის მოშორებით ან გრუნტის ნაწილაკების მსხვრევით. ასეთ შემთხვევაში გრუნტზე შეუძლებელია გაავალოთ ციცაბო წრფე და, აქედან გამომდინარე, გამოვიყენოთ გრუნტის შემკვრივების ოპტიმალური ტენიანობის (MCV) განსაზღვრისათვის.

MCV-სა და გრუნტის აბსოლუტური ტენიანობის დამოკიდებულების დასადგენად იღებენ ჰაერზე გამომშრალ 4კგ ქანს, რომელსაც დამტკეპნისას არა აქვს გაჭყლეტისადმი მიდრეკილება. მას ცრიან 20 მმ-იან საცერში, უმატებენ გარკვეული რაოდენობის წყალს ისე, რომ მივიღოთ 13-დან 15-მდე MCV (ოპტიმალური ტენიანობა). წყლის ერთგვაროვანი განაწილების მიზნით გულმოდგინედ ურევენ და აყოვნებენ არანაკლებ 24 საათისა. გრუნტის სრული შემკვრივება მიიღწევა 20 - 32 დარტყმით დამტკეპნით. აღნიშნულ პროცედურას თითოეული ნიმუშისათვის MCV 3-4 წყალშემცველობის დიაპაზონის ფარგლებში იმეორებენ მინიმუმ 4-ჯერ. გრაფიკულად გამოხატავენ თითოეული ცდის მონაცემებს და გაანგარიშებას ახდენენ ბუნებრივი MCV განსაზღვრის მსგავსად.

4. კალიფორნიული მზიდი კოეფიციენტის CBR (California Reading Ratio) განსაზღვრა. CBR-ის სახელწოდება მიღებულია კალიფორნიის საავტომობილო გზების განყოფილების მიერ 1929 წელს ჩატარებული სამუშაოების მიხედვით. სამუშაოს მიზანი იყო სტანდარტულ პირობებში მიწის ვაკისის გრუნტის ფარდო-

ბითი წინაღობის განსაზღვრა 2.5 – 5 მმ სიღრმეზე 1 მმ/წთ სიჩქარით, 13.2 და 20 kH დამტკეპნის საშუალებით, ქანის ძალისა და ცილინდრული შტამპის პენეტრაციის მიხედვით.

CBR-ის განსაზღვრა შესაძლებელია როგორც მიწის ვაკისის მომზადებულ საველე უბანზე, ისე ლაბორატორიულ პირობებში. განსაზღვრის ორივე მეთოდი ანალოგიურია და პრინციპულად არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ლაბორატორიულ პირობებში ცდისას ნიმუშზე განვითარებული დატვირთვა უნდა შეესაბამებოდეს გრუნტის მუშაობის რეალურ პირობებს. წინააღმდეგ შემთხვევაში რეალურ პირობებთან მისაახლოებლად საჭიროა ცდის განმეორება.

ლაბორატორიულ პირობებში CBR-ის განსაზღვრა ტარდება, როდესაც ფრაქციები >20 მმ-ზე, ნაკლებია 20%-ზე. დატკეპნა ხდება 152 მმ ე.წ. ყალიბში (ცილინდრში). ხელსაწყოს აქვს დასაგრძელებელი, 250 მმ სიგრძისა და 49.65 მმ დიამეტრის მოსახსნელი სადგამი და გამოწრობილი ცილინდრული ფორმის დგუში. გრუნტში შტამპის ჩაღრმავება (პენეტრაცია) ფიქსირდება დგუშის შტამპზე და მის ღეროზე მიმაგრებული ინდიკატორებით (მენსურებით), სადაც პენეტრაციის სიღრმეს იღებენა 0.1 მმ სიზუსტით.

ტესტირება იწყება ისე, რომ დგუში გრუნტში ჩადიოდეს მუდმივი 1 მმ/წთ სიჩქარით, ვიწროთ ჩაღრმავების ინტერვალის ჩვენებებს, სანამ მისი მაქსიმუმი არ მიღწევს 7.5 მმ-ს. ტესტირება შეიძლება ჩაითვალოს დამთავრებულად, თუ 2.5 მმ პენეტრაციის CBR გახდება 6%, 5 მმ-ის შემთხვევაში კი – 6%-ზე ნაკლები.

პენეტრაციის 1 მმ/წთ მუდმივი სიჩქარისას მოსალოდნელი CBR-ის სიღრმის მიხედვით საყრდენი დატვირთვა შეიძლება იყოს 10 H (ნიუტონი – 0.1 კგ) თუ $CBR < 5\%$ -ზე; 5-დან 30%-მდე – 50 H-ის და 250 H-ისა - თუ $CBR > 30\%$ -ზე.

კალიფორნიული მზიდი კოეფიციენტის (CBR) განსაზღვრა ხდება მშრალ ან წყალგაჯერებულ ნიმუშებზე. გრუნტის წყალგაჯერებისას გამოიყენება CBR-ის ყალიბი (ცილინდრი), რომლის ფსკერი შეცვლილია პერფორირებული ფირფიტით და ჩადგმულია რეზერვუარში. ამ შემთხვევაში გაჯირჯვებაზე გამოცდა ანალოგიურია კომპრესიაზე ნიმუშის გაჯირჯვებაზე გამოცდისა. რეზერვუარში ჩადებულ ყალიბს (ცილინდრს) ავსებენ წყლით და გაჯირჯვების შემთხვევაში ზღუდავენ ვერტიკალური დატვირთვით ან აცდიან ნიმუშს გაჯირჯვებას სრულ დამთავრებამდე, რომლის ნორმალური პერიოდი არანაკლებ 4 დღეა. ნიმუშის გაჯირჯვებული ზედაპირი იჭრება და გამოიყენება პენეტრაციის ტესტირებისათვის. არაშეკავშირებული გრუნტებისათვის ეს პროცედურა საჭირო არ არის და ცდა შეიძლება დაიწყოს მაშინვე. გრუნტის პენეტრაციაზე გამოცდა მოიცავს სტატიკურ

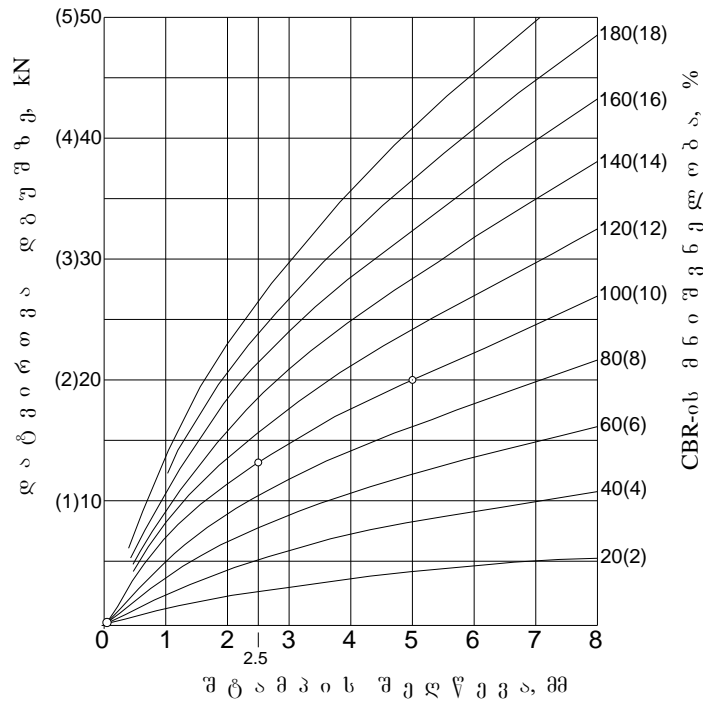
ან დინამიკურ შემკვრივებებს ხელით მექანიკური ან ვიბრაციული გზით. პირველი გულისხმობს მოცემული სიმკვრივის მიღწევამდე გრუნტის დატკეპნას სტატიკური შემკვრივებით, უბრალოდ ტვირთის ერთ შრედ დადებით, მეორე შემთხვევაში ხელსაწყო სადების ნაცმის გამოყენებით ძირითადად გრუნტის სამჯერადი შემკვრივებით. ამისათვის დაახლოებით 6 კგ სამად დაყოფილი ნიმუშის თვითოეულ ნაწილს ათავსებენ ყალიბში (ცილინდრში), ზემოდან ადებენ ნაცმს და ტკეპნიან, სანამ გრუნტის სისქე არ მიაღწევს ყალიბის სიღრმის 1/3-ს. აღნიშნულ ოპერაციას აგრძელებენ ჯერ ორი, შემდეგ კი ერთი სადებით ისე, რომ ბოლო დატკეპნის შემდეგ სადების დონე გაუსწორდეს ყალიბის პირს. თითოეული შრის დამატების წინ ნიმუშის ზედაპირის მცირე ზომის სიცარიელები საჭიროა შეივსოს იმავე ტენიანობის გრუნტით და ზედაპირი ოდნავ გაფხვიერდეს მასზე კვლების გავლებით. გრუნტის შემკვრივება ხდება 2.5 ან 4.5 კგ-იანი სატკეპნით. გრუნტის თითოეულ ნაწილს ტკეპნიან თანაბარი – 62 დარტყმით, ვიბროსატკეპნის გამოყენების შემთხვევაში 60 წამის განმავლობაში 300 - 400 H ძალით.

CBR-ის გამოსათვლელად გამოიყენება პენეტრაციის სტანდარტული სიღრმეები (2.5; 5 მმ) და მისი შესაბამისი სტანდარტული ძალები (3.2 და 20 kH). ამისათვის 2.5 და 5 მმ სიღრმეზე დგუშის შტამპზე ძალმზომი რგოლის ინდიკატორის მაჩვენებლით ვადგენთ გრუნტზე განვითარებულ ძალას (kH) და აღნიშნული სტანდარტული სიღრმის შესაბამის ძალებს (13.2 და kH 20), რომელიც აიღება 100 %-ის ტოლად და გრუნტზე განვითარებულ ძალის პროპორციულად გამოვითვლით CBR %-ობით.

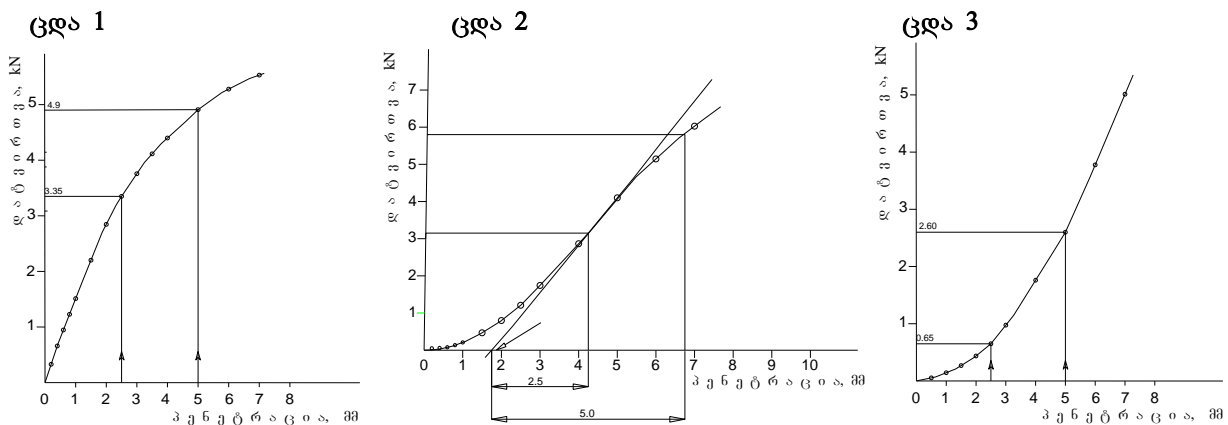
ცდით მიღებული მონაცემების საფუძველზე ძალის სიდიდის ორდინატა დერძზე (Y) და პენეტრაციის აბსცისაზე (X) დატანითა და მათი შეერთებით შეიძლება აიგოს კალიფორნიული მზიდი ამტანუნარიანობის კოეფიციენტის მრუდი. CBR ვსაზღვრავთ სტანდარტული სიღრმის პენეტრაციაზე (2.5; 5 მმ) შესაბამისი სტანდარტული ძალების (13.2 და 20 kH) მიხედვით (ნახ. 7.12).

ჩვეულებრივ CBR-ის მრუდს აქვს ამოზიდული ფორმა (ნახ.7.13.1) და იგი კორექტირებას არ საჭიროებს. თუ მრუდის საწყისი ნაწილი ჩაღუნულია, ისევე, როგორც მეორე ცდის დროს (ნახ. 7.13.2), საჭიროა მრუდის კორექტირება. ამისათვის მის ყველაზე ჩაღუნულ ნაწილში (s) ვავლებთ მხებს და პენეტრაციის დერძზე გადაკვეთის Q წერტილს ვიღებთ პენეტრაციის ახალ საწყის შკადად. იმ შემთხვევაში, როდესაც მრუდი განაგრძობს ჩაღუნვას, როგორც მესამე ცდის დროს (ნახ. 7.13.3), ივარაუდება, რომ დგუშის პენეტრაცია ზრდის გრუნტის სიმკვრივეს და შესაბამისად მის სიმტკიცეს. ასეთ შემთხვევაში ზემოაღნიშნული

კორექტირების მეთოდი არ გამოიყენება. მრუდის საშუალებით CBR-ის გამოსათვლელად 2.5 და 5 მმ პენეტრაცია და მათი შესაბამისი 13.2 kH და 20 kH ძალები აიღება, როგორც სტანდარტული სიდიდეები (100 %) და გრუნტზე განვითარებულ ძალასთან პროპორციით ორი სიდიდიდან გამოთვლილ მაღალ მაჩვენებელს იღებენ CBR-ის სიდიდედ.



ნახ. 7.12. CBR-ის 100%-იანი და სხვა მნიშვნელობების ძალგანი პენეტრაციის მრუდი.



პენეტრაცია	დატვირთვა	სტანდარტული დატვირთვა	CBR
მმ	kN	kN	%
2.5	3.35	13.2	25.4
5.0	4.9	20.0	24.5

პენეტრაცია	დატვირთვა	სტანდარტული დატვირთვა	CBR
მმ	kN	kN	%
2.5	3.15	13.2	23.9
5.0	5.8	20.0	29.0

ნახ. 7.13. CBR-ის ცდების შედეგების ტიპური მრუდები.

VIII ტაზო

ქანების წყლოვანი თვისებების კვლევა

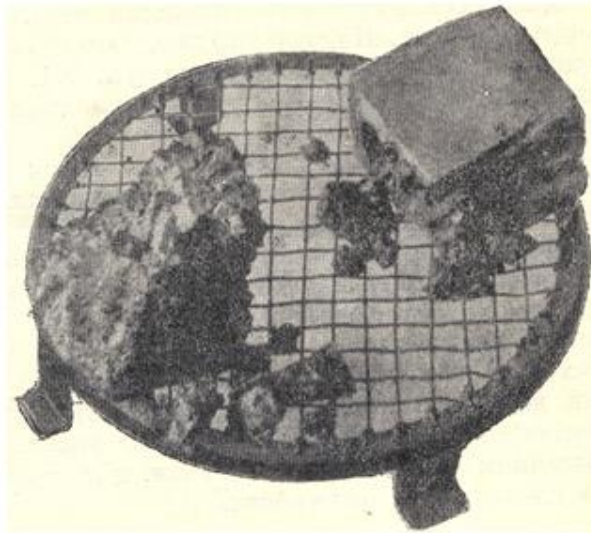
თიხოვანი ქანების წყალმდეგობა

წყალთან ქანების დამოკიდებულებას ხშირ შემთხვევაში აქვს არსებითი პრაქტიკული მნიშვნელობა საინჟინრო-გეოლოგიური ამოცანების გადაწყვეტისას. ქანების წყლოვანი თვისებების შესწავლა იძლევა ნაგებობათა და ფერდობების მდგრადობის, მათი დეფორმაციისა და სიმტკიცის ცვლილებების პროგნოზის, ქანების გატენიანების შეფასების, წყლის სტატიკური მარაგის დადგენის, ნაგებობების მიწისქვეშა ნაწილზე მოქმედების, ამოშრობის საკითხების გადაწყვეტის, გზების ვაკისის, კაშხლების, დამბების, ნაყარებისა და სხვა ტიპის ნაგებობების მშენებლობისას მასალად მათი გამოყენების შესაძლებლობას.

ქანების წყალთან დამოკიდებულების ძირითადი მაჩვენებლებია: წყალმდეგობა, ტენტევალობა, კაპილარობა და წყალშედწევადობა.

VIII.1. თიხოვანი ქანების წყალში დაღობის სიჩქარე

თიხოვანი ქანების წყალში დაღობის სიჩქარე ქანების წყალმდეგობის ერთ-ერთ მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია და გვიჩვენებს ქანის უნარს, შეინარჩუნოს ფიზიკური მდგომარეობა და სიმტკიცე ტენიანობის რეჟიმის ცვალებადობისას.



ნახ. 8.1. თიხოვანი ქანის წყალში დაღობის სქემა

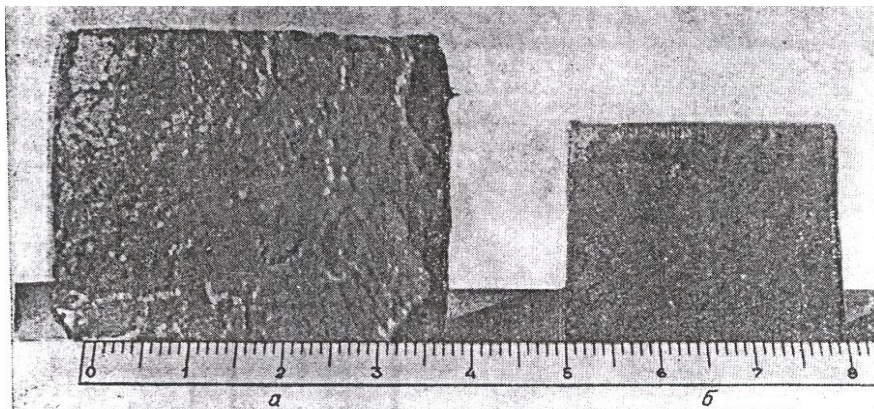
დაღობის სიჩქარის განსაზღვრისათვის ქანის მონოლითიდან მჭრელი რგოლით გამოჭრიან (5 - 7 სმ სიგრძის) კუბის ან ცილინდრის ფორმის ნიმუშს, ათავსებენ 1სმ² ნასვრეტებიან ბადეზე და ფარავენ წყლით (ნახ. 8.1). ჩაინიშნავენ დროს, რომელიც დასჭირდა ნიმუშის მთლიან დაშლას ან პროცესის ხანგრძლივად შეჩერებას.

VIII.2. თიხოვანი ქანების გაჯირჯება და შეკლება

ქანების თვისებას, დატენიანებისას მოიმატოს მოცულობაში, ეწოდება **ბურცვა ანუ გაჯირჯება**. ეს მოვლენა ყველაზე თვალსაჩინოა მაღალდისპერსულ თიხოვან ქანებში, რომელთა შედგენილობაში შედის გაცვლითი ნატრიუმის შემცველი ჰიდროფილური მონტმორილონიტის მინერალები (ნახ. 8.2).

გაჯირჯება ხასიათდება გაჯირჯების ტენიანობით ($W_{\text{გაჯ.}}$), თავისუფალი გაჯირჯებით - $\epsilon_{\text{გაჯ.}}$ ფარდობითი გაჯირჯებით და $P_{\text{გაჯ.}}$ გაჯირჯების წნევით (განიხილება მექანიკური მაჩვენებლების განსაზღვრისას).

ჩვეულებრივ გაჯირჯება ხდება გარკვეულ ტენიანობამდე, რომლის ზევით ქანი მოცულობაში აღარ მატულობს.



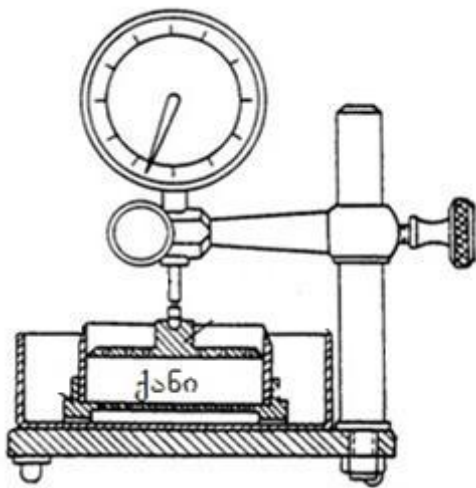
ნახ. 8. 2. ა - ბენტონიტის გაჯირჯება;
ბ - იგივე ნიმუში გაჯირჯებამდე.

ბუნებრივი ტენიანობის მქონე თიხოვანი ქანები შესაძლებელია წინასწარ შეფასდეს გაჯირჯებისადმი მიდრეკილების თვალსაზრისით. სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით გაჯირჯების უნარის მქონეა ის თიხოვანი ქანები, რომელთა $(e_{\text{გ.}} - e)/(1+e)$ შეფარდება ≥ 3 -ისა. მოცემულ შეფარდებაში $e_{\text{გ.}}$ და e დენადობის ზღვრისა და ბუნებრივი ტენიანობის პირობებში გრუნტის ფორიანო-

ბის კოეფიციენტებია. თავის მხრივ $\epsilon_{\text{გ.}} = W_{\text{გ.}} \cdot \rho_{\text{ა}} / \rho_{\text{ვ.}}$, სადაც $\rho_{\text{ა}}$ და $\rho_{\text{ვ.}}$ შესაბამისად მინერალური ნაწილისა და წყლის სიმკვრივეებია ($\rho_{\text{ვ.}}$ აიღება 1-ის ტოლად).

ქანების ბურცვის თვისებების განსაზღვრისათვის იყენებენ ა. ვასილევის ხელსაწყოს. მჭრელ რგოლში (g_1) მოთავსებულია წყლიან აბაზანაში ჩადგმული ქანის ნიმუში (g_2). წყალი ჩასხმულია ისე, რომ “ნასვრეტებიანი ფსკერი” ანდა ქვიშის ფენა, რომელზედაც მოთავსებულია რგოლი, დაიფაროს წყლით.

ნიმუშის მოცულობაში მატებას აკვირდებიან შტატივზე დამაგრებული ინდიკატორის საშუალებით, რომლის დერო ებჯინება მჭრელ რგოლზე დადგმულ ბურთულიან დგუშს (ნახ. 8.3).



ნახ. 8.3. ა.ვასილევის კონსტრუქციის გაჯირჯვების განმსაზღვრელი ხელსაწყო

ჩვენებას იღებენ აბაზანაში წყლის ჩასხმიდან დროის გარკვეული ინტერვალებით (2 – 5 – 10 – 20 – 30 წთ, სთ და ა.შ. ინტერვალების გაზრდით) გაჯირჯვების სრულ შეწყვეტამდე. ამის შემდეგ რგოლი ამოაქვთ აბაზანიდან, აცლიან ფილტრის ქაღალდს, წონიან (g_3), ათავსებენ თერმოსტატში და დაჰყავთ მუდმივ წონამდე (g_4) და ანგარიშობენ გაჯირჯვების ტენიანობას ($W_{\text{გაჯ.}}$):

$$W_{\text{გაჯ.}} = \frac{(g_2 - g_1)100\%}{g_3 - g_1}$$

თავისუფალი გაჯირჯვების სიდიდეს – ($\epsilon_{\text{გაჯ.}}$) ფარდობით გაჯირჯვებას, ჩვეულებრივ, გამოხატავენ ერთეულის ნაწილებში ანდა პროცენტობით:

$$\epsilon_{\text{გაჯ.}} = \frac{h_2 - h_1}{h_1} \quad \text{ანდა} \quad \epsilon_{\text{გაჯ.}} = \frac{(h_2 - h_1) \cdot 100}{h_1}$$

სადაც h_1 და h_2 ხელსაწყოს რგოლში ნიმუშის საწყისი და საბოლოო სიმაღლეა (მმ-ობით).

თიხოვანი ქანების გაჯირჯვების ტენიანობის სიდიდე და გაჯირჯვების ძალა ახასიათებს მათ დამოკიდებულებას წყლისადმი, ე.ი. წყალმდეგობას. ნორმატიული მაჩვენებლების მიხედვით (სახ. სტანდარტი 25 100-82) გაჯირჯვებადი ითვლება გრუნტები, რომელთა ფარდობითი გაჯირჯვებადობის სიდიდე $\epsilon_{\text{გაჯ.}} \geq 0.04$, ამას-

თან, 0.04-0.08 ახასიათებს სუსტად გაჯირჯეებად, 0.08 – 0.12 საშუალოს და >0,12-ზე – ძლიერ გაჯირჯეებად ქანებს.

თიხოვანი ქანების თვისებები იცვლება არამარტო დატენიანებისას, არამედ გაშრობის დროსაც, რომელსაც ზოგჯერ თან სდევს მათი დასკდომა, აქერცვლა (ნახ. 8.4), მონოლითურობის დაკარგვა და, აქედან გამომდინარე, ქანების მდგომარეობისა და თვისებების შეცვლა.



ნახ. 8.4. ქანის მონოლითურობის დარღვევა გამოშრობისა და შეკლების შედეგად.

თიხოვანი ქანების შეკლება ეწოდება მისი მოცულობის შემცირებას გამოშრობისას. ბურცვა-შეკლება, თიხოვანი ქანების მოცულობის ცვალებადობის ერთნაირი პროცესია, ამიტომ, შეკლების მაქსიმალური უნარი აქვს ბურცვად ქანებს.

შეკლების მახასიათებელია ფარდობითი შეკლების სიდიდე ($\epsilon_{შკ}$) და შეკლების ტენიანობის ზღვარი ($W_{შკ}$), ე.ი. ქანის ისეთი ტენიანობა, რომლის შემდეგ მოცულობაში კლება აღარ მიმდინარეობს.

შეკლების სიდიდისა და ზღვრის დასადგენად იყენებენ მჭრელ ცილინდრს, რომლის შიგა ნაწილი წინასწარ იპოხება ვაზელინით. მჭრელ ცილინდრში ათავსებენ ბუნებრივი აღნაგობისა და ტენიანობის გრუნტს (V_1), ინიშნავენ ნიმუშის საწყის სიმაღლეს (h_1), იღებენ სინჯს და საზღვრავენ მის ტენიანობას (W).

ცილინდრიდან გამოუღებლად ნიმუშს აშრობენ ჰაერზე 1 - 2 დღე-ღამის განმავლობაში, შემდეგ იღებენ ცილინდრიდან და ამდენივე ხნის განმავლობაში აგრძელებენ მის გამოშრობას ჰაერზე, ხოლო შემდეგ – თერმოსტატში, სახამ მუდმივ წონამდე (g) არ ღავა.

საზღვრავენ (შტანგენციროკულით) გამომშრალი ნიმუშის სიმაღლისა (h_2) და მოცულობის (V_2) ცვალებადობას და ანგარიშობენ საზობრივ ϵ_h ფარდობითი შეკლების სიდიდესა ($\epsilon_{შკ}$) და ტენიანობის ზღვარს ($W_{შკ}$).

$$\epsilon_{შკ} = \frac{V_1 - V_2}{V_1}; \quad \epsilon_h = \frac{h_1 - h_2}{h_1}; \quad W_{შკ} = W - \frac{100 \cdot (V_1 - V_2)}{g},$$

სშირად მიწაყრილების, დამბების მშენებლობისა და სხვა ნაგებობების საკითხების გადაწყვეტისას აუცილებელია დაშლილი სტრუქტურის ნიმუშების გამოცდა შეკლებაზე. ამისათვის ნიმუშიდან დამზადებული ერთგვაროვანი მასა მიჰყავთ მოცემულ სიმკვრივემდე და ტენიანობამდე და ისევე, როგორც ბუნებრივი აღნაგობის ქანის გამოცდისას, განსაზღვრავენ მის შეკლებას.

იმის გამო, რომ შეკლების ინტენსიურობა ძირითადად დამოკიდებულია წვრილდისპერსული ფრაქციის შემცველობაზე, გრანულომეტრიული შედგენილობის მიხედვით შესაძლებელია ზოგადად შეფასდეს შეკლებისადმი ქანის მიდრეკილება. ვ. ოხოტინი უმნიშვნელოდ შეკლებადად მიიჩნევს ნებისმიერი ფორიანობის ქანს, რომელთა შედგენილობაში თიხური ფრაქციის შემცველობა <10%-ზე. 10-დან 20%-მდე თიხის შემცველობისას მცირე ფორიანობის ქანებში შეკლების სიდიდე მატულობს თიხური ფრაქციის ზრდის მიხედვით, მაღალი ფორიანობისას კი ეს კანონზომიერება არ შეიმჩნევა. შეკლება 20-30%-ის ფარგლებში იზრდება თიხური ფრაქციის ზრდის მიხედვით და 30%-ის დროს აღწევს მნიშვნელოვან სიდიდეებს. 30-60%-ისას შეკლება მუდამ მაღალია და იზრდება თიხური ფრაქციის ზრდასთან ერთად. 60%-ზე მეტი თიხური ფრაქციის შემცველობისას და მისი მატების შემთხვევაში შეკლების სიდიდე იცვლება მცირედ.

VIII.3. ქანების ტენტევალობა

სრული ტენტევალობა და წყალნაჯერობის კოეფიციენტი

ტენტევალობა არის ქანის მიერ წყლის გარკვეული რაოდენობის დატევისა და შეკავების უნარი. არჩევენ ტენტევალობის სრულ, კაპილარულ, აკურ, მოლეკულურ და ჰიგროსკოპულ სახეობებს.

სრული ტენტევალობა ნიშნავს ქანის ფორების წყლით გაჯერებას. ის შეიძლება გამოითვალოს ფორმულით:

$$W_{\text{ბრ.}} = \frac{n}{\rho_a(1-n)} = \frac{e}{\rho_a},$$

სადაც ρ_a მინერალური ნაწილის სიმკვრივეა;

n და e - ფორიანობა და ფორიანობის კოეფიციენტი.

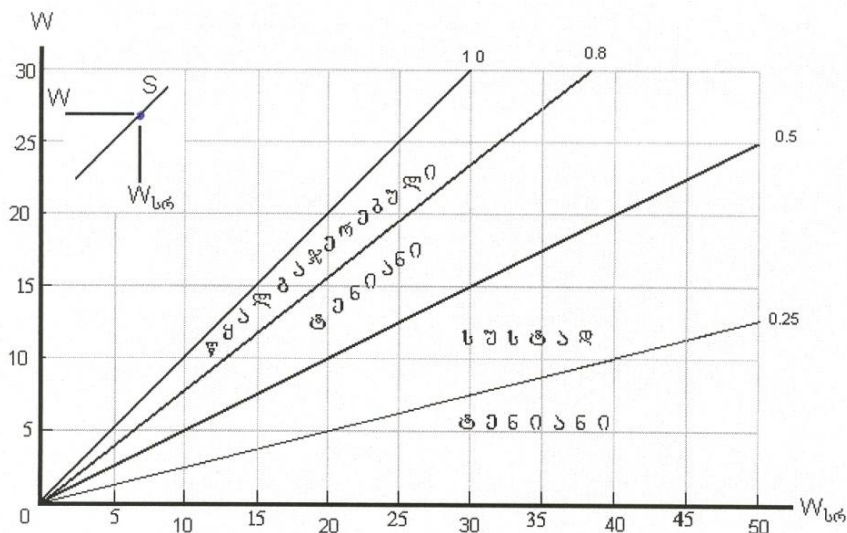
ქანებს წყლის შემცველობის მიხედვით შეიძლება ჰქონდეს სხვადასხვა მდგომარეობა. ქანის წყლით გაჯერების ხარისხის დახასიათება შეიძლება წყალნაჯერობის კოეფიციენტით ($S_{\text{წვ.}}$), რომელიც არის ბუნებრივი ტენიანობისა (W) და

სრული ტენტევალობის ($W_{\text{ბრ.}}$) ფარდობა: $S_{\text{წვ.}} = \frac{W}{W_{\text{ბრ.}}}$.

წყალნაჯერობის კოეფიციენტი ქვიშოვანი ქანების ნორმატიული მაჩვენებელია, რომელიც იცვლება 0-დან 1-მდე. არჩევენ სუსტად ტენიან - $0 < S_{\text{წვ.}} \leq 0.5$, ტენიან - $0.5 < S_{\text{წვ.}} \leq 0.8$ და წყალნაჯერ - $0.8 < S_{\text{წვ.}} \leq 1.0$ ქანებს (სახ. სტანდარტი 25 100-82, ცხ. 2, გვ. 3).

თუ თიხოვან ქანებში $S_{\text{წვ.}} > 1$, ეს მიუთითებს ქანში ჭარბი რაოდენობის თავისუფალი წყლის არსებობასა და ბუნებრივი აგებულების დარღვევისას მის დენად მდგომარეობაში გადასვლის შესაძლებლობაზე. რაც უფრო დაბალია $S_{\text{წვ.}}$, მით მეტად გაუწყლოებულია ქანი და მდგრადია მისი კონსისტენცია.

მრავალი მონაცემისა და ცალკეული უბნების ქანთა ტენიანობის ხარისხის შეფასება მოსახერხებელია ქვემოთ მოცემული დიაგრამის გამოყენებით (ნახ. 8.5).



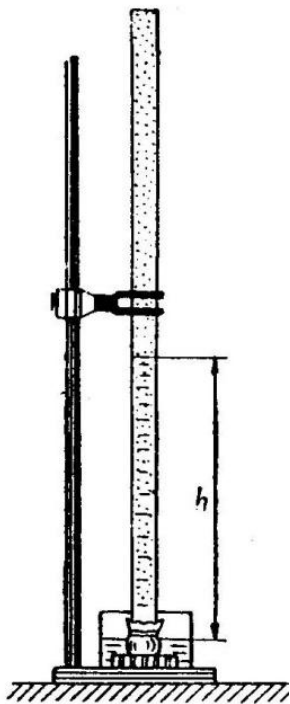
ნახ. 8.5. ქანების ტენიანობის ხარისხის შეფასების დიაგრამა.

ამ დიაგრამის აგების პრინციპი ემყარება კოლოიდური აქტიურობის შეფასებისათვის გამოყენებული დიაგრამის აგების პრინციპს, იმ განსხვავებით, რომ

აქ აბსცისთა და ორდინატთა ღერძებზე თიხური ფრაქციის შემცველობისა და პლასტიკურობის ზედა ზღვრის მონაცემების ნაცვლად იღებენ სრული ტენტევალობისა ($W_{სრ}$) და ბუნებრივი ტენიანობის (W) მონაცემებს, ხოლო კოლოიდური აქტიურობის ხაზების ნაცვლად – წყალნაჯერობის კოეფიციენტის ($S_{წ.}$) შესაბამის მახასიათებლებს.

კაპილარული ტენტევალობა

ტენიანობის გაზრდისას მცირდება წმინდა და წვრილმარცვლოვანი ქვიშებისა და განსაკუთრებით თიხების სამშენებლო ხარისხი. ქანების გაწყლიანება შეიძლება მოხდეს ზევიდან წყლის ინფილტრაციით ან ქვევიდან რომელიმე წყალშემცველი ჰორიზონტიდან ჰიდროსტატიკური, ჰიდროდინამიკური ან კაპილარული ძალების გავლენით.



ნახ. 8.6. ქვიშოვან გრუნტებში კაპილარული აწევის განსაზღვრის დანადგარი.

კაპილარული ტენტევალობა შეესაბამება ქანის არა მთლიან წყალგაჯერებას, არამედ ისეთ მდგომარეობას, როდესაც ქანის მხოლოდ კაპილარული ფორებია შევსებული წყლით. ვინაიდან თიხებისთვის ფორები უმეტესად კაპილარულია, ამიტომ მათი კაპილარული ტენტევალობა ტოლია ან ახლოსაა მის სრულ ტენტევაობასთან.

ქანების კაპილარულობა ფიზიკური მოვლენაა, რომელიც წვრილბეწვისებურ ფორებში ანუ კაპილარებში სიმძიმის ძალის საწინააღმდეგოდ წყლის დონის გარკვეულ სიმაღლემდე აწევაში მდგომარეობს.

კაპილარულობას უკავშირდება: დედამიწის ზედაპირის დაჭაობება, ნიადაგების მეორეული დამარილიანება, ნაგებობების, სარდაფებისა და ქვედა სართულების დატბორვა და სხვ. აქედან გამომდინარე, ქანების კაპილარული თვისებების შესწავლას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

კაპილარული აწევის სიმაღლე მით მეტია, რაც მეტია წყლის ზედაპირული დაჭიმულობა და მცირე – კაპილარების რადიუსი და წყლის სიმკვრივე. კა-

პილარული აწვევის სიმაღლე, მიახლოებითი ანგარიშისას აიღება ($H_p = 30/r$)-ის ტოლად, სადაც r კაპილარის რადიუსია, სმ-ობით.

თუ ვიცით გრუნტში მისი შემცველობა და ფორიანობა (n), კაპილარული აწვევის H_p გამოსაანგარიშებლად შეიძლება გამოვიყენოთ ი. კოხენის ფორმულა,

$$\text{რომელიც თეორიული გზითაა გამოყვანილი: } H_p = 0.446 \left(\frac{1-n}{n} \right) \left(\frac{1}{d_{\text{გვ}}} \right),$$

სადაც n ფორიანობაა, $d_{\text{გვ}}$ - ეფექტური დიამეტრი ანუ მოქმედი დიამეტრი (იხ. გრანულომეტრიული შედგენილობა).

ნ. ჩუბაროვმა დაადგინა კაპილარული აწვევისა (H_p) და მშრალი გრუნტის (ρ_f) დაბალი სიმკვრივეების (≈ 1.30 გ/სმ³) შემთხვევისათვის შემდეგი დამოკიდებულება: $H_p = 32.2 - 31.15\rho_f + 8.93\rho_f^2$.

ცნობილია, რომ მაქსიმალურმა სიმაღლემ კაპილარული აწვევისას წმინდა და წვრილმარცვლოვან ქვიშებში შეიძლება მიაღწიოს 1.5 - 2.0 მ-ს, თიხოვან ქანებში - 3 - 4 მ-ს. უხეშნატეხოვან ქანებში იგი იმდენად მცირეა, რომ არა აქვს პრაქტიკული მნიშვნელობა. კაპილარული აწვევის სიჩქარე დასაწყისში მაქსიმალურია, შემდეგ თანდათან მცირდება და გარკვეული სიმაღლის მიღწევის შემდეგ უახლოვდება ნულს.

კაპილარული აწვევის სიმაღლე შეიძლება განისაზღვროს უშუალო დაკვირვებითაც. ქვემოთ აღწერილი მეთოდი გამოიყენება მხოლოდ ქვიშებისათვის, ვინაიდან თიხოვან ქანებში წყლის დონის აწვევა იზომება მეტრობით, ხოლო ამ სიმაღლის მისაღწევად საჭირო დრო - თვეობით.

ცდისათვის იღებენ ერთ ბოლოზე დოლბანდშემოხვეულ ან ბადიან 1 - 3 სმ დიამეტრისა და 80 - 100 სმ სიგრძის მილს (ნახ. 8.6). ძაბრის საშუალებით მილს მცირე უღუფებითა და მსუბუქი დატკეპნით ავსებენ ქვიშით. გავსებულ მილს დგამენ ქილაში - კრისტალიზატორში და ამაგრებენ შტატივზე. ქილაში მინის ქვედა ბოლოდან 0.5 - 1.0 სმ-მდე ასხამენ წყალს, რომლის დონეს ინარჩუნებენ ცდის ბოლომდე. ქვიშაში წყლის დონის აწვევას უკვირდებიან: 5, 20, 30 წთ-ის, დღე-ღამის განმავლობაში მის სრულ დამთავრებამდე, რომლის H_p -ს სიმაღლეს თვლიან მაქსიმალურ კაპილარულ აწვევად.

ფორმულებითა და ლაბორატორიული გზით კაპილარული აწვევის განსაზღვრა მარტივია და ეკონომიური, მაგრამ უმეტეს შემთხვევაში ემყარება გრუნტის ცალკეულ მონაცემებს და მათში ხშირად უგულებელყოფილია კაპილარული აწვე-

ის ზოგი განმსაზღვრელი ფაქტორი, რაც ხშირად იწვევს მიღებული შედეგების განსხვავებას უშუალოდ ბუნებრივ გაშიშვლებებში და საძიებო გამონამუშევრებში (შურფები, თხრილები და ა.შ.) ექსპერიმენტული დაკვირვებებით მიღებულ მონაცემებთან.

კაპილარული აწვევის სიჩქარეზე მოქმედებს მრავალი ფაქტორი, რომელთა შორის გრუნტების გრანულომეტრიულ შედგენილობასთან ერთად მნიშვნელოვანია მათი ქიმიური და მინერალოგიური შედგენილობა, სტრუქტურულ-ტექსტურული თავისებურებანი, ხსნადი მარილების არსებობა, ტენიანობა, გრუნტის წყლების შედგენილობა, მისი ტემპერატურა და სხვ.

გრუნტის დისპერსიულობის ზრდა ფორების ზომას ამცირებს, იზრდება კაპილარული აწვევის სიმაღლე (H_p) და, პირიქით, მცირდება წყლის აწვევის სიჩქარე (V_p).

კაპილარული აწვევის სიმაღლესა და მის სიჩქარეზე დიდ გავლენას ახდენს გრუნტების სტრუქტურულ-ტექსტურული თავისებურებანი. მონოლითურ გრუნტებში კაპილარული გადაადგილება ხდება წინააღმდეგობის გარეშე, კოშტოვანი სტრუქტურის შემთხვევაში კაპილარული მოძრაობა სწრაფად წყდება.

კაპილარული აწვევის სიმაღლე მცირდება ქანის სიმკვრივის ზრდასთან დამოკიდებულებით. გრუნტების დატკეპნამ შესაძლებელია გამოიწვიოს კაპილარული აწვევის მთლიანი შეწყვეტა.

ხსნარების კაპილარული აწვევა მცირდება მათი კონცენტრაციისა და ტემპერატურის ზრდასთან ერთად, გრუნტში ხსნადი მარილების (თაბაშირი, კალციტი და სხვ.) მომატების შემთხვევაში კი – მატულობს.

კაპილარულ ზონაში მშრალ ქვიშებს შედარებით დაბალი კაპილარული აწვევის უნარი აქვს, ვიდრე ტენიანს. ტენიან გრუნტებში იგი 3 – 4-ჯერ უფრო მაღალია, ვიდრე მშრალში.

კაპილარული აწვევის ზღვრული სიმაღლის მისაღწევად საჭირო დრო მკვეთრად მატულობს ნაწილაკების დიამეტრის ზრდასთან ერთად. ქვიშიან გრუნტებში იგი საკმაოდ სწრაფად აღწევს ზღვრულთან მიაახლოებულ სიდიდეს, წვრილმარცვლოვან ქანებსა და თიხებში აწვევა ხდება 350 - 475 დღის განმავლობაში.

ქანების კაპილარული თვისებების უკეთ შეფასების მიზნით VIII.1 ცხრილში მოგვყავს ზოგიერთი ქანის კაპილარულ მაჩვენებლებზე ფაქტობრივი დაკვირვებების მონაცემები.

ქვიშებში 0.1 - 0.05 მმ ფრაქციის ზრდა იწვევს H_p ზრდას. ვ. ოხატონმა ცდებით დაამტკიცა, რომ ქვიშების მცირე ფორიანობის შემთხვევაშიც კი ამ ფრაქციების 12 %-ის დამატება ქმნის თითქმის ისეთივე კაპილარულ აწევას (H_p), რომელიც დამახასიათებელია თვით ამ ფრაქციებისათვის.

ცხრილი VIII.1

ქანის დასახელება		ფრაქციის ზომები, მმ	H_p მაქსიმალური სმ	მაქსიმალური აწევის დრო, დღეები	ქანის დასახელება	H_p სმ
წვრილი ხრეში		5 - 2	2.5	3	ქვიშნარი	100 - 150
ქვიშა	უხეშმარცვლოვანი	2 - 1	6.5	4	თიხნარი	მსუბუქი 150 - 200
	მსხვილმარცვლოვანი	1 - 0.5	13.1	6		საშუალო 200 - 300
	საშუალომარცვლოვანი	0.5 - 0.25	26.4	8		მძიმე 300 - 400
	წვრილმარცვლოვანი	0.25 - 0.1	42.8	12	თიხა	400 - 500
	წმინდამარცვლოვანი	0.1 - 0.05	105.5	72		
მტვროვანი (ალევილითური)		0.05 - 0.002	200	300		

მაქსიმალური მოლეკულური ტენტევალობა

მაქსიმალური მოლეკულური ტენტევალობა არის თიხოვანი ქანების ისეთი მდგომარეობა, რომლის დროსაც მკვეთრად იცვლება მისი თვისებები და დეფორმაციის უნარი. ამიტომ, იგი თიხოვანი ქანების ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვანი მაჩვენებელი – შემკვრივებისას მისი თვისებების შეცვლის საზომია.

შემჩნეულია, რომ ბევრი თიხოვანი ქანისათვის იგი ტოლია ან ახლოსაა პლასტიკურობის ქვედა ზღვრის ტენიანობასთან.

თიხოვან ქანებში მაქსიმალურ ტენტევალობას განსაზღვრვენ ლაბორატორიულად სტანდარტული მეთოდით დენადობის ზღვარზე მიყვანილ ნიმუშზე. ამისათვის გამზადებულ მასას ათავსებენ 20 ფურცელ ფილტრის ქაღალდზე. შაბლონის ($h=2$ მმ, $d=5$ სმ) საშუალებით იღებენ ნიმუშს, რომელსაც ზევიდან ადებენ იმავე რაოდენობის ფილტრის ფურცელს, ათავსებენ ხის ან ლითონის ფირფიტებს შორის და 10 წუთის განმავლობაში წნეხენ. ნიმუშის ფართზე დაწნეხა ტოლი უნდა იყოს 6.55 მპა-ისა. აღნიშნული დატვირთვა დაახლოებით შეესაბამება ფიზიკურად ბმული წყლის ზედაპირულ შრეებსა და თიხის ნაწილაკებს შორის

ურთიერთქმედების ძალების მინიმალურ სიდიდეს. ნაკლები დატვირთვის შემთხვევაში ქანში შეიძლება დარჩეს თავისუფალი მობილიზებული წყალი.

დაწნების შემდეგ ჩვეულებრივი სტანდარტით საზღვრავენ ქანის ტენიანობას, რომელიც შეესაბამება მაქსიმალურ მოლეკულურ ტენტევალობას.

ქანების ჰიგროსკოპული და მაქსიმალური ჰიგროსკოპული ტენიანობა

ჰიგროსკოპული ტენიანობა განსაზღვრავს ქანში აღსორბირებული წყლის შემცველობას. იგი დაახლოებით მშრალი ქანის ტენიანობის ტოლია, რის გამოც პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს მხოლოდ თიხოვანი და ნაწილობრივ წვრილ-მარცვლოვანი ქვიშებისათვის.

ჰიგროსკოპული ტენიანობის განსაზღვრისათვის ჰაერზე გამომშრალ ქანს სრესენ ფაიფურის სანაყში. მიღებულ მასას ცრიან 0.5 მმ ნახვრეტებიან საცერში. საშუალო სინჯიდან იღებენ 5 - 15 გ წონაკს, ათავსებენ წინასწარ აწონილ მინის ბიუქსში და თერმოსტატში მუდმივ წონამდე დაყვანით განსაზღვრავენ ჰიგროსკოპულ ტენიანობას.

მაქსიმალური ჰიგროსკოპული ტენიანობა ტოლია ან ახლოსაა ქანში ბმული აღსორბირებული წყლის მაქსიმალურ შემცველობასთან, რასაც ქანები იძენენ შთანთქმის (სორბციის) გზით ორთქლით გაჯერებული ჰაერიდან.

მაქსიმალური ჰიგროსკოპული ტენიანობის განსაზღვრისათვის წინა ცდის წესით მომზადებულ მინის თავმოხდილ ბიუქსს ნიმუშით ათავსებენ ექსიკატორში, ქვედა ნაწილში ასხამენ 10%-იან H_2SO_4 -ის ხსნარს. ხსნარის არსებობის გამო ექსიკატორში ტენიანობა 95 - 98%-ს აღწევს. ბიუქსს ექსიკატორში ტოვებენ 1-2 დღის განმავლობაში, სანამ არ დამყარდება წონასწორობა ქანის ტენიანობასა და ორთქლით გაჯერებულ ატმოსფეროს შორის. წონასწორობას აღგენენ ბიუქსის პერიოდული აწონით, რომლის მუდმივი სიდიდის მიღწევის შემდეგ ქანის ტენიანობას საზღვრავენ თერმოსტატში 100 -105°C ტემპერატურაზე მისი გამოშრობით.

წყალგაცემა ქვიშებიდან და სხვა ფხვიერი ნატეხოვანი ქანებიდან

წყალგაცემა ეწოდება წყლით გაჯერებული ქვიშებიდან და სხვა ფხვიერი ნატეხოვანი ქანებიდან თავისუფალი გამონადენის სახით წყლის გაცემის უნარი.

მაღალი წყალგაცემა ახასიათებს მსხვილნატეხოვან ქანებს და ქვიშებს, თიხებში კი, მიუხედავად მაღალი წყალშემცველობისა, ფიზიკურად შეკავშირებული წყლის ძნელად გაცემის გამო თითქმის ნულის ტოლია. ამით აიხსნება ფაქტი, რომ ქვიშებში ამოღებულ სამშენებლო ქვაბულში, თიხებისაგან განსხვავებით, ხშირია წყლის მოდინება.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, წყალგაცემის დადგენას ფხვიერ წყალგაჯერებულ ქანებში სადრენაუო სამუშაოების დროს სამშენებლო ქვაბულებში წყალმოდენის გაანგარიშებისათვის დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

წყალგაცემა ახასიათებს ქანების წყალგატარების უნარს და დაახლოებით სრული ტენტევალობისა და მაქსიმალური მოლეკულური ტენტევალობის სხვაობის ტოლია: $W_{\text{წყ}} = W_{\text{სრ}} - W_{\text{მ.მგ}}$.

ის თეორიულად გვიჩვენებს, წყლის რა პროცენტული ნაწილი გაედინება ქანის მთლიანი მოცულობიდან.

წყალგაცემის რაოდენობრივი შეფასებისათვის მიღებულია აგრეთვე წყალგაცემის კოეფიციენტი - $\mu_{\text{წყ}}$, რომელიც უდრის თავისუფლად გამდინარე წყლის მოცულობის შეფარდებას ქანის მოცულობასთან.

ქვიშოვანი ქანების წყალგაცემისა და წყალგაცემის კოეფიციენტის საშუალო მაჩვენებლები მოცემულია VIII.2 ცხრილში:

ცხრილი VIII.2

ქანები	წყალგაცემა, %	წყალგაცემის კოეფიციენტი
ხრეში, ქვიშები უხეში და მსხვილმარცვლოვანი ქვიშები:	95 - 98	0.25 - 0.35
საშუალომარცვლოვანი	80 - 90	0.20 - 0.25
წვრილმარცვლოვანი	50 - 70	0.15 - 0.20
წმინდამარცვლოვანი	30 - 50	0.10 - 0.15

VIII.4. კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების წყალმედეგობა, წყალშთანთქმა და წყალნაჯერობა

კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების პრაქტიკული საინჟინრო - გეოლოგიური შეფასებისას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება მათ წყალთან დამოკიდებულებას - წყალმედეგობას, წყალშთანთქმასა და წყალნაჯერობას.

წყალმედეგობა ხასიათდება ე.წ. დარბილების კოეფიციენტით ($R_{\text{ღარ}}$), რომელიც რიცხობრივად ტოლია წყალნაჯერი ($R_{\text{წყ}}$) და ჰაერზე გამომშრალი (R) ქანების

კუმშვაზე დროებითი წინაღობების (განვიხილათ IX თავში) შეფარდებისა:

$$R_{\text{ღარ}} = \frac{R_{\text{წყ}}}{R}.$$

რაც უფრო დაბალია ქანის ფორიანობა, მით მაღალია მისი წყალმედვეობა. ნორმატიული მაჩვენებლით ქანი დარბილებადია, თუ $R_{\text{ღარ}} < 0.75$.

კლდოვანი და ნახევარკლდოვანი ქანების ტენტევალობაზე წარმოდგენას გვაძლევს აგრეთვე მათი წყალშთანთქმისა და წყალნაჯერობის მაჩვენებლები.

წყალშთანთქმა და წყალნაჯერობა ხასიათდება ქანის ტენიანობით, პირველ შემთხვევაში წყლის თავისუფალი, ხოლო მეორე შემთხვევაში – იძულებითი გაჯერებისას.

წყალშთანთქმა შეიძლება განისაზღვროს, როგორც გარკვეული გეომეტრიული ფორმის (კუბი, ცილინდრი,...), ისე არაწესიერი ფორმის ნიმუშებზე. ამისათვის თერმოსტატში გამომშრალ – მუდმივ წონაზე დაყვანილ არანაკლებ 200გ ქანს (g_1) ორი დღე-ღამის განმავლობაში ათავსებენ წყლიან ქილაში ისე, რომ წყალი ედგას 2 სმ-ით მაღლა. ამის შემდეგ ამოაქვთ წყლიდან, ამშრალევენ სველი ხელსახოცით, წონიან (g_2) და ფორმულით $W_{\text{შთ}} = (g_2 - g_1) / g_1$ ანგარიშობენ წყალშთანთქმას.

ქანის წყლით გაჯერება შეიძლება განისაზღვროს მეორე ხერხითაც. ამ შემთხვევაში ნიმუშის წყლით დაფარვა ხდება თანდათანობით, ორ-ორი საათის ინტერვალით – პირველად ნიმუშის სიმაღლის 1/3-ზე, შემდეგ 2/3-ზე, მთლიანად და ბოლოს 2 სმ-ით მაღლა. ასეთ მდგომარეობაში ნიმუშს აყოვნებენ 5-დან 45 დღემდე და შემდეგ ზემოთ აღნიშნული ფორმულით ანგარიშობენ ნიმუშის წყალშთანთქმას.

ნიმუშის წყლით გაჯერების ხანგრძლივობა განისაზღვრება წყალმედვეობითა და დასაპროექტებელ ნაგებობაში მისი გამოყენების ხასიათით.

იძულებით ქანის წყლით გაჯერებისას გამომშრალ და აწონილ ნიმუშებს ფარავენ წყლით და ადუღებენ 4 სთ-ის განმავლობაში (წყლის დონე უნდა იყოს მუდმივი), შემდეგ აგრილებენ ოთახის ტემპერატურაზე, იღებენ წყლიდან, ამშრალევენ და ანგარიშობენ წყალნაჯერობის წყალშთანთქმის განსაზღვრისათვის გამოყენებული ფორმულით.

წყალნაჯერობის უფრო ზუსტად განსაზღვრისათვის გამოიყენება ვაკუუმ-ექსიკატორი, რომელშიც გაუხშობულ მდგომარეობაში 14 საათის განმავლობაში ათავსებენ გამომშრალ და აწონილ ნიმუშებს. ამის შემდეგ ვაკუუმის მოუხსნელად ნიმუშებს სრულ დაფარვამდე მინის მილით აწვდიან წყალს და აყოვნებენ მანამ, სანამ არ შეწყდება ჰაერის ბუშტულების გამოყოფა. ხსნიან ვაკუუმს და ნიმუშებს

კვლავ აყოვნებენ 1 დღე-ღამის განმავლობაში ბუნებრივ ატმოსფერულ წნევაზე ამის შემდეგ იღებენ წყლიდან, ამშრალევენ სველი ხელსახოცით, წონიან და წყალნაჯერობას ანგარიშობენ ამ შემთხვევაშიც წყალშთანთქმის განსაზღვრისათვის გამოყენებული ფორმულით.

წყალშთანთქმა და წყალნაჯერობის განსაზღვრა პარალელურად ხდება არანაკლებ 3 - 5 ნიმუშზე. ანგარიშობენ საშუალო მაჩვენებლებს და მათი შეფარდებით იღებენ წყალნაჯერობის კოეფიციენტს:

$$K_{\text{ნაჯ}} = \frac{W_{\text{შთ}}}{W_{\text{ნაჯ}}}.$$

საჭიროა აღინიშნოს, რომ წყალნაჯერობა მუდამ მეტია წყალშთანთქმაზე. თუ წყალნაჯერობის კოეფიციენტი მეტია 0.8-ზე, ასეთი ქანები არაყინვაგამძლე ითვლება.

კვლევის ქანებისთვის წყალშთანთქმა საშუალოდ 0.35 - 0.70%-ია, წყალნაჯერობა - 0.4 - 1.0%. ნახევრადკვლევი ქანებისათვის შესაბამისად 2 - 8 და 3 - 13%-ის. წყალშთანთქმის კოეფიციენტი ორივე ტიპის ქანისთვის მერყეობს 0.5 - 0.9-ის ფარგლებში. ქანები, რომელთა ფორიანობა <0.5%-ზე, შეიძლება ჩაითვალოს ყინვაგამძლედ.

VIII.5. ქანების წყალშედწევადობა ფილტრაციის კოეფიციენტი

წყალშედწევადობა არის გარკვეული დაწნევის ქვეშ ქანის მიერ წყლის გატარების უნარი. იგი მატულობს ქანების ფორიანობისა და დაწნევის სიდიდის ზრდის პროპორციულად.

თიხები პრაქტიკულად წყალშედწევადია, რადგან მათი ფორები მცირე ზომისაა, რის გამოც ისინი წყალს ატარებენ მხოლოდ მაღალი წნევის პირობებში.

ქანების წყალშედწევადობის ძირითადი მაჩვენებელია ფილტრაციის კოეფიციენტი. იგი განსაზღვრავს ფილტრაციის სიჩქარეს - წყლის მოძრაობას მაღალი დონის უბნებიდან დაბლისაკენ ერთეული დაწნევითი გრადიენტის დროს (წნევათა სხვაობის შეფარდება ფილტრაციის გზის სიგრძესთან).

ვინაიდან ლაბორატორიულ პირობებში შეუძლებელია ყველა იმ ბუნებრივ გეოლოგიური და სხვა გარე ფაქტორების გათვალისწინება, რაც გავლენას ახდენს ქანების წყალგამტარობის თვისებებზე, ქვემოთ VIII.3 ცხრილში მოგვყავს ფილტრაციის მიახლოებითი სიდიდეები და განსაზღვრის ის მარტივი მეთოდები, რო-

მელთა გამოყენებით მიღებული მონაცემები, ჩვენი აზრით, საკმარისია პრაქტიკული საინჟინრო-გეოლოგიური საკითხების გადასაწყვეტად.

ცხრილი VIII.3

**ქანების ფილტრაციის კოეფიციენტის მიახლოებითი მნიშვნელობანი
(ნ. ბინდემანის, ი. სედენკოს, გ. ბოგომოლოვისა და ნ. აგალინის მიხედვით)**

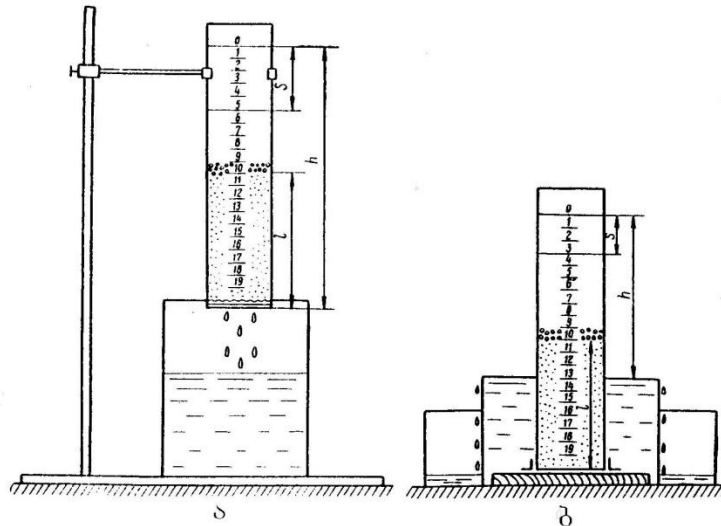
ქანი და მისი სახესხვაობა		$K_{ფ}$, მ/დღ.დ	ქანი და მისი სახესხვაობა		$K_{ფ}$, მ/დღ.დ	
კლდოვანი და ნახევრადკლდოვანი ქანები.	სუსტად დანაპრალებული	5 - 20	ლიოსი	(0.05 - 0.5)	0.05 - 0.5	
	დანაპრალებული	20 - 60	ქვიშნარი (0.1-2.0)	შკვრივი	0.01 - 0.1	
	ძლიერ დანაპრალებული	>60		ფხვიერი	0.4-1.0	
კენჭები, ღორღი, ხრეში, ხვინჭა (50 - 150).	ქვიშიანი	20 - 100 (30 - 100)	თიხნარი (0.001-0.1)	მიიმე	0.001 - 0.005	
	დახარისხებული	>100				
	სუფთა	100 - 200 (>100)				
ქვიშა	მსხვილი (30 - 50)	თიხიანი	35 - 40	საშუალო და მსუბუქი	0.005 - 0.4	
		ერთგვაროვანი	60 - 75			
	საშუალო (10 - 30)	თიხიანი	20 - 25	თიხა	(<0.001)	<0.001
		ერთგვაროვანი	35 - 50			
	წვრილი (2 - 10)	თიხიანი	10 - 15	ტორფი	გახრწნილი	
		ერთგვაროვანი	20 - 25		სუსტად	1.0 - 4.5
	მტვროვანი (0.5 - 1.0)	თიხიანი	0.5 - 1.0		საშუალოდ	0.15 - 1.0
		ერთგვაროვანი	1.5 - 5.0	ძლიერ	0.01 - 0.15	
შენიშვნა: ფრჩხილებში მოცემულია $K_{ფ}$ ბინდემანის მიხედვით						

**ქვიშის ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა
გ. კამენსკის მილის საშუალებით**

ლაბორატორიაში ქანების წყალშედწევადობის განსაზღვრის პრინციპი ძირითადად ხელსაწყოში წნევათა სხვაობის შექმნასა და შემდეგ დამყარებული წნევის მონაცემებით ფილტრაციის კოეფიციენტის დადგენას ეყარება.

გ. კამენსკის მილით (ნახ 8.7) ქვიშების ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა ყველაზე მარტივი მეთოდია. მისი გამოყენება შესაძლებელია როგორც ლაბორატორიულ, ისე საველე პირობებში.

გ. კამენსკის ხელსაწყო 1 სმ დანაყოფებიანი 20-25 სმ სიგრძისა და 2-4 სმ დიამეტრის მინის მილია. მას ახვევენ დოლბანდს ან ბადეს, ათავსებენ 10-15 სმ სიმაღლის ქილაში, ამაგრებენ შტატივზე და ავსებენ 10 სმ-მდე გამოსაცდელი ქვიშით.



ნახ. 8.7. სქემა გ. კამენსკის მილით ქვიშის ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის. ა – წვრილი და საშუალომარცვლოვანი ქვიშების; ბ – მსხვილმარცვლოვანი ქვიშების.

ქვიშით გავსება ხდება თანდათანობით 2 - 3 სმ სისქის შრეებად, რომელსაც ტკეპნიან ქილაში და აჯერებენ წყლის ჩასხმით.

ქილაში წყლის დონე არ უნდა აღემატებოდეს ქვიშის შრის დონეს. ქვიშა თუ წვრილმარცვლოვანია, ზევით და ქვევით უკეთდება 1 - 2 სმ-იანი ხრეშის ზონა.

ქილაში ვასხამთ წყალს, რომ მისი დონე 1-2 სმ-ით მაღლა იყოს 0-ზე. როდესაც მილში წყლის დონეები გათანაბრდება, მილს ჭიქიდან სწრაფად აწვევენ და ინიშნავენ წყლის გაგლის დროს 0-დან 5 დანაყოფამდე, მცირედ წყალგამტარი ქვიშებისათვის – 0-დან 3-მდე.

ზომავენ წყლის ტემპერატურას და ქვემოთ მოყვანილი ფორმულით ანგარიშობენ ფილტრაციის კოეფიციენტს:

$$K_{ფ} = l/t f(S/h),$$

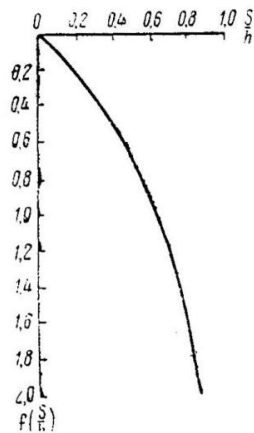
სადაც $K_{ფ}$ არის ფილტრაციის კოეფიციენტი, სმ/წმ;

l - ფილტრაციის გზის სიგრძე, სმ;

t - წყლის დონის ცვლილების დრო მილში 0-დან 3 - 5 წმ-მდე;

S - წყლის დონის დაწვევა მილში (სმ), t - დროში, (წმ); h - საწყისი წნევა, სმ.

სიდიდე $f(S/h)$ მარტივად შეიძლება განისაზღვროს გრაფიკით (ნახ. 8.8) ან VIII.4 ცხრილით.



ნახ. 8.8. $f(S/h)$ სიდიდის განსაზღვრის გრაფიკი

ცხრილი VIII.4

ფუნქციის მნიშვნელობა

S/h	f(S/h)	S/h	f(S/h)	S/h	f(S/h)	S/h	f(S/h)
0,01	0,010	0,26	0,301	0,51	0,713	0,76	1,427
0,02	0,020	0,27	0,315	0,52	0,734	0,77	1,470
0,03	0,030	0,28	0,329	0,53	0,755	0,78	1,514
0,04	0,040	0,29	0,343	0,54	0,777	0,79	1,561
0,05	0,051	0,30	0,357	0,55	0,799	0,80	1,609
0,06	0,062	0,31	0,371	0,56	0,821	0,81	1,661
0,07	0,073	0,32	0,385	0,57	0,844	0,82	1,715
0,08	0,083	0,33	0,400	0,58	0,868	0,83	1,771
0,09	0,094	0,34	0,416	0,59	0,892	0,84	1,833
0,10	0,105	0,35	0,431	0,60	0,916	0,85	
0,11	0,117	0,36	0,446	0,61	0,941	0,86	1,966
0,12	0,128	0,37	0,462	0,62	0,967	0,87	2,040
0,13	0,139	0,38	0,478	0,63	0,994	0,88	2,120
0,14	0,151	0,39	0,494	0,64	1,022	0,89	2,207
0,15	0,163	0,40	0,510	0,65	1,050	0,90	2,303
0,16	0,174	0,41	0,527	0,66	1,079	0,91	2,408
0,17	0,186	0,42	0,545	0,67	1,109	0,92	2,526
0,18	0,198	0,43	0,562	0,68	1,140	0,93	2,659
0,19	0,210	0,44	0,580	0,69	1,172	0,94	2,813
0,20	0,223	0,45	0,598	0,70	1,204	0,95	2,996
0,21	0,236	0,46	0,616	0,71	1,238	0,96	3,219
0,22	0,248	0,47	0,635	0,72	1,273	0,97	3,507
0,23	0,261	0,48	0,654	0,73	1,309	0,98	3,912
0,24	0,274	0,49	0,673	0,74	1,347	0,99	4,605
0,25	0,288	0,50	0,693	0,75	1,386		

მსხვილმარცვლოვანი ქვიშებისათვის ცდა ტარდება დაბალი წნევითი გრადიენტებით. ამისათვის საანალიზოდ აღებულ წყალნაჯერ ნიმუშიან მილს აწვევის

ნაცვლად ქილიანად სწრაფად ათავსებენ კრისტალიზატორში (ნახ. 8.7.ბ). *h* წნევას ზომავენ 0-დან ჭიქის დონემდე, რომელიც ჩაქონილი წყლის გადმოდვრის გამო, ცდის მიმდინარეობისას მუდმივია.

მიღებული მონაცემებით წინა ცდის მსგავსად ითვლიან ფილტრაციის კოეფიციენტს. ფილტრაციის კოეფიციენტის საშუალო მაჩვენებლის სიდიდის მისაღებად ცდას ორივე შემთხვევაში იმეორებენ რამდენჯერმე.

ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა დ. ზნამენსკის და ვ. ხაუტოვის კონსტრუქციის (IIБ) ხელსაწყოთი

დ. ზნამენსკისა და ვ. ხაუტოვის კონსტრუქციის (IIБ) ხელსაწყო საშუალებას გვაძლევს, განვსაზღვროთ ფილტრაციის კოეფიციენტი ცვლადი წნევის პირობებში წყლის აღმავალი და დადმავალი ნაკადებისათვის (ნახ. 8.9).

ხელსაწყო შედგება ცილინდრული კორპუსისა და სახურავისაგან. კორპუსს ქვედა ნაწილში აქვს წყლის მისაწოდებელი ონკანი. სახურავი აღჭურვილია პიეზომეტრული მილებით (11, 9) და შესაბამისი ონკანებით. პიეზომეტრში წყლის დონე ფიქსირდება საყრდენზე დამაგრებული მცოცავი მაჩვენებლით, ტემპერატურისა – ამ საყრდენის ქვედა ნაწილში ჩამონტაჟებული თერმომეტრით. ცდის პროცესში ქანის გაჯირჯევას აფერხებს მომჭერი ხრახნი.

ნიმუშის აღება ხდება მჭრელი რგოლით (ფართობი 40 სმ², დიამეტრი 124 მმ, სიმაღლე 20 ან 40 მმ). ქანიან რგოლს, აერთებენ მიმმართველ ცილინდრთან და ათავსებენ სადების ფსკერის გისოსზე წინასწარ მოთავსებულ სველ, ფილტრიან ქაღალდზე. ქანს ზევიდანაც აფარებენ სველ ფილტრიან ქაღალდს, ადგამენ დგუმს, ათავსებენ ხელსაწყოს კორპუსის შიგნით და მჭიდროდ მიზიდავენ გადასასხსნელი ჭანჭიკებით.

ვინაიდან ნიმუში ჰერმეტიკულადაა ჩადებული ხელსაწყოში, შიგა კორპუსში წყლის მოძრაობისას იქმნება ორი ბიეფი – შიგა (ა) და გარე (ბ).

ონკანის გაღებით პიეზომეტრის ზედა ბოლოების დონეზე დაყენებული ტუბუსიანი ბოთლიდან შლანგის საშუალებით ხელსაწყოს აწვდიან წყალს. მარცხენა პიეზომეტრში წყლის გამოჩენისას კეტავენ ზედა ონკანს (12) და ბ ბიეფიდან, ჰაერის გამოდევნის მიზნით, ხელსაწყოს ოდნავ ხრიან საპირისპირო მიმართულებით, სანამ მარჯვენა პიეზომეტრში (9), რომელიც მიმაგრებულია ა ბიეფთან, არ გამოჩნდება წყალი. კეტავენ მარჯვენა ონკანს (6) და ა ბიეფიდან ასევე საპირისპირო მიმართულებით გადახრით გამოდევნიან ჰაერს. ამის შემდეგ

ხელსაწყოს ტოვებენ მშვიდ მდგომარეობაში წყლით ქანის სრულ გაჯერებამდე, რაც დგინდება პიეზომეტრში წყლის დონის სტაბილიზაციის მიხედვით.

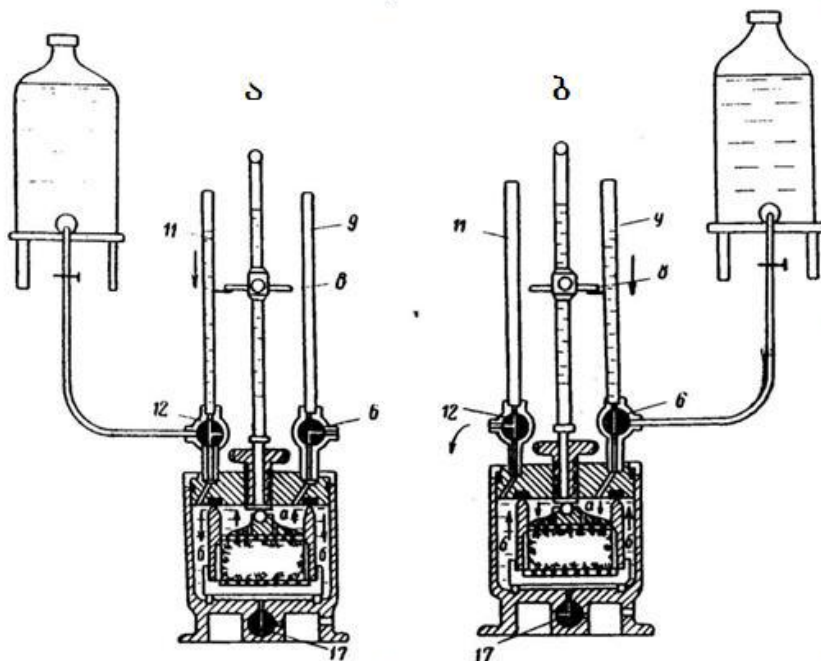
ქანის წყლით გაჯერების შემდეგ იწყებენ მის გამოცდას ფილტრაციაზე აღმავალი ან დაღმავალი ნაკადის სახით.

აღმავალი ნაკადის სქემის მიხედვით (ნახ. 8.9, ა) მარჯვენა ონკანს პიეზომეტრიდან (9) წყლის გამოსაშვებად ჩამოაცმევენ შლანგს და ქვეშ უდგამენ ქილას, კეტავენ ქვედა ონკანს (17), ალებენ მარჯვენას და პიეზომეტრიდან წყლის ჩამოდვრის შედეგად მარცხენა პიეზომეტრში (11) ქმნიან წნევას, რის შედეგადაც წყალი იწყებს გაფილტვრას პიეზომეტრიდან ბიფსა და ქანში ქვევიდან ზევით. პიეზომეტრში წყლის დონის ცვალებადობის ანათვლებს იღებენ სამუშაო დღის განმავლობაში არანაკლებ 2 - 3 გაზომვით. ცდას აღმავალ ნაკადზე იმეორებენ 2 - 3-ჯერ. ამისათვის პიეზომეტრს (11) წყლით ავსებენ ტუბუსიანი ბოთლიდან ონკანის (12) საშუალებით.

დაღმავალი ნაკადის სქემის (ნახ. 8.9, ბ) მიხედვით ცდას ატარებენ მარჯვენა პიეზომეტრში წყლის დონის დაწვეის სიჩქარის მიხედვით.

ფილტრაციის კოეფიციენტი განისაზღვრება ფორმულით:

$$K_{ფ} = [f(S/h) : t] l f 864 / F ,$$



ნახ. 8.9. IIВ ხელსაწყო და მისი მუშაობის სქემა
 ა - აღმავალი, ბ - დაღმავალი ნაკადის სქემები.

სადაც $f(S/h)$ ფუნქციაა, რომელიც გამოითვლება VIII.4 ცხრილით ან ნახაზზე მოცემული 8.8 გრაფიკით; S - წყლის დონის დაწვეა (სმ). პიეზომეტრულ მილში t

- (წმ) დროში; h - საწყისი წნევა (სმ); f და F პიეზომეტრული მილისა და ხელსაწყოს რგოლის განიკვეთების ფართობები (სმ²); l - ფილტრაციის გზის სიგრძე (სმ); 864 - გადამყვანი კოეფიციენტი სმ/წმ-დან მ/დღე-ღამეში.

ფილტრაციის გამოსათვლელი ზემოთ მოცემული ფორმულა შეიძლება ჩაიწეროს მარტივად: $K_{ფ} = AM$,

სადაც $A = [f(S/h):t]$ და $M = l f 864 / F$.

ყოველი ხელსაწყოსათვის A და M -ის მნიშვნელობები შეიძლება შეირჩეს შესაბამისი ცხრილებიდან.

ქვიშების ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა მათი გრანულომეტრიული შედგენლობის მიხედვით

ქვიშების ფილტრაციის კოეფიციენტი მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მათ გრანულომეტრიულ შედგენილობასა და ფორიანობაზე. ფილტრაციაზე გამოცდის მრავალი ხელსაწყო არსებობს, მაგრამ ზოგ შემთხვევაში შეიძლება დაეკმაყოფილდეთ სხვადასხვა ემპირიული ფორმულების გამოყენებით, რომელთა შორის ყველაზე მარტივია ხაზენის ფორმულა:

$$K_{ფ} = d_{10}^2 C (0.7 + 0.03T),$$

სადაც $K_{ფ}$ არის ფილტრაციის კოეფიციენტი მ/დღეღამეში;

d_{10}^2 - მარცვლის მოქმედი ანუ ეფექტური დიამეტრი, მმ (იმ მარცვლების ზომა, რომლებიც შეადგენენ ქანის ნიმუშის საწყისი წონის 10%-ზე ნაკლებს);

C - ქვიშების ერთგვაროვნების ემპირიული კოეფიციენტი, რომელიც ერთგვაროვანი ქვიშებისთვის 1200-დან 800-ის ფარგლებში იცვლება, არაერთგვაროვანისთვის - 400-დან 800-მდე;

$0.7 + 0.03T$ - შესწორება ტემპერატურაზე.

ხაზენის ფორმულა გამოიყენება ქვიშებისათვის, რომელთა მარცვლის მოქმედი დიამეტრი 0.1-დან 3.0 მმ-დე იცვლება და არაერთგვაროვნების კოეფიციენტი არ აღემატება 5-ს.

თუ მივიღებთ, რომ საშუალომარცვლოვანი ქვიშებისათვის C კოეფიციენტი არის 864, გასაფილტრი წყლის ტემპერატურა 10⁰C (ე.ი. ტემპერატურაზე შესწორება 1-ის ტოლად), მაშინ ფილტრაციის კოეფიციენტს ექნება უმარტივესი სახე:

$$K_{ფ} = d_{10}^2, \text{ სმ/წმ}$$

ე.ი. ფილტრაციის კოეფიციენტი ტოლი იქნება მოქმედი დიამეტრის კვადრატისა.

ჩ. სლისტერმა ფილტრაციის კოეფიციენტის საანგარიშო $K_{ფ} = 496 \cdot M d_{ფ}^2$ მ/დღ ფორმულაში მოქმედი ეფექტური დიამეტრის გარდა, შეიტანა ე.წ. ფორიანობის ფუნქცია (M).

აღნიშნული ფორმულით $K_{ფ}$ -ის განსაზღვრა იძლევა საშუალომარცვლოვანი და ნაწილობრივ მსხვილმარცვლოვანი ქვიშებისათვის $K_{ფ}$ -ს განსაზღვრის მეტნაკლებად ექსპერიმენტულ მონაცემებთან ახლოს მდგომ მაჩვენებლებს.

M რიცხობრივად დამოკიდებულია ქანის ფორიანობაზე (n) მისი მნიშვნელობები 0.26-დან 0.47-ის ფარგლებში მოცემულია VIII.5 ცხრილში.

ცხრილი VIII.5

ფორიანობის ფუნქციის მნიშვნელობა სლისტერის მიხედვით

ფორიანობა, n	M	ფორიანობა, n	M	ფორიანობა, n	M
0.26	0.01187	0.33	0.02601	0.41	0.05339
0.27	0.01350	0.34	0.02878	0.42	0.05789
0.28	0.01517	0.35	0.03163	0.43	0.06267
0.29	0.01684	0.36	0.03473	0.44	0.06776
0.30	0.01905	0.37	0.03808	0.45	0.07295
0.31	0.02212	0.38	0.04154	0.46	0.07838
0.32	0.02356	0.39	0.04524	0.47	0.08455

ტერცაგის ფორმულა: $K_{ფ} = \frac{C}{\eta_i} \left(\frac{n-0,13}{\sqrt[3]{1-n}} \right) d_{ფ}$, სმ/წმ; ძირითადად გამოიყენება

მსხვილმარცვლოვანი ქვიშების ფილტრაციის კოეფიციენტის ($K_{ფ}$) განსაზღვრავად.

მოცემულ ფორმულაში η_i წყლის სიბლანტეა და $t=0^{\circ}\text{C}$ -ის დროს ტოლია 0.0178-ისა; $t=0,15^{\circ}\text{C}$ -ის დროს – 0.0114; $d_{ფ}$ მოქმედი ანუ ეფექტური დიამეტრია, სმ-ობით; n – ფორიანობა ერთეულ ნაწილში; C – ემპირიული კოეფიციენტი. გლუვი ზედაპირის შემთხვევისათვის უდრის 10.48, ხოლო დაკუთხულისათვის – 6.02.

იმ შემთხვევაში, როდესაც დამუშავების ხარისხი არ არის ცნობილი, $K_{ფ}$ გამოითვლება ორივე შემთხვევისათვის და აიღება მათი საშუალო მაჩვენებელი.

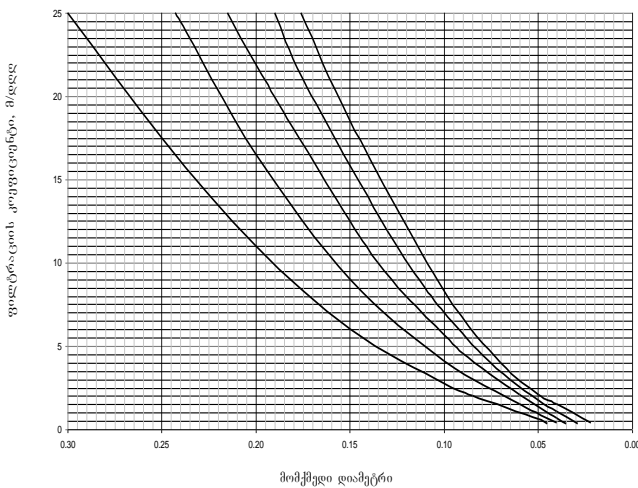
ყველა ზემოთ აღნიშნული ფორმულისათვის ნ. ბინდემანმა შეადგინა მოხერხებული ნომოგრამები, რომლებიც შეიძლება გამოვიყენოთ ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრის დროს.

ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა ნ. ბინდემანის ნომოგრამებით

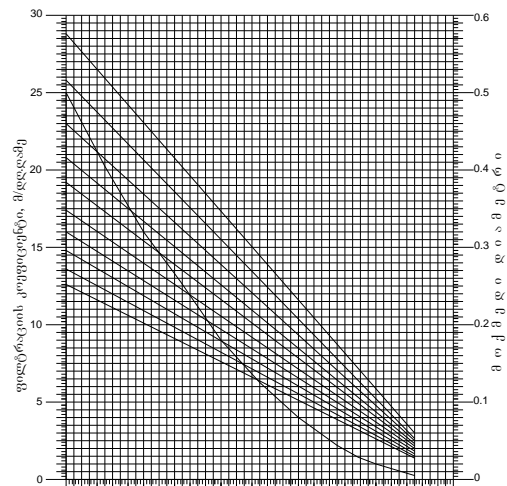
ა) ხაზენის ფორმულის მიხედვით:

გრანულომეტრიული შედგენილობის განსაზღვრის ანალიზით ვადგენთ საკონტროლო დიამეტერს (d_{60}) და მოქმედ ანუ ეფექტურ დიამეტერს (d_{10}), მათი ფარდობით ვსაზღვრავთ არაერთგვაროვნების კოეფიციენტს და ვადგენთ ხაზენის ფორმულით მათი გამოყენების შესაძლებლობას.

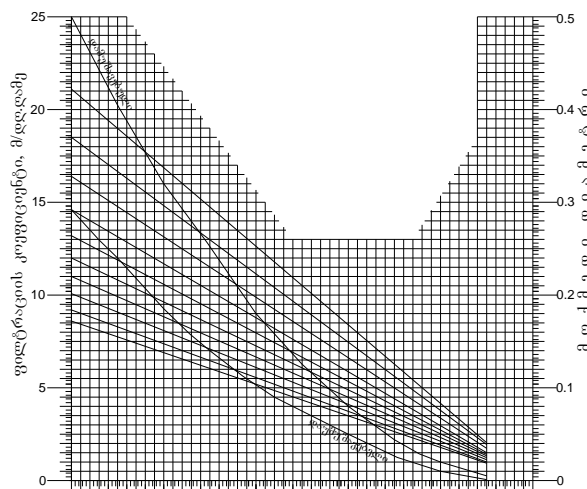
ა) $C = 400 \div 1200$



ბ) $n = 0.28 \div 0.46$



გ) $n = 0.28 \div 0.46$



ნახ. 8.10. ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრის ნომოგრამები:

ა) ხაზენის ფორმულით, ბ) სლისტერის ფორმულით, გ) ტერცაგის ფორმულით

დიაგრამის ჰორიზონტალურ ღერძზე (ნახ. 8.10) ვპოულობთ მოქმედი დიამეტრის შესაბამის წერტილს, საიდანაც ადგმართავთ მართობს ემპირიული კოეფიციენტის აღმნიშვნელი მრუდის გადაკვეთამდე. აქედან მარცხნივ გავლებული ჰორიზონტალური ხაზი იქნება საძიებელი ფილტრაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობა.

ბ) სლიტერის ფორმულის მიხედვით:

ნომოგრამის (ნახ. 8.10) მარჯვენა ვერტიკალზე მოვნიშნავთ შესაბამისი მოქმედი დიამეტრის მნიშვნელობას, საიდანაც მარცხნივ ვავლებთ ჰორიზონტალურ ხაზს გრუნტის ფორიანობის მაჩვენებლის გადაკვეთამდე. გადაკვეთის წერტილიდან ვუშვებთ მართობს წვეტილ მრუდზე, რომლის წერტილიდან მარცხენა ვერტიკალზე დაპროექტებული ხაზი გვაძლევს საძიებელი ფილტრაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობას.

გ) ტერცაგის ფორმულის მიხედვით:

ნომოგრამის (ნახ. 8.10) მარჯვენა მართობზე მოქმედი დიამეტრის მნიშვნელობიდან ვავლებთ ჰორიზონტალურ ხაზს ნიმუშის ფორიანობის შესაბამისი მაჩვენებლის გადაკვეთამდე და ვუშვებთ მართობს ქვიშის დამუშავების ხარისხის მრუდზე. მრუდზე დაფიქსირებული წერტილიდან გატარებული ჰორიზონტალური ხაზი მარცხენა მართობზე შეესაბამება საძიებელი ფილტრაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობას.

ტემპერატურული შემასწორებლის (η) გათვალისწინება ნ. ბინდემანის ნომოგრამებით ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრისას

ნ. ბინდემანის ნომოგრამებში ფილტრაციის კოეფიციენტის ($K_{ფ}$) ყველა მნიშვნელობა (ხაზენის ფორმულის გარდა) მოცემულია 0°C-ის პირობებისათვის, ამიტომ ნომოგრამის გამოყენებისას $K_{ფ}$ მრავლდება VIII.6 ცხრილში მოყვანილ შესაბამის ტემპერატურულ შემასწორებელზე (η).

ცხრილი VIII.6

t^0	η	t^0	η	t^0	η	t^0	η	შენიშვნა
1	1.041	6	1.211	11	1.401	16	1.603	ხაზენის ფორმულით განსაზღვრული $K_{ფ}$ -ის დროს η გამოითვლება ფორმულით: $η = (0.7 + 0.03t) / 0.7 = 1 + 0.049t$
2	1.066	7	1.247	12	1.435	17	1.648	
3	1.099	8	1.281	13	1.483	18	1.695	
4	1.134	9	1.318	14	1.521	19	1.728	
5	1.171	10	1.359	15	1.561	20	1.762	

IX თავი

ქანების მექანიკური თვისებების კვლევა

ქანის მექანიკური თვისებები ასახავს მის უნარს, წინააღმდეგობა გაუწიოს დატვირთვას გარე ძალების ზემოქმედებით და ვლინდება დაშლისა და დეფორმაციის მიმართ წინააღმდეგობით. ქანის უნარს, წინააღმდეგობა გაუწიოს რაიმე დატვირთვას აღნაგობის დაუშლელად, უწოდებენ სიმტკიცეს, ხოლო ფორმისა და მოცულობის შეცვლას – დეფორმაციას.

კლდოვანი, ნახევრადკლდოვანი და მკვრივი თიხოვანი ქანების სიმტკიცის მაჩვენებლებია: დროებითი წინაღობა კუმშვაზე, ხლეჩასა და გაჭიმვაზე, ხოლო რბილშეკავშირებული და ფხვიერი შეუკავშირებელი ქანებისათვის – შიგა ხახუნის კუთხე და მისი კოეფიციენტი, საერთო შეჭიდულობა და ძვრის კოეფიციენტი.

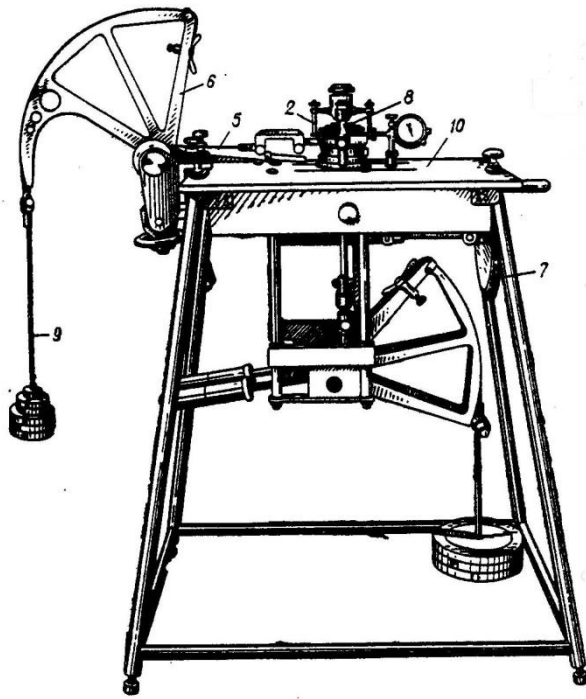
დეფორმაციის მაჩვენებლებს მიეკუთვნება საერთო დეფორმაციის, დრეკადობისა და განივი დეფორმაციის მოდულები, გვერდითი წნევის, მაკროფორიანობის, ფარდობითი დაჯდომადობისა და კუმშვადობის კოეფიციენტები.

IX.1. ძვრაზე წინაღობის მაჩვენებლების განსაზღვრა

ჭრის ხელსაწყოთი

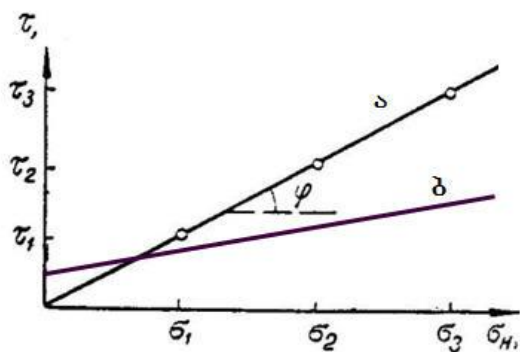
არსებობს ძვრაზე წინაღობის განსაზღვრის რამდენიმე მეთოდი, რომელთაგან ყველაზე მეტად გავრცელებულია გრუნტის გამოცდა ჭრაზე. ჰიდროპროექტის კონსტრუქციის ხელსაწყოთი (ნახ. 9.1) ჭრის ძირითადი პრინციპია ორად გაყოფილ ლითონის ყუთში მოთავსებული საცდელი ნიმუშის გადაჭრა სხვადასხვა ვერტიკალურ დატვირთვაზე. ჭრა ხდება ზედა მოძრავ ნაწილზე მიმაგრებულ ბლოკზე გადაკიდებული ტროსით, ტვირთის თანდათანობითი ზრდით. ნორმალური (F) და ძვრის (Q) ძალები ნიმუშს გადაეცემა ბერკეტული სისტემით (მხრების შეფარდებით 1 : 10), ნიმუშის ფართობი (A) 40 სმ-ია.

ჭრის შემდეგ აგებენ ძვრაზე წინააღობისა ($\tau = Q/A$ მპა) და მოქმედი ვერტიკალური დატვირთვის ($\sigma = F/A$ მპა) გრაფიკს (ნახ. 9.2), საზღვრავენ ძვრაზე წინააღობის ძალებს – შინაგანი ხახუნის კუთხეს (φ), მის კოეფიციენტს ($tg\varphi$) და შეჭიდულობის ძალებს (C მპა).



ნახ. 9.1. მასლოვ-ლურიეს ჭრის ხელსაწყოს საერთო ხედი

შიგა ხახუნის კუთხე ის კუთხეა, რომელსაც წრფე აბსცისათა ღერძთან ადგენს, ხოლო, რომელსაც წრფე ორდინატთა ღერძზე კვეთს, გრუნტის შეჭიდულობის ძალას შეესაბამება. თუ ცდა სწორადაა ჩატარებული, ნორმალური დატვირთვისა და შესაბამისი ძვრის ძალების გადაკვეთის წერტილები დაახლოებით ერთ სწორზე უნდა დალაგდეს, გადახრა დასაშვებია 5%-მდე. ქვიშებისათვის წრფე უნდა გადიოდეს კორდინატთა სათავეზე, თიხური ქანებისთვის კი – მის ზემოთ.



ნახ. 9.2. ძვრისადმი გრუნტის წინაღობისა და მოქმედი დატვირთვის ურთიერთდამოკიდებულების გრაფიკი. ა – ქვიშებისათვის; ბ - თიხოვანი ქანებისათვის.

ცნობილია, რომ ძვრის წინაღობის ძალა და ვერტიკალური დატვირთვა წრფივ დამოკიდებულებაშია, თიხოვან ქანებში მათ ემატება შეჭიდულობის ძალა C .

$$\tau = \sigma tg\varphi + C.$$

განტოლება ასახავს ქანების მექანიკური თვისებების, კერძოდ, სიმტკიცის ცვლილების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს კანონზომიერებას. ამ ფორმულიდან გამოდინარე, ძვრისადმი წინაღობის მაჩვენებლები (φ , $tg\varphi$ და C) ერთი მონოლითის

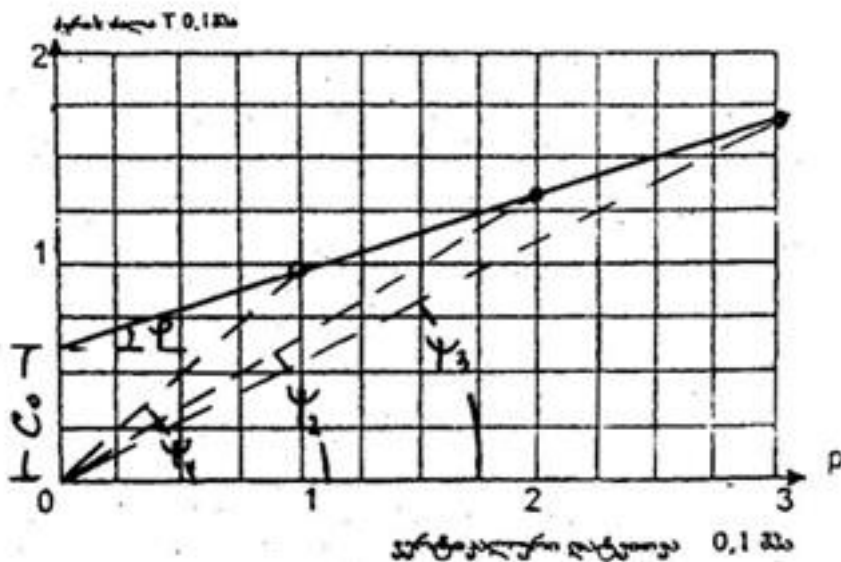
ან ერთი საინჟინრო-გეოლოგიური ელემენტის ნიმუშის $n \geq 3$ რაოდენობის შემთხვევაში შეიძლება განვსაზღვროთ შემდეგნაირად:

$$\begin{aligned} \tau_1 &= \sigma_1 \operatorname{tg} \varphi + C; \quad \tau_2 = \sigma_2 \operatorname{tg} \varphi + C. \\ \operatorname{tg} \varphi &= (\tau_2 - \tau_1) / (\sigma_2 - \sigma_1); \quad \varphi = \operatorname{arctg} \varphi \\ C &= \tau_1 - \sigma_1 \operatorname{tg} \varphi = \tau_2 - \sigma_2 \operatorname{tg} \varphi \text{ ან} \\ \operatorname{tg} \varphi &= \frac{n \sum \tau_i \sigma_i - \sum \tau_i \sum \sigma_i}{n \sum (\sigma_i)^2 - (\sum \sigma_i)^2}; \quad C = \frac{\sum \tau_i \sigma_i^2 - \sum \sigma_i \sum \tau_i \sigma_i}{n \sum (\sigma_i)^2 - (\sum \sigma_i)^2} \end{aligned}$$

სადაც τ_i ძვრისადმი გრუნტის წინაღობაა შესაბამისი σ_i ნორმალური დაძაბულობის შემთხვევაში.

აღნიშნული მეთოდით გრუნტის φ და C განსაზღვრა მართებულია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ σ_1 დატვირთვის შესაბამისი ფორიანობა და ტენიანობა σ_2 დატვირთვაზეც უცვლელი რჩება.

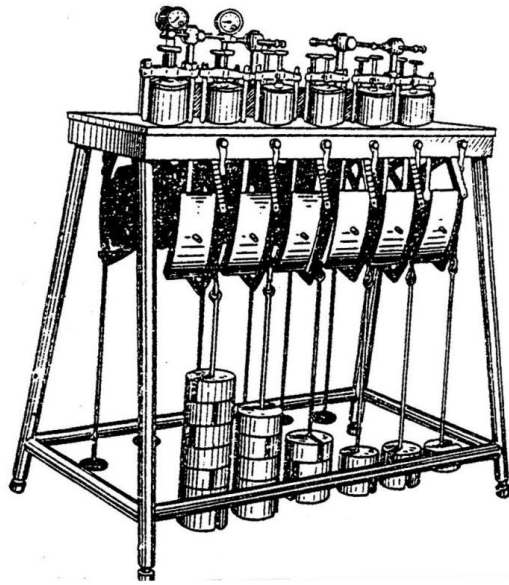
ზოგჯერ უმჯობესია ძვრისადმი გრუნტის წინაღობის უნარი შეფასდეს ძვრის (ψ) კოეფიციენტით, რომელიც განისაზღვრება შესაბამისი დატვირთვებისა (σ) და ძვრის წინაღობის მაჩვენებლების (τ) შეერთებით კოორდინატთა სათავესთან. აბსცისთა ღერძთან წრფეებით შედგენილი კუთხეები (ψ_1, ψ_2 და ა.შ.) იქნება ძვრის კუთხეები, მათი ტანგენსები კი – ძვრის კოეფიციენტები (ნახ. 9.3).



ნახ. 9.3. გრუნტის ძვრის კოეფიციენტის განსაზღვრა ძვრისადმი გრუნტის წინაღობისა და მოქმედი დატვირთვის გრაფიკით.

ძვრამდე ქანების წინასწარი შემკვრივების მიზნით ჰიდროპროექტის კონსტრუქციის ხელსაწყოს თან ახლავს სპეციალური კომპრესიული დანადგარი (ნახ.

9.4), რომელიც შედგება 12 დამტკეპნი ჭიქისა და მაგიდაზე დამონტაჟებული ნორმალური ძალის გადამცემი ბერკეტული (მხრების შეფარდება 1 : 10) მექანიზმისაგან. ნორმალური ძალის მისაყენებლად აღჭურვილია 1, 2 და 4 კგ-იანი საწონებით. კომპლექტი შეიცავს აგრეთვე თითო 1.5 და 3.5 კგ საწონებსაც პირველ ნიმუშზე მოქმედი ტრავერსის (ნორმალური დატვირთვის გადამცემ ნიმუშზე) წონის 0.5 და 1კგ/სმ²-მდე შესავსებად.



ნახ. 9.4. გრუნტის წინასწარი შემკვრივების ხელსაწყო

ნიმუშს ამკვრივებენ ჭიქაში მოთავსებულ მუშა რგოლებში დატვირთვის ამათუ იმ საფეხურებით დეფორმაციის სრულ სტაბილიზაციამდე. თუ ჭრა გათვალისწინებულია წყლიან გარემოში, ჭიქაში ასხამენ წყალს. სტაბილიზაციას აფიქსირებენ ინდიკატორის ან ნორმალური ძალის გადამცემ სექტორულ ბერკეტზე დამაგრებული მოძრავი სკალის საშუალებით. ეს დრო თიხოვანი გრუნტებისათვის არანაკლებ 16 საათია, ქვიშებისათვის კი – 0.5 საათი. გამკვრივების ხელსაწყოდან ნიმუშიანი რგოლები, რომელიც იმავე ზომისა, როგორც ჭრის ხელსაწყო, ძვრის წინააღმდეგ ცდის ჩასატარებლად გადააქვთ ხელსაწყოს მუშა კოლოფის ცილინდრულ დრუში.

ერთ სიბრტყეში ბუნებრივი ტენიანობის ან წყალნაჯერ მდგომარეობამდე მიყვანილი გრუნტების ჭრის ცდისათვის საჭირო ნორმატიული მაჩვენებლები მოცემულია IX.1 და IX.2 ცხრილებში.

ნარჩენი ძვრის წინააღმდეგ განსაზღვრავენ გადაჭრილი ნიმუშების ხელმეორედ გამოცდის გზით. ამისათვის ასწორებენ მათ გადაჭრილ ზედაპირს, აერთებენ ერთმანეთთან, ათავსებენ ჭრის ხელსაწყოს მუშა რგოლში, აძლევენ იმავე ნორმა-

ლურ დატვირთვებს, რასაც პირველი ჭრისას, თითოეული საფეხურის ათ-ათი წუთის დაყოვნებით და ჭრიან ისევე, როგორც ბუნებრივი სტრუქტურის ნიმუშებს.

ცხრილი IX.1

გრუნტები	დრო ნიმუშის წყალგაჯერებისათვის, არანაკლებ	თითოეული საფეხურის დაყოვნების დრო	დრო ბოლო საფეხურის კონსოლიდაციამდე 24 სთ ≤ 0.01 მმ
ქვიშები	10 წთ	5 წთ	20 წთ
თიხური (არადაჯდომადი და არაგაჯირჯეებადი) ქვიშნარი	3 სთ		2 სთ
თიხნარი $J_p < 12$	6 სთ		6 სთ
$J_p \geq 12$	12 სთ	30 წთ	12 სთ
თიხები $J_p < 22$	12 სთ		12 სთ
$J_p \geq 22$	36 სთ	30 წთ	12 სთ
დაჯდომადი	როგორც არადაჯდომადი გაჯირჯეების დეფორმაციის სტაბილიზაციამდე – 0.1 მმ 24სთ-ში	30 წთ	3 სთ
გაჯირჯეებადი			როგორც არაგაჯირჯეებადი

ცხრილი IX.2

გრუნტები სიმკვრივისა და კონსისტენციის მაჩვენებლის მიხედვით	ნორმალური დატვირთვა, P მპა	დატვირთვის საფეხურები, ΔP მპა
საშუალომარცვლოვანი, მკვრივი ქვიშები; მაგარი $J_d < 0$ თიხები	0.1; 0.3; 0.5	0.1
საშუალომარცვლოვანი და საშუალო სიმკვრივის ქვიშები; წვრილი, მკვრივი და საშუალო სიმკვრივის ქვიშები. ქვიშნარები და თიხნარები $J_d \leq 0.5$	0.1; 0.2; 0.3	0.05
თიხები $0 < J_d \leq 0.5$		
საშუალომარცვლოვანი და ფხვიერი წვრილმარცვლოვანი ნებისმიერი სიმკვრივის ქვიშები	0.1; 0.15; 0.2	P=0.1-მდე 0.025; შემდგომ 0.05
თიხოვანი და ორგანულმინერალური ქანები დენალობის მაჩვენებლით:		
$J_d < 0.5$	0.1; 0.15; 0.2	
$0.5 \leq J_d < 1.0$	0.05; 0.1; 0.15	
$J_d \geq 1.0$	0.025; 0.075; 0.125	
შენიშვნა – დაჯდომადი გრუნტების ნორმალური დატვირთვა წინასწარი დატვირთვის შემთხვევაში წყალგაჯერ მდგომარეობაში გამოცდისას უნდა შეადგენდეს 0.3 მპა, საფეხურებისა - $\Delta P = 0.05$ მპა. თუ 0.125 და 0.15 მპა დროს ხდება გრუნტის ხელსაწყოდან გამოჭედილობა, აუცილებელია მისი შემცირება 0.025 მპა-მდე.		

ძვრისადმი გრუნტის წინალობის მაჩვენებლების განსაზღვრისას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს იმ გარემოებას, რომ ვერტიკალური დაატვირთვა

იწვევს გრუნტის გამკვრივებას, რაც მნიშვნელოვნად ცვლის ნიშუშის ფორიანობასა და ტენიანობას და, აქედან გამომდინარე, ძვრისადმი წინაღობის მაჩვენებლებსაც. ამიტომ კონკრეტული პირობების შესაბამისად იყენებენ გამოცდის ამა თუ იმ სქემას, რომელთაგან ყველაზე მიღებული და გავრცელებული სქემებია:

1. ქანების გამოცდა სწრაფი ძვრის (მჭრელი ძალა იზრდება თანაბრად და უწყვეტად) სქემით – ქანების წინასწარი შემკვრივების გარეშე ჭრის ხელსაწყოში ნიშუშის ჩატვირთვიდან არაუგვიანეს 2 წუთისა;

2. ქანების გამოცდა ნელი ძვრის სქემით (დატვირთვის თითოეული ასალი საფეხური გადაცემა წინა დეფორმაციის დამთავრების შემდეგ) – წინასწარი შემკვრივების – დამთავრებული კონსოლიდაციის პირობებში.

ორივე სქემის შემთხვევაში შემკვრივების ძალა არ აღემატება ქანების სტრუქტურულ სიმტკიცეს და ბუნებრივი დატვირთვის ან ნაგებობების მოსალოდნელი წონის თანახმადია.

პირველი სქემით მიღებული შედეგები უფრო ზუსტად ასახავს ქანების სიმტკიცეს ბუნებრივ პირობებში და რეკომენდებულია ქვიშოვანი ქანების კვლევის დროს.

მეორე სქემა მიღებულია სამშენებლო ნორმებით და ხშირად უწოდებენ **სტანდარტულს**. ჭრა ხდება წყლის ქვეშ ან ბუნებრივი ტენიანობის ქანების წინასწარ დამტკეპნ ხელსაწყოში მოთავსებით, საპასუხისმგებლო ნაგებობებზე – უშუალოდ ჭრის ხელსაწყოში შემკვრივებით, ვინაიდან ქანის ნიშუშის ჩატვირთვა დამტკეპნი ხელსაწყოდან ჭრის ხელსაწყოში არსებით გავლენას ახდენს ცდის შედეგებზე.

წინასწარი გამოკვლევის სტადიაში, როდესაც გვინდა წარმოდგენა შევიქმნათ ბუნებრივ სიმტკიცეზე, მეორე სქემის გარდა, მიზანშეწონილია, პირველი სქემის გამოყენებაც.

ძვრისადმი წინაღობაზე ნებისმიერი სქემით ნიშუშის გამოცდისას ჭრის ხელსაწყოში ნიშუშის ჩატვირთვამდე, აუცილებელია შემოწმდეს:

1. მოძრავი პანელის ჰორიზონტალური მდგომარეობა (გასწორდეს მაგიდის ფეხების ბოლოებზე არსებული გამათანაბრებელი ხრახნებით);

2. ძვრის ძალის გადამცემი მექანიზმისა და გამწვევი ცილინდრის დამაკავშირებელი ტროსის ჰორიზონტალურობა და პარალელურობა, მოძრავი პანელის სიბრტყის მიმართ (გასწორდეს ძვრის ძალის გადამცემი მექანიზმის სამაგრი ხრახნებით, საჭიროების შემთხვევაში კი – გადამცემი მექანიზმის მთელი კორპუსის გადაადგილებით);

3. ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ბერკეტების წონასწორობა გასწორდეს ბერკეტების მაწონასწორებელი ხრახნებით;

4. გრუნტის ჭრის მონაცემების კორექტირებისათვის საჭიროა გათვალისწინებულ იქნეს ხელსაწყო ნაწილების ურთიერთხახუნის შედეგად წარმოშობილი ძვრის ძალები. ამიტომ, აუცილებელია ჩატარდეს ტესტირება. ამისთვის ძვრის ძალების გადამცემ მექანიზმს ცვლიან ორ ლითონის კოლოფს შორის მოთავსებული სეპარატორით და ატარებენ ცდას ჩვეულებრივ სხვადასხვა ნორმალური დატვირთვის შემთხვევისათვის საკიდზე ტვირთის თანდათანობით დამატებით ზედა ფილის მოძრაობაში მოყვანამდე. მიღებული მონაცემებით ადგენენ ძვრისადმი ხელსაწყო წინაღობის ძალებს.

თუ ხელსაწყო კარგადაა კონსტრუირებული, მისი წინაღობა არ უნდა აღემატებოდეს ნორმალური დატვირთვის 0.5%-ს. როდესაც ნიმუში წინასწარ მკვრივდება დამტკეპნ ხელსაწყოში, ცდის დაწყება დასაშვებია ჭრის ხელსაწყოში გადატვირთვისა და მასზე ნორმალური დატვირთვიდან 0.5 საათის შემდეგ.

ქანის გამოჭყლეტის თავიდან ასაცილებლად ზედა და ქვედა მჭრელ გარსაცმს შორის ღრეჩო (1 - 2 მმ) უნდა გაკეთდეს უშუალოდ ჭრის წინ.

ჰორიზონტალური დატვირთვები შეადგენს ხელსაწყო ნორმალური დატვირთვის 10%-ს, ხოლო, დეფორმაციების შესამჩნევე გაზრდის შემდეგ 5%-ს. დეფორმაცია ჩამქრალად ითვლება, თუ მისი სიდიდე წუთში 0.02-0.03 მმ-ს არ აღემატება, გადაჭრილად – როდესაც დეფორმაცია მიმდინარეობს ჰორიზონტალური დატვირთვის დაუმატებლად ან დეფორმაციის საერთო სიდიდე გაუტოლდება 5 მმ-ს.

ქანების სწრაფი ჭრისას ცდა უნდა დაიწყო ნორმალური დატვირთვის გაცემიდან არაუმეტეს 2 წუთში. მძვრელი ძალები უნდა გადაეცეს შეუწყვეტლივ, დეფორმაცია იზრდებოდეს თანაბრად და ცდის საერთო ხანგრძლივობა არ აღემატებოდეს 2 - 3 წუთს.

ჭრის მონაცემების მიხედვით გამოთვლილი ძვრისადმი წინაღობის ძალები (φ^0) და C კვ/სმ²·0.1 მპა ქანის სიმტკიცის უმნიშვნელოვანესი რიცხვობრივი მაჩვენებლებია, ამიტომ IX.3 ცხრილში მოგვყავს სხვადასხვა ქვიშოვანი და თიხოვანი ქანების შიგა ხახუნის კუთხისა (φ) და შეჭიდულობის ძალის (C) ნორმატიული მაჩვენებლები (სამშენებლო ნორმები და წესები 2.02.01-83, სარეკომენდაციო დანართი 1; ცხრილი 1;2, გვ. 27).

ნებისმიერი ტენიანობის ქვიშები და სხვადასხვა კონსისტენციის თიხოვანი ქანები	შიგა ხახუნის კუთხისა (φ^0) და შეჭიდულობის ძალის (C კგ/სმ ² 0.1მპა) მაჩვენებლები ფორიანობის სხვადასხვა კოეფიციენტის (e) შემთხვევისათვის							
	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.05	
ქ ვ ი შ ე ბ ი								
1. სრეშოვანი და მსხვილ-მარცვლოვანი	0,02 43	0,01 40	– 38	– –	– –	– –	– –	
2. საშუალომარცვლოვანი	0,03 40	0,02 38	0,01 35	– –	– –	– –	– –	
3. წვრილმარცვლოვანი	0,06 38	0,04 36	0,02 32	– 28	– –	– –	– –	
4. მტვროვანი	0,08 36	0,06 34	0,04 30	0,02 26	– –	– –	– –	
თ ი ხ ო ვ ა ნ ი ქ ა ნ ე ბ ი								
1. ქვიშნარი $0 \leq J_p \leq 0,25$	0,15 30	0,11 29	0,08 27	– –	– –	– –	– –	
	$0,25 < J_p \leq 0,75$	0,13 28	0,09 26	0,06 24	0,03 21	– –	– –	
2. თიხნარი $0 \leq J_p \leq 0,25$ $0,25 < J_p \leq 0,50$ $0,5 < J_p \leq 0,75$	0,47 26	0,37 25	0,31 24	0,25 23	0,22 22	0,19 20	– –	
	$0,25 < J_p \leq 0,50$	0,39 24	0,34 23	0,28 22	0,23 21	0,18 19	0,15 17	
	$0,5 < J_p \leq 0,75$	– –	– –	0,25 19	0,20 18	0,16 16	0,14 14	0,12 12
3. თიხები $0 \leq J_p \leq 0,25$ $0,25 < J_p \leq 0,50$ $0,5 < J_p \leq 0,75$	– –	0,81 21	0,68 20	0,54 19	0,47 18	0,41 16	0,36 14	
	$0,25 < J_p \leq 0,50$	– –	– –	0,57 18	0,50 17	0,43 16	0,37 14	0,32 11
	$0,5 < J_p \leq 0,75$	– –	– –	0,45 15	0,41 14	0,36 12	0,33 10	0,29 7

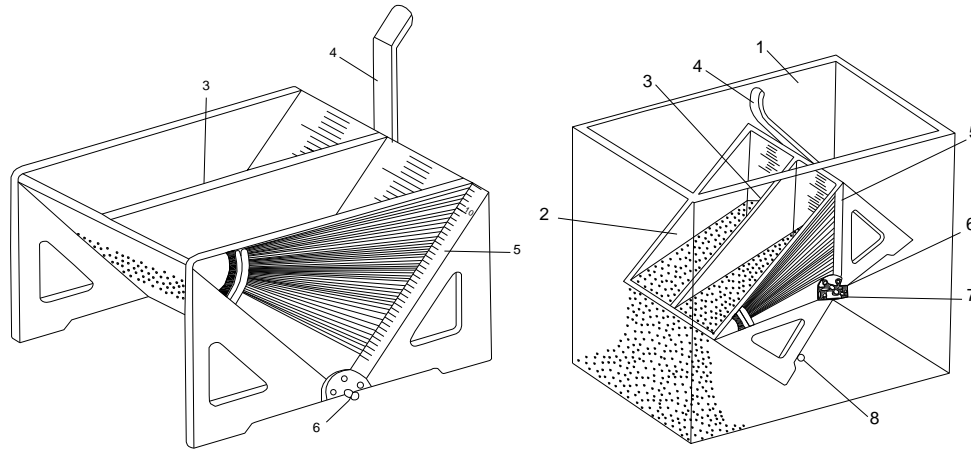
IX.2. ფხვიერი მარცვლოვანი ქანების შიგა ხახუნის კუთხის განსაზღვრა მათი ბუნებრივი ფერდის კუთხით

ლაბორატორიულ პირობებში ფხვიერი მარცვლოვანი ქანების, ძირითადად ქვიშების, შიგა ხახუნის კუთხის სიდიდეზე გარკვეული წარმოდგენა შეიძლება შეგვექმნას მათი ბუნებრივი ფერდის კუთხით. ამ უკანასკნელში იგულისხმება ფერდის ის ზღვრული დახრილობა, რომელსაც წარმოქმნის თავისუფლად დაყრილი ქვიშა ან ის კუთხე, რომელზეც ფერდობზე დაუმაგრებელი ფხვიერი ქანი ინარჩუნებს წონასწორობას.

ბუნებრივი ფერდის კუთხე განისაზღვრება ჰაეროვან მშრალ მდგომარეობასა და წყლიან გარემოში.

ქეშის ბუნებრივი ფერდის განსაზღვრა ჰაეროვან-მშრალ და წყლიან გარემოში

ბუნებრივი ფერდის კუთხის განსაზღვრის შედარებით სრულყოფილი მეთოდი და ხელსაწყო შემოგვთავაზა დ. ზნამენსკიმ (ნახ. 9.5).



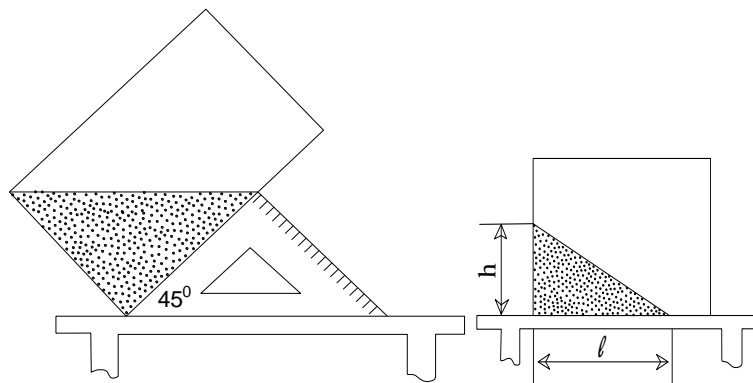
ნახ. 9.5. დ. ზნამენსკის კონსტრუქციის ხელსაწყო (YO) ფხვიერი ქანის ბუნებრივი ფერდის კუთხის განსაზღვრისათვის.

ზნამენსკის კონსტრუქციის ხელსაწყო (YO) შედგება გამჭვირვალე ორგანული მინისაგან დამზადებული სწორკუთხა ქილისა (1) და სახელურიანი (4) სადებისაგან (2). სადების შიგა ნაწილი გაყოფილია ორად (3), მის გვერდებსა და უკან დატანილია კუთხეთა ბადე სკალით (5), სადები ღერძის (6) საშუალებით თავსდება ქილის კედლებზე დამაგრებულ ბურთულსაკისრიან ჭრილში (7) და შეიძლება ქილის შიგნით იმოძრაოს 45° -ით, რომლის შეკავება შემობრუნებულ მდგომარეობაში შეიძლება სამაგრებით (8).

ცდისათვის ქილიდან (1) ვიღებთ სადებს (2), ვყრით მის ორივე მხარეს საანალიზო გრუნტს და ჰორიზონტალური ზედაპირის მისაცემად ჭარბ რაოდენობას ვაშორებთ სახაზავით, სადებს ფრთხილად ვათავსებთ ქილაში ისე, რომ მისი სახელური (4) ეყრდნობოდეს ქილის კედელს და ღერძი (6) შევიდეს ბურთულსაკისრის ჭრილში (7). სახელურის დახმარებით ნელა, ბიძგების გარეშე 5-6 წმ-ის განმავლობაში სადებს ვაბრუნებთ 45° -ით საყრდენამდე (8). სადების შემობრუნებისას გრუნტის ნაწილი იყრება ქილაში, დარჩენილი ნაწილი ქმნის ე.წ ბუნებრივი ფერდის კუთხეს, რომელიც განისაზღვრება სადების ორივე მხარეს არსებული დანაყოფების საშუალებით (5). ათვლა ხდება 1° -ის სიზუსტით და იღებენ ორი მაჩვენებლის საშუალოს. ცდას იმეორებენ ორჯერ. თითოეულ განაზომს შორის განსხვავება არ უნდა აღემატებოდეს 1° -ს.

წყლიან გარემოში, როგორც ჰაეროვან მშრალ მდგომარეობაში გამოცდისას, სადებში (2) ვერით გრუნტს, ვასწორებთ, ვათავსებთ ქილაში, რეზინის შლანგის ბოლოს ვუშვებთ სადებსა და ქილას შორის ღრეჩოში და ვავსებთ წყლით ქილის გვერდზე არსებულ დანაყოფამდე. ვიღებთ შლანგს და დაახლოებით 15 – 20 წთ-ის განმავლობაში გრუნტს ვაძლევთ წყლით სრული გაჯერების საშუალებას. ვატრიალებთ სადებს 45⁰-ით და როგორც მშრალი გრუნტის გამოცდისას, ვზომავთ მის ორივე ნაწილში ფერდის დახრას და ვსაზღვრავთ მის საშუალო მაჩვენებელს. წყლიან გარემოში ცდას ვიმეორებთ 2-ჯერ. განაზომთა შორის განსხვავება წინა ცდის მსგავსად არ უნდა აღემატებოდეს 1⁰-ს.

ფხვიერი გრუნტების ბუნებრივი ფერდის დახრის კუთხე მარტივად შეიძლება განისაზღვროს სწორკუთხა ფორმის ქილაში ჩაყრილი საანალიზო ნიმუშით, რომელიც დგას 45⁰-იან წიბოზე (ნახ. 9.6).



ნახ. 9.6. ფხვიერი ქანის ბუნებრივი ფერდის კუთხის განსაზღვრა

ქილის ნორმალურ მდგომარეობაში გადაყვანის შემდეგ ფხვიერი ზედაპირი ფსკერთან ქმნის კუთხეს, რომელიც შეესაბამება ბუნებრივი ფერდის კუთხეს. მას ზომავენ ტრანსპორტირით ან ანგარიშობენ ფორმულით $tg\varphi = h/l$, სახაზავით ქვიშის სიმაღლისა (h) და სიგრძის (l) გაზომვით და ტანგენსების ცხრილით კუთხის გამოთვლით.

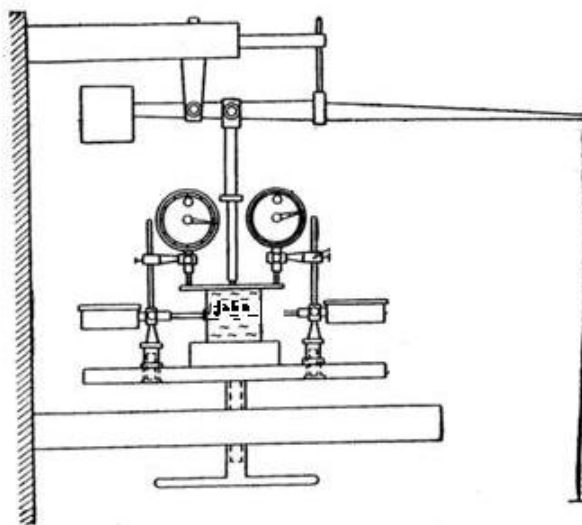
წყლიან გარემოში ნიმუშის გამოცდისას გარეცხვისაგან დასაცავად ქვიშას აფარებენ ქაღალდს. ქილაში ფრთხილად ასხამენ წყალს. წყლით სრული გაჯერების შემდეგ იღებენ ქაღალდს და ზემოთ აღწერილი ცდის მსგავსად საზღვრავენ ბუნებრივი ქანობის კუთხეს. კონტროლისათვის ქვიშიან ქილას მშვიდ მდგომარეობაში აჩერებენ 10 - 14 სთ, რის შემდეგაც ხელახლა ზომავენ ქანობის კუთხეს. ცდას იმეორებენ მინიმუმ სამჯერ, როგორც მშრალ მდგომარეობაში, ისე წყლიან გარემოში.

გამკვრივებული ქვიშების შიგა ხახუნის კუთხისა (φ) და შეჭიდულობის ძალის (C) ერთდროულად განსაზღვრის აუცილებლობისას, ჩვეულებრივ, ცდას ატარებენ ძვრაზე ქანების გამოცდის ხელსაწყოებით.

IX.3. ქანების სიმტკიცისა და დეფორმაციული მაჩვენებლების განსაზღვრა ერთდერძა კუმშვის მეთოდით

ქანების დეფორმაციულობის მთავარი მახასიათებელია განივი დეფორმაციის (პუასონის) კოეფიციენტი (m), რომელიც განივი ($E_y = h_y/h$) და გრძივი $E_z = h_z/h$ დეფორმაციების შეფარდებას შეესაბამება.

პუასონის კოეფიციენტის განსაზღვრა ემყარება ერთდერძა კუმშვაზე ქანის გამოცდისას განივი და გრძივი დეფორმაციების გაზომვას. რბილი შეკავშირებული და ზოგირთი დაბალი სიმტკიცის ($R < 2.5$ მპა) ნახევრად კლდოვანი ქანების გამოსაცდელად გამოიყენება სხვადასხვა ბერკეტული წნეხები (ნახ. 9.7), უმეტეს შემთხვევაში მათი მხრების შეფარდებაა 1 : 10 ან 1 : 12.



ნახ.9.7. ბერკეტური წნეხი ქანების კუმშვაზე გამოსაცდელად.

ერთდერძა კუმშვაზე ქანების გამოცდისათვის მჭრელი რგოლების საშუალებით ამზადებენ არანაკლებ 38 მმ დიამეტრისა და მასთან შეფარდებით 2-ჯერ მეტი სიმაღლის ცილინდრის ფორმის ნიმუშებს. ასეთი ნიმუშების დატვირთვისას მის შუა ნაწილში იქმნება თანაბარი დაძაბულობა. წყალნაჯერი გრუნტის საცდელი ნიმუშები შეიძლება დამზადდეს 1:1 თანაფარდობით, მაგრამ ასეთ შემთხვევაში ნიმუშის დიამეტრი უნდა იყოს რაც შეიძლება დიდი. ნიმუშის ორივე

მხარეს ათავსებენ ფილტრის ქაღალდს და სპეციალური შტამპით ნელ-ნელა აწვებიან. მჭრელი რგოლიდან ნიმუში გადააქვთ ხელსაწყოს სადგომის ცენტრში. ზემოდან ნიმუშს ადგამენ პერფორირებულ შტამპს და ვერტიკალური წნევის გადაამცემ ბერკეტული წნეხის ჭოკს.

კრონშტეინებზე ამაგრებენ ინდიკატორებს და იღებენ საწყის ანათვლებს: საკონტროლოდ თითოეული სახის დეფორმაციის (გრძივი და განივი) გასაზომად იყენებენ არანაკლებ ორ-ორ ინდიკატორს დეფორმაციის საშუალო სიდიდის განსაზღვრისათვის. ნიმუშის დაცენტრის სისწორეს ამოწმებენ მცირე 0.05-0.1 კგ/სმ² 0.1 მპა დატვირთვაზე. თითოეულ წყვილ ინდიკატორს (ტენზომეტრს) შორის დეფორმაციის განსხვავება დასაშვებია 15 - 20%-ის ფარგლებში. უფრო დიდი სხვაობა მიუთითებს ნიმუშის არასწორ დაცენტრებაზე. ამისათვის, ხსნიან დატვირთვას და ნიმუშის გადაადგილების დაცენტრებას განმეორებით ამოწმებენ, მანამ არ მიღწევენ მოქმედი ძალების თანაღერძულობას.

ქანზე ვერტიკალური დატვირთვა გადაეცემა მზარდი საფეხურებით (საწყისი მინიმალური არაუმეტეს 0,2 კგ/სმ² 0,1 მპა), ყოველი მომდევნო დატვირთვა ხდება წინა საფეხურით გამოწვეული დეფორმაციის სტაბილიზაციის შემდეგ, რომელიც ინდიკატორზე აღებული ანათვლებით 0.01 მმ სიზუსტით ფიქსირდება. ვერტიკალური დატვირთვა შეირჩევა ისე, რომ ცდის ხანგრძლივობა არ აღემატებოდეს 7 - 10 წუთს. ცდის მიმდინარეობისას აფიქსირებენ ნიმუშის ფორმის ცვლილებას (ნაპრალების წარმოქმნასა და სხვ.). ცდა ითვლება დამთავრებულად, როდესაც ნიმუში იშლება ან იღებს კასრისებურ ფორმას. თუ ნიმუშზე არ აღინიშნება დეფორმაციის ხილული ნიშნები, ცდას წყვეტენ, როდესაც ფარდობითი დეფორმაცია $\varepsilon = \Delta h / h$ დაახლოებით 0.15-ს მიაღწევს.

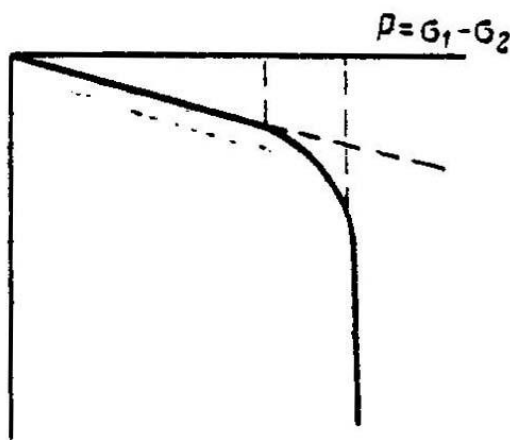
ცდის დამთავრების შემდეგ ჩახატავენ დეფორმირებულ ნიმუშს, 1^o-ის სიზუსტით ზომავენ ნაპრალის რღვევის კუთხეს, განსაზღვრავენ ცდამდე და ცდის შემდეგ ნიმუშის ტენიანობასა და სიმკვრივეს, აგებენ დატვირთვასთან (σ კგ/სმ²·0.1მპა) დეფორმაციის სიდიდის (Δh მმ) დამოკიდებულების დიაგრამას (ნახ. 9.8).

განივი და გრძივი დეფორმაციების შეფარდებით ანგარიშობენ პუასონის $\mu = E_y / E_z$ კოეფიციენტს, რომელიც კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანებისთვის იცვლება 0.1 - 0.4-ის, თიხნარებისა და თიხებისათვის – 0.35 - 0.42-ის, ქვიშების და ქვიშნარების – 0.25 - 0.30-ის ფარგლებში.

ფარდობითი დეფორმაციისას ქანის წინაღობა ერთდერძა კუმშვაზე $\varepsilon = \frac{\Delta h}{h}$.

როდესაც $\varepsilon \leq 0.1$ გამოითვლება 0.1 მპა (მეგაპასკალის) სიზუსტით, გამოიყენება $R = \sigma / A_0$ ფორმულა, სადაც σ – დატვირთვაა, რომლის დროსაც ხდება ნიმუშის დაშლა (ნახ. 9.9), A_0 – ნიმუშის საწყისი განივკვეთის ფართობი, სმ²-ებში.

კლდოვანი და ნახევარად კლდოვანი ქანების გამოცდას ერთდერძა კუმშვაზე ატარებენ სხვადასხვა ტიპის წნეხებით, როგორც ბუნებრივი ტენიანობის (R), ისე წინასწარ წყალში დაყოვნებულ ნიმუშებზე (R_r), რომელთა ფარდობით იგებენ დარბილების კოეფიციენტს $R_{\text{დარბ}} = R_r / R$.



ნახ. 9.8. ვერტიკალური დატვირთვისა და დეფორმაციის დამოკიდებულების გრაფიკი.



ნახ. 9.9. ნიმუშის დაშლის სახეობები.

ქვემოთ მოგვყავს (ცხრილი IX.4) ქანის მდგომარეობის შეფასება ერთდერძა კუმშვის მონაცემების მიხედვით. როგორც აღვნიშნეთ, კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების წყალმედვეობის განსაზღვრისას თუ წყალში დაყოვნებული ნიმუშების ერთდერძა კუმშვაზე გამოცდის მაჩვენებლების შეფარდება ბუნებრივი ტენიანობის ნიმუშების მაჩვენებელთან ნაკლებია 0.75-ზე, ასეთი ქანები მიეკუთვნება დარბილებადს. წყლისადმი მდგრადი კლდოვანი ქანებისათვის ის ტოლია ან მეტი 0.9-ისა, წყლისადმი დადაბლებულ-მაჩვენებლებიანი ქანებისათვის იცვლება 0.7

- 0.8-ის ფარგლებში. ნახევრად კლდოვანი კირქვებისათვის, თიხიანი ქვიშაქვებისათვის, არგალიტებისა და სხვა ქანებისათვის დაახლოებით 0.5-ია.

ცხრილი IX.4*

წინასწარ წყალში დაყოფილებული კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანები			თიხოვანი ქანები (ტერცაგისა და პეკის მიხედვით)		
ქანის მდგომარეობა		R_p , მპა (კგ/სმ ²)	ქანის მდგომარეობა		R_p , მპა (კგ/სმ ²)
1.	ძალიან მტკიცე	>120 (1200)	1.	განსაკუთრებით მაგარი	>0,4 (4)
2.	მტკიცე	120-50 (1200-500)	2.	ძალიან მაგარი	0,4-0,2 (4-2)
3.	საშუალო სიმტკიცის	50-15 (500-150)	3.	მაგარი	0,2-0,1 (2-1)
4.	ნაკლებად მტკიცე	15-5 (150-50) (<5)	4.	საშუალო სიმაგრის	0,1-0,05 (1-0,5)
5.	ნახევრადკლდოვანი და დაბლებული სიმტკიცის	5-3 (50-30)	5.	რბილი	0,05-0,025 (0,5-0,25)
6.	დაბალი სიმტკიცის	3-1 (30-10)	6.	ძალიან რბილი	<0,025 (0,25)
7.	ფრიად დაბალი სიმტკიცის	<1 (<10)			

* სახ.სტანდარტი 25 100-82

ერთდერძა კუმშვის მაჩვენებლით შეიძლება გამოვიანგარიშოთ ქანების სიმაგრის $f_p = R/100$ კოეფიციენტი. უფრო ზუსტი მაჩვენებელი მიიღება ლ. ბარონის ფორმულით: $f_{ბონ} = R/300 + \sqrt{R/30}$.

სიმაგრის კოეფიციენტის მიხედვით მ. პროტოდიაკონოვმა გამოყო ქანების ათი კატეგორია (ცხრილი IX.5).

ქანების სიმაგრის შეფასებისას აუცილებელია მხედველობაში მიღებულ იქნეს მათი ფიზიკური მდგომარეობა, ნაპრაღიანობა, გამოფიტვა და ა.შ. მაგალითად, თუ არანაპრაღიანი ქანის სიმაგრე დროებითი წინაღობის მიხედვით ტოლია ათისა, მაშინ ნაპრაღიანისათვის ის შეიძლება რვა და უფრო ნაკლებიც ავიდოთ.

ნიმუშებისათვის, რომლებისათვისაც ფარდობითი დეფორმაცია $\epsilon > 0.1$ საწყისი განიკვეთი A იზომება შტანგენფარგლით 0.1 მმ-ის სიზუსტით და გამოითვლება შეფარდებით: $A/A_0 = 1/(1-\epsilon)$, საიდანაც $A = A_0/(1-\epsilon)$.

თუ ნიმუში ცდისას იღებს კასრისებურ ფორმას, მაშინ:

$$A = A_0(3\sqrt{1/1-\epsilon} - 1)^2 / 4$$

ერთდერძა კუმშვის მონაცემებით შეიძლება დავადგინოთ აგრეთვე კოეფიციენტი, საერთო დეფორმაციისა და დრეკადობის მოდულის მაჩვენებლები.

საერთო დეფორმაციის და დრეკადობის მოდულები (იუნგის მოდული) განაპირობებს ხაზობრივი დეფორმაციის მიმართ ქანის საერთო და დრეკადი წინააღმდეგობის უნარს.

ცხრილი IX.5

კატეგორია	სიმაგრის ხარისხი	ქანები	სიმაგრის კოეფიციენტი (f სიმაგ)
1	2	3	4
I	უაღრესად მაგარი ქანები	ყველაზე მაგარი, მკვრივი კვარციტები, ბაზალტები და სიმაგრით გამორჩეული სხვა ქანები	20
II	ძალიან მაგარი ქანები	ძალიან მაგარი გრანიტისებური ქანები, კვარციანი პორფირი, კაჟიანი ფიქალი, ყველაზე მაგარი ქვიშაქვები და კირქვები	15
III	მაგარი ქანები	მკვრივი გრანიტი, ძალიან მაგარი ქვიშაქვები და კირქვები, მაგარი კონგლომერატი, იგივე არამტკიცე და მაგარი ქანები, დოლომიტი და სხვ.	10-8
IV	საკმაოდ მაგარი ქანები	ჩვეულებრივი ქვიშაქვა, მაგარი ფიქლები, ფიქლისებური ქვიშაქვები	6-5
V	საშუალო სიმაგრის ქანები	მაგარი თიხაფიქალი, არამტკიცე ქვიშაქვა და კირქვა, კონგლომერატი, სხვადასხვაგვარი არამტკიცე ფიქლები, მკვრივი მერგელი	4-3
VI	საკმაოდ რბილი ქანები	რბილი ფიქალი, რბილი კირქვა, თაბაშირი, ჩვეულებრივი მერგელი, დაშლილი ქვიშაქვა, შეცემენტებული კენჭები და ხვინჭკა, ქვიანი და ღორღიანი გრუნტი, გამაგრებული თიხა	2-1,5
VII	რბილი ქანები	მკვრივი და მაგარი თიხოვანი გრუნტი, მსუბუქი ქვიშოვანი თიხა, ლიოსი, ხრეში	1-0,8
VIII	მიწისებრი ქანები	ნიადაგი, ტორფი, მსუბუქი თიხნარი, სველი ქვიშა	0,6
IX	ფხვიერი ქანები	ჩამონაშალი ქვიშა, წვრილი ხრეში, ნაყარი მიწა	0,5
X	მცურავი ქანები	მცურავი ქანები, ჭაობის გრუნტი, გათხევადებული ლიოსი და სხვა გათხევადებული გრუნტები	0,3

დრეკადი დეფორმაცია (შექცევადი პროცესი) დამახასიათებელია მხოლოდ კლდოვანი და ზოგიერთი ნახევრადკლდოვანი ქანისათვის.

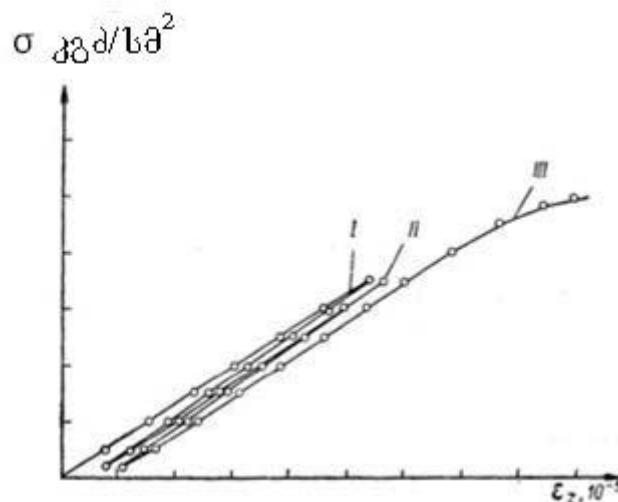
დრეკადობის მოდულის განსაზღვრის საჭიროების შემთხვევაში ვერტიკალური დატვირთვის დროს ორ-სამჯერ ვაკეთებთ შუალედურ განტვირთვას, ამასთან, განტვირთვისას არ არის სასურველი დატვირთვის მთლიანად მოხსნა, რათა არ მოხდეს ნიმუშის შემთხვევითი გადანაცვლება და მისი დაცენტრების დარღვევა.

დატვირთვა-განტვირთვის რეჟიმში გამოცდისას ბოლო დატვირთვა მიჰყავთ მრღვევ სიდიდემდე (ნახ. 9.10).

საერთო დეფორმაციისა და დრეკადობის მოდულები გამოითვლება, ძაბვისა და შესატყვისი დეფორმაციების ფარდობით: $E = \sigma / \epsilon_z$, სადაც $\epsilon_z = \Delta h_z / h$.

აბსოლუტური დეფორმაციის Δh სიდიდედ საერთო დეფორმაციის მოდულისათვის აიღება მრღვევი ძალის მაჩვენებელი, დრეკადობის მოდულისათვის – განტვირთვის დეფორმაციის სიდიდე.

დეფორმაციული თვისებების მახასიათებლების განსაზღვრა ხდება მინიმუმ სამ ნიმუშზე, რომელთა შორის სხვაობა არ უნდა აღემატებოდეს ხუთ პროცენტს.



ნახ. 9.10. ქანების ერთდერძა კუმშვაზე გამოცდის შედეგების დიაგრამა – დატვირთვისა და განტვირთვის მეთოდით.
I და II დატვირთვისა და განტვირთვის ციკლები,
III – დატვირთვის ციკლი

IX.4. თიხოვანი ქანების ერთდერძა კუმშვისა და ძვრისადმი წინააღობის განსაზღვრა მიკროპენეტრომეტრით

თიხოვანი ქანების ერთდერძა კუმშვისა და ძვრისადმი წინააღობა მარტივად შეიძლება განისაზღვროს მიკროპენეტრომეტრის საშუალებით. პენეტრაციის მეთოდით ქანების სიმტკიცის შედარებითი შეფასებისათვის საინჟინრო-გეოლოგიურ კვლევებში ფართოდ გამოიყენება MB-2.PP მარკის ზამბარიანი მიკროპენეტრომეტრი, რომლის მუშაობის პრინციპი ემყარება ქანის კონსისტენციას და მის წინააღობის ძალებს შორის არსებულ შესაბამისობას. პენეტრაციის აღნიშნული მეთოდი გულისხმობს ნიმუშში კონუსისებრი ბუნიკის ჩასობით მისი პლასტიკური

სიმტკიცის განსაზღვრას, რომელიც შეესაბამება ქანის წინაღობას კუმშვისა და ძვრისადმი.

პენეტრაციის მეთოდისათვის გამოიყენება 30 და 17⁰ 40'-იანი კუთხის კონუსისებური ბუნიკები. ქანში ბუნიკის ჩაღრმავების მიხედვით ადგენენ დამოკიდებულებას ქანის კონსისტენციასა და ერთდერძა კუმშვისადმი მის წინაღობას (ცხრილი IX.6).

ცხრილი IX.6

ქანში 30 ⁰ -იანი ბუნიკის ჩაღრმავება, h მმ	ქანში 17 ⁰ 40'-იანი ბუნიკის ჩაღრმავება, h მმ	კონსისტენციის მაჩვენებელი, I _L	ქანის წინააღმდეგობა ერთდერძა კუმშვისადმი, R _c 10 ³ პა	ქანის დასახელება კონსისტენციის მიხედვით
ქვიშნარები				
< 10	< 11.5	0 < I _L	>4	მაგარი
10 – 24	> 11.5	0 ≤ I _L ≤ 1.0	0.25-4	პლასტიკური
> 24		I _L > 1.0	<0.25	დენადი
თიხნარები და თიხები				
< 10	< 11.5	0 < I _L	> 4	მაგარი
10 – 14	11.5 – 15.7	0 ≤ I _L ≤ 0.25	2 – 4	ნახევრადმაგარი
14 – 19	15.7 – 20.7	0.25 < I _L ≤ 0.50	1 – 2	ძნელპლასტიკური
19 – 24	> 20.7	0.50 < I _L ≤ 0.75	0.5 – 1.0	რბილპლასტიკური
> 24	–	0.75 < I _L ≤ 1.0	0.25 – 0.50	დენადპლასტიკური

კუმშვისადმი გრუნტის წინაღობას მეტი სიზუსტით ანგარიშობენ ფორმულით: $R_c = \alpha(P_m - Kh)/h^2$ კგძ/სმ², სადაც α , P_m , K – ხელსაწყოს კონსტანტებია, α – დამოკიდებულია ბუნიკის წვერის კუთხეზე და ტოლია 1.11-ისა, როცა $\alpha=30$ და 2.0-ისა 17⁰ 40'-ის დროს, $P_m=2.55$ კგ, $K=0.65$ კგ/სმ. h – ქანში ბუნიკის ჩაღრმავების საშუალო სიმაღლე (სმ), რომელიც კონუსის ჩაღრმავების პარალელური გაზომვების საშუალო არითმეტიკულის ტოლია და გამოითვლება ფორმულით: $z = (P_m - Kh)/h^2$ კგძ/სმ² და $J_r = 0.2 - 0.721gR$.

ადგენენ ძვრისადმი ქანის წინაღობას და კონსისტენციის მაჩვენებელს. კონსისტენციის მაჩვენებლის (J_r) საანგარიშო ფორმულაში 0.2 აიღება ბუნიკის 30⁰-იანი კუთხის შემთხვევაში, $\alpha=17^0$ 40'-ის დროს – 0.1.

ქვემოთ IX.7 ცხრილში მოცემულია თიხნარებსა და თიხაში მიკროპენეტრომეტრის კონუსის ჩაღრმავების სიღრმესა (h) და მის ზოგიერთ პარამეტრ შორის (კუმშვისადმი, ძვრისადმი წინაღობასა და კონსისტენციის მაჩვენებელზე) დამოკიდებულება. საჭიროა აღინიშნოს, რომ კონუსის 4 მმ-ზე ნაკლები ჩაღრმავე-

ბის შემთხვევაში განსაზღვრის შედეგები ნაკლებად სარწმუნოა. ბრიტანული წარმოების პენეტრომეტრის (PP CL-700) სკალაზე მიღებული ჩვენებები შეესაბამება IX.7 ცხრილში მოცემულ კუმშვისადმი წინაღობებს (R_0 , კგ/სმ²).

ცხრილი IX.7

№№	გრუნტში 30 ⁰ -იანი ბუნიკის ჩაღრმავება, h მმ	კუმშვისადმი პირობითი წინაღობა, R_0 კგ/სმ ²	ზღვრული წინაღობა ძვრისადმი, τ კგ/სმ ²	კონსისტენციის მაჩვენებელი, J_c
1	5	9.88	8.92	-0.48
2	6	6.70	6.00	-0.36
3	7	4.74	4.26	-0.25
4	8	3.52	3.17	-0.16
5	9	2.70	2.43	-0.08
6	10	2.11	1.90	0.00
7	11	1.68	1.51	+0.07
8	12	1.37	1.24	+0.14
9	13	1.12	1.00	+0.20
10	14	0.93	0.84	+0.26
11	15	0.77	0.70	+0.31
12	16	0.66	0.59	+0.37
13	17	0.55	0.50	+0.44
14	18	0.47	0.43	+0.47
15	19	0.40	0.37	+0.52
16	20	0.35	0.31	+0.56
17	21	0.30	0.27	+0.61
18	22	0.26	0.23	+0.66

IX.5. კლდოვანი და ნახევრადკლდოვანი ქანების სიმტკიცის შეფასება გაჭიმვის, გახლეჩისა და ჩამოხეთქის მეთოდებით

საჭიროების შემთხვევაში მკვრივი ქანების სიმტკიცე შეიძლება შეფასდეს გაჭიმვის (გაგლეჯის), გახლეჩისა და ჩამოხეთქისადმი მათი წინაღობის მიხედვით.

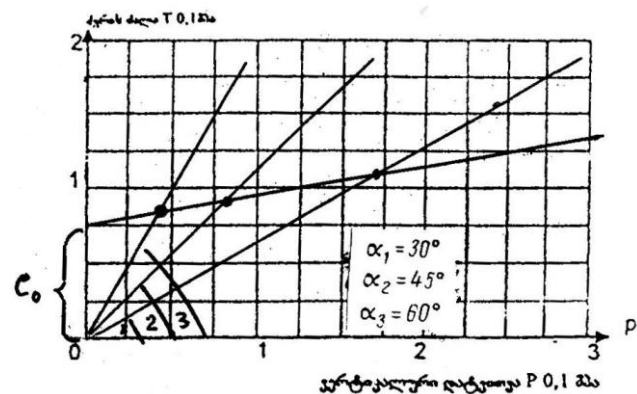
გაჭიმვაზე გამოსაცდელად გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის ნიმუშის დამჭერით აღჭურვილი მექანიკური და ჰიდრავლიკურამპრავიანი წნეხები. წნეხში მოძრავი ტრავერსის თანდათანობით გადაადგილებით ქანს გაჭიმვენ დაშლამდე, აფიქსირებენ ხაზოვან დეფორმაციას საათის ტიპის ინდიკატორებით ან უნივერსალური თვითჩამწერი მოწყობილობების საშუალებით.

გახლეჩის მეთოდით ქანის სიმტკიცეს საზღვრავენ წნეხში მრღვევი დატვირთვის ნელი გადაცემით, სოლის ან ღეროსმაგვარ ფორმებს შორის მოთავსებულ ნიმუშის ორ ნაწილად გახლეჩამდე. იგი საშუალებას გვაძლევს, მივიღოთ შედეგები, რომლებიც გაჭიმვის შედეგების მსგავსია.

სიმტკიცის ზღვარი გაჭიმვასა და გახლეჩაზე გამოითვლება მრღვევი დატვირთვის (P) ფარდობით ნიმუშის განივი კვეთის ფართობთან (F): $R = \frac{P}{F}$ კგძ/სმ² (0.1 მპა).

მკვრივი ქანების სიმტკიცე განისაზღვრება აგრეთვე ირიბი ჭრით, მკუმშავი ძალის თანდათანობითი გაზრდით სხვადასხვა კუთხის (30° , 45° , 60°) სოლების კომპლექსით ფოლადის მატრიცებში მოთავსებული ნიმუშის დაშლით.

თიხოვანი ქანების მსგავსად მიღებული მონაცემების მიხედვით აგებენ ზღვრული წინაღობისა და მოქმედი დატვირთვის ურთიერთდამოკიდებულების გრაფიკს (ნახ. 9.11) და ადგენენ ქანის სიმტკიცის პარამეტრებს.



ნახ. 9.11. ქანების ზღვრული წინაღობის გრაფიკი

IX. 6. კლდოვანი და ნახევრადკლდოვანი ქანების სიმტკიცის შეფასება სპეციალური მახასიათებლების – ქანების ცვეთის, აბრაზიულობის, გაფხვიერების, ყინვაგამძლეობის მიხედვით

სხვადასხვა ტიპის ნაგებობების დაპროექტების, სამშენებლო და სამთო სამუშაოების ორგანიზაციისა და ამ თუ იმ სამრეწველო პროცესის შესაფასებლად გამოიყენება ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებათა სპეციალური მახასიათებლები, როგორებიცაა ქანების სიმაგრე, სიმტკიცე, ცვეთა, აბრაზიულობა, დამუშავებადობა, ბურღვადობა, ფეთქებადობა, ჭრისადმი წინაღობა, გაფხვიერება, ყინვაგამძლეობა და სხვ. აღნიშნული მახასიათებლები განსაზღვრავს ქანების

ფიზიკურ მდგომარეობას და წინაღობას მომქმედი ძალებისადმი და დამოკიდებულება მათ პეტროგრაფიულ შედგენილობაზე, ფიზიკურ მდგომარეობაზე, ნაპრალოვნებისა და გამოფიტვის ხარისხზე, ტენიანობაზე, სიმტკიცეზე, დამუშავების საწარმოო პირობებსა და სხვა ფაქტორებზე.

ქანების სიმტკიცე არის მათი წინაღობა დამშლელი ძალებისადმი და ძირითადად ფასდება მ. პროტოდიაკონოვის კლასიფიკაციით. აგრეგატულ სიმაგრეს განსაზღვრავენ ქანში შტამპის ჩაწნევით. ქანების საგზაო, სამშენებლო და მოსაპირკეთებელ მასალად გამოყენებისას მათი სიმტკიცის ირიბი მაჩვენებელია ცვეთა. მკვრივი ქანის ცვეთის ხარისხს ადგენენ ნიმუშის გამოცდით საშლიფ ხელსაწყოზე, კვარცის ფხვნილის საშუალებით. ფართობის ერთეულზე, წონისა და მოცულობის შემცირების დადგენის მიზნით ნიმუშს შლიფავენ 30 - 35 მ/წთ სიჩქარით 1000 მ მანძილის გავლის შედეგად. გზების დაპროექტებისას ინტენსიური მოძრაობის უბნებზე ქანის ცვეთა უნდა იყოს არაუმეტეს 0.4 გ/სმ²; იატაკისა და კიბეებისათვის – 1 სთ-ში >100 კაცი – 0.5 გ/სმ²; ნაკლები ინტენსივობის გზების უბნებზე <2 გ/სმ²; იატაკისა და კიბეებისათვის (100 კაცი 1 საათში) არაუმეტეს 2.2 გ/სმ². ქანები, რომელთა 2 გ/სმ²-ზე ცვეთა მეტია, მიეკუთვნებიან სუსტს.

ცვეთისადმი მსხვილნატეხიანი ქანების მექანიკური სიმტკიცის შეფასება ხდება გრუნტის დამუშავებით ტიხრიანი (დევილის) მბრუნავი დოლის მეშვეობით და ცვეთადობის (K_e) კოეფიციენტის განსაზღვრით. ამისათვის არანაკლებ 5 კგ საანალიზო ნიმუშს ვცრით 2 მმ-იან საცერში, 2 მმ-ზე მეტი ზომის ფრაქციებს ვაშრობთ ჰაერზე, ვიღებთ საშუალო სინჯს, ვყრით დოლში პირველად 10 წთ-ის, შემდგომ 2 წთ-ის განმავლობაში ბრუნვით ვამუშავებთ, ვატარებთ 2 მმ-იან საცერში და ასე ვაგრძელებთ, ვიდრე მასის ნამატი (< 2 მმ-ზე) 2 წთ-იან ციკლში საწყისი მასის 0.5% (უარყოფის წერტილი) არ გახდება. ცვეთადობის კოეფიციენტი განისაზღვრება ფორმულით:

$$K_e = \frac{q_0 - q_1}{q_0}$$

სადაც q_0 და q_1 ნიმუშის საწყისი და > 2 მმ-ზე ფრაქციების წონაა.

ცვეთადობის განსაზღვრა შეიძლება K_e^{10} კოეფიციენტითაც, <2 მმ-ზე ფრაქციის წონით ნიმუშის ერთჯერადი 10წთ-იანი ციკლით გამოცდით.

მიღებული ცვეთადობის კოეფიციენტით ხდება ქანის შეფასება სიმტკიცეზე (ცხრილი IX.8) ცდა ტარდება არანაკლებ ექვს ნიმუშზე.

მარტივად გზების კლასის მიხედვით ქანის დოლში დამუშავებისას, დანაკარგი არ უნდა აღემატებოდეს 4-10 %.

ცვეთადობის კოეფიციენტი ანალოგიურია კლდოვანი და ნახევრადკლდოვანი ქანების ერთდერძა კუმშვაზე წყალნაჯერ მდგომარეობაში (R_0) გამოცდით მიღებული მონაცემებისა (იხ. ცხრილი IX.4).

ცხრილი IX.8 *

მსხვილნატეხოვანი გრუნტების სიმტკიცისა და კუმშადობის შეფასება

№	ნატეხების სიმტკიცე	ცვეთადობის კოეფიციენტი	
		K_e	K_e^{10}
1	ძლიერ მტკიცე	< 0.05	< 0.02
2	მტკიცე	$0.05 \leq K_e < 0.1$	$0.02 \leq K_e^{10} < 0.04$
3	საშუალო სიმტკიცის	$0.1 \leq K_e < 0.2$	$0.04 \leq K_e^{10} < 0.12$
4	დაბალი სიმტკიცის	$0.2 \leq K_e < 0.4$	$0.12 \leq K_e^{10} < 0.28$
5	დადაბლებული სიმტკიცის	$K_e \geq 0.4$	$K_e^{10} \geq 0.28$

* სახ.მშენი, 1989, გვ. 9. ცხრილი 4

ქანების აბრაზიულობა, დამუშავებადობა, აფეთქებადობა, ჭრისადმი წინაღობა
ხასიათდება სხვადასხვა სამუშაო პროცესის დროს დაშლისადმი ქანების წინაღობით.

აბრაზიულობა ქანის ცვეთაა საკონტაქტო მასალასთან შეხებისას. აბრაზიულობაზე მარტივი გამოცდა შემოგვეთავაზეს ლ. ბარონმა და ა. კუზნეცოვმა, რაც გამოიხატება სპეციალურ ე.წ. ვერცხლა ფოლადის ცვეთაში (წონის დანაკარგით) დაუმუშავებელი ნიმუშის გაბურღვისას (სახ.სტანდარტი 2588-44). ფოლადის ღეროს დიამეტრი 8 მმ-ია, ნიმუშზე დაწოლა 15 კგ, შპინდელის ბრუნვის სიჩქარე 400 ბრ/წთ-ში, ცდის დროის ხანგრძლივობა 10 წუთი. ნიმუშის გასაბურღად გამოიყენება მაგიდაზე დამონტაჟებული ჩვეულებრივი დრელი.

აბრაზიულობა ფასდება წყვილი ცდით მიღებული აბრაზიულობის a მაჩვენებლით, რომელსაც ანგარიშობენ ფორმულით: $a = \frac{\sum g_1}{Z\Pi_p}$ (მგ), სადაც g_1 – თითოეულ წყვილ ცდაზე საბურღი ღეროს წონის დანაკარგია; Π_p – წყვილ ცდათა რაოდენობა.

ქანების აბრაზიულობა იცვლება 19-დან 34%-მდე და აბრაზიულობის მაჩვენებლით იყოფა 8 კლასად – ფრიად დაბალი აბრაზიულობიდან ($I - a > 90$ მგ) უმაღლესი ხარისხის ჩათვლით (ცხრილი IX.9).

ქანის გაფხვიერება, ე.ი. მოცულობაში მომატება, მათი გაფხვიერების ანუ დანაწევრების შედეგად შეიძლება შეფასდეს ე.წ. გაფხვიერების K კოეფიციენტით, რომელიც ყველა შემთხვევაში მეტია ერთზე და განისაზღვრება დამუშავებული და დაუმუშავებელი მასივის მოცულობათა ფარდობით: $K = \frac{V_1}{V}$. გაფხვიერება დამოკიდებულია როგორც ქანის შედგენილობაზე, ასევე დამუშავების საწარმოო პირობებზე, ტრანსპორტირებაზე, ნაყარის დაწყობის ხარისხზე, მის დაყოვნების ხანგრძლივობასა და სხვ.

ცხრილი IX.9

ქანების აბრაზიულობის სკალა
(**ლ. ბარონის და ა. კუზნეცოვის მიხედვით**)

აბრაზიულობის კლასი	აბრაზიულობის კლასის დასახელება	აბრაზიულობის მაჩვენებელი, a , მგ	ქანების დასახელება
I	ფრიად დაბალი	5-მდე	კირქვები, რბილი სულფიდები – გალენიტი, სფალერიტი, პიროტინი
II	სუსტად აბრაზიული	5 - 10	ბარიტიან-სულფიდური მადნები, არგილიტები, რბილი ფიქლები
III	საშუალო აბრაზიულზე დაბალი	10 - 18	კვარციან-სულფიდური მადნები, წვრილმარცვლოვანი მაგმური ქანები, რკინის მადნები
IV	საშუალო	18 - 30	კვარციანი და არკოზული ქვიშაქვები, დიაბაზები, ბაზალტები, გაკვარცბული კირქვები
V	საშუალოზე მაღალი	30 - 45	საშუალო და მსხვილმარცვლოვანი კვარციანი და არკოზული ქვიშაქვები, წვრილმარცვლოვანი გრანიტები, დიორიტები, პორფირიტები, სკარნები, გაბრო
VI	ამაღლებული	45 - 65	საშუალო და მსხვილმარცვლოვანი მაგმური ქანები, პიროქსენიტები, ამფიბოლიტები, გნეისები, კვარციანი და არკოზული ფიქლები
VII	მაღალაბრაზიული	65 - 90	პორფირიტები, დიორიტები, გრანიტები
VIII	უმადლესი ხარისხის	>90	კორუნდის შემცველი ქანები

სხვადასხვა ტიპის გრუნტების გაფხვიერების კოეფიციენტის მიახლოებითი მაჩვენებლები შეიძლება შეირჩეს IX.10 ცხრილში მოყვანილი მონაცემებით

ყინვაგამძლეობა ქანების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელია. ის ახასიათებს ქანის უნარს, შეინარჩუნოს სიმტკიცე უარყოფითი ტემპერატურის

მოქმედებისას. -20°C -ზე წყლის თავისუფალ სისტემაში გაყინვისას წარმოქმნილი წნევა 0.5 კგძ/სმ^2 -ია, ჩაკეტილ სისტემაში – 2000 კგძ/სმ^2 .

ცხრილი IX.10

№	ქანის დასახელება	გაფხვიერების კოეფიციენტი, K
1	ქვიშა, ქვიშნარი	1.1 – 1.2
2	ქანები მცენარეული ჩანართებით	1.2 - 1.3
3	მძიმე თიხა, თიხნარი, ხრეში	1.25 - 1.3
4	მერგელი	1.33 - 1.37
5	თიხიანი ფიქალი, სუსტი კლდოვანი ქანები	1.35 - 1.45
6	კლდოვანი ქანები	
	ა. საშუალო სიმტკიცის;	1.4 - 1.6
	ბ. მტკიცე;	1.45 - 1.8
	გ. ძალიან მტკიცე.	1.8 - 2.2

პირდაპირი გზით კლდოვანი და ნახევრადკლდოვანი ქანების ყინვაგამძლეობა განისაზღვრება საყინულე კამერაში $-20-22^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე წყლით გაჯერებული ნიმუშების 15-25-ჯერ მონაცვლეობითი გაყინვისა და გაღებვის ციკლების რაოდენობით და შემდეგ სიმტკიცეზე (ძირითადად კუმშვაზე) გამოცდით. სპეციალური კვლევებისას გამოცდათა ციკლებში შეიძლება გაიზარდოს 50-100 და 200-მდე კი. ქანი ყინვაგამძლედ ითვლება, თუ მრავალჯერადი გაყინვისა და გაღებვის შედეგად არ აღენიშნება დეფორმაციის გარეგნული ნიშნები და მისი სიმტკიცე არ ქვეითდება $20-25\%$ -ზე მეტად.

კლდოვანი და ნახევრადკლდოვანი ქანების ყინვაგამძლეობა არაპირდაპირი გზით შეიძლება შეფასდეს მათი წყალგაჯერებისა და დარბილების კოეფიციენტებით. ცნობილია, რომ ქანზე მნიშვნელოვან ცვლილებას ახდენს ყინვა მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ფორები მთლიანად ან მათი უმეტესობა შევსებულია წყლით. სხვა შემთხვევაში გაფართოებული ყინული იკავებს თავისუფალ არეს და არ იწვევს კედლებზე მნიშვნელოვან ზემოქმედებას. ამიტომ ქანები, მათი ფორების მოცულობის მიუხედავად, თეორიულად შეიძლება ჩაითვალოს ყინვაგამძლედ, თუ მათი წყალგაჯერების კოეფიციენტი ტოლია ან ნაკლებია 0.8 -ზე და არის სუსტად დარბილებადი ($R_{ღარბ.} > 0.75$). ქანთა სახესხვაობები სხვა ერთნაირ პირობებში დაბალი ყინვაგამძლეობით ხასიათდებიან მსხვილმარცვლოვანი, მინისებრი და

პორფირული სტრუქტურის, ზოლებრივი და ლენტისებური ტექსტურისა და გახსნილფორებიანი წყალგაჯერებული ქანები.

ამერიკის შეერთებული შტატების სამხედრო ინჟინერების გამოკვლევებით (1954 წ.) მდგრადად მიიჩნევა ის გრუნტები, რომლებიც გაყინვისას არ ფუვდებიან და გაღვობისას არ აღენიშნება მდგრადობის მკვეთრი შესუსტება. ასეთებია ის ქანები, სადაც <0.02 მმ ფრაქციის შემცველობა $< 3\%$ -ზე; პრაქტიკულად მდგრადი და საკმაოდ მდგრადი – ხრეშოვანი გრუნტები და ქვიშები (მტვროვანის გარდა). ამ ფრაქციების 3-20, 3-15% და მეტი რაოდენობით შემცველობისას მტვროვანი ქვიშები <0.02 მმ $>15\%$ -ის შემთხვევაში, ალვეროლითები და თიხოვანი გრუნტები გაყინვისა და გაღვობისადმი ამადლებული და ყველაზე მგრძობიარე ქანების სახესხვაობებია.

IX.7. კლდოვანი და ნახევრადკლდოვანი ქანების მექანიკური სიდიდეები შესაბამისი სიმკვრივებისა და ფორიანობის მაჩვენებლებით

კლდოვანი ქანები ბუნებაში ფართოდაა გავრცელებული. მათთვის დამახასიათებელია მაღალი სიმტკიცე და ასევე მაღალი დეფორმაციულობა, დაბალი წყალშემცველობა, წყალშედწევადობა და ფორიანობა, მაღალი ყინვამდებობა და გარე ფაქტორების ზემოქმედებისადმი წინააღმდეგობის უნარი.

კლდოვან გრუნტებს მიეკუთვნება ქანები, რომლებსაც წყალგაჯერებულ მდგომარეობაში ერთდერძა კუმშვაზე აქვს 500 კგ/სმ²-ზე მეტი წინაღობა. ყველაზე მაღალი მაჩვენებლები (>2000 კგ/სმ²) დამახასიათებელია მაგმური (გრანიტი, დიაბაზი, ბაზალტი და სხვ.) და მეტამორფული (გნეისები, კვარციტები და სხვ.) წარმონაქმნებისთვის; მრავალფეროვანი, მაგრამ საკმაოდ მაღალი (1200-2000 კგ/სმ²) – დანალექი წარმოშობის ზოგიერთი კლდოვანი გრუნტისათვის (მაღალი სიმტკიცის კირქვები, ქვიშაქვები, კონგლომერატები და სხვ.).

კუმშვისადმი ქანების სიმტკიცე ყოველთვის მეტია ხლეჩისადმი სიმტკიცეზე, ეს უკანასკნელი კი გაჭიმვისადმი. მრავალი მონაცემით, წინაღობა კუმშვაზე დაახლოებით 2 - 5-ჯერ მეტია ხლეჩის სიმტკიცეზე და 20 - 50-ჯერ გაჭიმვაზე.

ქანების სიმტკიცისა და დეფორმაციული მახასიათებლების სიდიდე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული გრუნტის მინერალურ შედგენილობაზე, სტრუქტურულ-ტექსტურულ თავისებურებებზე, ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე, წოლის პირობებზე, გამოფიტვის და ნაპრალიანობის ხარისხსა და სხვა ფაქტორებზე.

კლდოვანი და ნახევრადკლდოვანი ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური შეფასებისათვის აუცილებელია მათი მექანიკური მახასიათებლების შესწავლა, როგორც მონოლითური, ისე შეცვლილი – გამოფიტული მდგომარეობისათვის.

ქვემოთ IX.11 და IX.12 ცხრილებში მოცემულია ვ. ლომთაძისა და გ. ფისენკოს მონაცემების მიხედვით მყარსტრუქტურულკავშირიანი გენეზისის ქანების მექანიკური მაჩვენებლების სახეცვლის საორიენტაციო სიდიდეები შესაბამისი სიმკვრივეებისა და ფორიანობის მაჩვენებლებთან ერთად.

მაგმური და მეტამორფული ქანების ფიზიკურ-მექანიკური მარჩენებლები

	ქანის გეოტექნიკური ტიპები	ქანის დასახელება	სიმკვრივე, კ/სმ ³		ფორიანობა n%	სიმტკიცე				დეფორმაცია		შეჭედულობა, c კვ/სმ ²	შიგა სახუნის კუთხე, φ გრად.	კუთრი დრეკადობის უკუწინების კოეფიციენტი, K კვ/სმ ²	
			მინერალური ნაწილის ρ _მ	ბუნებრივი, ρ		წინააღობა კუმულაზზე, R კვ/სმ ²	წინააღობა ხელეწევაზე, კვ/სმ ²	წინააღობა გაჭიმვაზე, კვ/სმ ²	წინააღობა დრეკაზე, კვ/სმ ² (იუნგის)	წინააღობა დრეკადობაზე, 10 ⁴ კვ/სმ ²	პუასონის კოეფიციენტი (განივი დეფორმაცია), μ				
ინტრუზიული	მჟავე	გრანიტი	2,67 2,72	2,55 2,65	0,06 5,0	1000 2300	600 800	40 55	100 240	30 68	0,15 0,30	425 220	37 -	2100	
	საშუალო	სიენიტი	2,65 2,70	2,60 2,65	0,5 5,0	1000 2000		35 50	40 200	50 88	0,14 0,26	363 205	37 32		
	ფუძე	დიორიტი	2,70 2,92	2,67 2,90	0,8 5,5	1100 2500		45 60					373 180	36 36	
		გაბრო	2,87 3,10	2,85 3,05	0,3 3,5	1000 3200		50 60	180 260	60 125	0,11 0,38	300 275	36 35		
	ულტრა ფუძე	პერიდოლიტი	3,00 3,25	2,90 3,20	0,02 2,0								328	36	
		პიროქსენიტი	3,15 3,32	3,00 3,25	0,1 1,0								350	36	
ეფუზიური (ფუძე)	პალეოტრაპური	კვარც-პორფირი	2,65 2,69	2,54 2,62	0,5 3,5	1100 2200						395 227	37 34		
		უკვარცო პორფირი		2,55 2,66		1000 2200									
		პორფირიტი	2,70 2,99	2,64 2,91	0,4 4,3	1200 2400									
		ლიაბაზი	2,79 3,05	2,74 3,00	0,08 4,5	1100 3300	650 2300	80 50		80 110	0,26 0,32	460 32	30 34		
	კაინოტრაპური	ლიპარიტი	2,45 2,65	2,20 2,50	4,5 8,0	900 1800									
		ტრაქიტი		2,20 2,30	3,0 8,0	500 1500									
		ანდეზიტი	2,52 2,60	2,30 2,60	10 15	300 1500									
		ბაზალტი	2,82 2,95	2,46 2,67	3,0 6,0	800 2400					20 100	0,20 0,23			200
ტუფოგენური ქანები			2,65 2,79	2,49 2,54	20 30	30 800					0,20 0,23			40	
მეტამორფული	გნეისი	2,67 2,72	2,62 2,70		800 2200	400 1600	40 50	60 120	17 50	0,20 0,32				650 1000	
	კვარციტი	2,74 3,05	2,61 2,81	0,8 8,3	1600 4000	400 1600	40 65	130 220	50 85	0,13 0,26	700 165	36 34	500 380		
	მარმარილო	2,70 2,71	2,69 2,70	0,1 1,0	600 1400	180 1300	50	70 200	35 97	0,15 0,27					
	ფიქალი	2,60 2,80	2,57 2,72	0,5 0,75	70 1600		5 150		4,5 7,5		210 380	37 34	200 600		

მყარსტრუქტურულკავშირიანი დანალექის ქანების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები

ქანის დასახელება	სიმკვრივე, კ/სმ ³		ფორიანობა n%	სიმტკიცე, კგ/სმ ²				დეფორმაცია		შეჭიდულობა, c კგ/სმ ²	შეზღვევის კუთხე, φ გრად.	კუთრი დრეკადობის უკუწინების კოეფიციენტი, K კგ/სმ ²	
	მინერალური ნაწილის ρ _ბ	ბუნებრივი ρ		წინააღობა კუმულატიურ, R კგ/სმ ²	წინააღობა ხლენჯაზე, კგ/სმ ²	წინააღობა გაჭიმვაზე, კგ/სმ ²	წინააღობა დაჭიმვაზე, კგ/სმ ² (იუნგის)	წინააღობა დრეკადობაზე, 10 ⁴ კგ/სმ ²	პუასონის კოეფიციენტი (განივი დეფორმაცია), μ				
კირქვა	მაგარი	2,70 2,71	2,63 2,70	5 14	600 2000	200 750	20 60	15 215	25 75	0,25 0,33		1150 2800	
	სუსტი	2,40 2,60	1,80 2,30	10 22	70 500				7 15	0,30 0,35		350	
	მერგელი	2,50 2,80	2,20 2,40										
	თიხიანი				350								
	ორგანული		1,70 2,15	21	470				3				
მერგელი	2,65 2,80	2,20 2,60		5 100				15 46	0,30 0,40				
დოლომიტი	მაგარი	2,82 2,84	2,62 2,74	3 12	2000				30 80	0,25 0,27			
	სუსტი	2,28 2,74	1,90 2,40	15 22	150								
ცარცი	2,63 2,73	1,30 1,40		5 150							165 32 2 35		
ქვანახშირი	1,25 1,75	1,20 1,62		5 70									
თიხა შემკვრივებული	2,75 2,80	1,80 2,20		5 30								100 600	
არგილიტი	2,63 2,86	2,30 2,60		5 500					20 35		40 3 29 29		
ალეუროლითი	2,61 2,80	2,30 2,50	14 30	80 800					7 31		37-70 3 31	28	
ქვიშაქვა	მაგარი	2,69 2,74	2,64 2,70	1,6 10	500 1800	200 750	20 60		30 73	0,15 0,25	175 11	38 35	1500
	სუსტი	2,60 2,71	2,30 2,68	16 26	15 500				6 20	0,22 0,30	87	36	220
	საშუალო და წვრილმარცვლოვანი		2,70 2,80		450 922	80 160					170	36	250
	მსხვილმარცვლოვანი		2,20 2,40		15 470	10 65							150 220
	უკვარცო მინდვრის შპატი		2,30 2,60		370 600	45 130							
ოპოკა	2,22 2,48	1,64 1,79	39 49										
დოლომიტი	2,28 2,74	1,90 2,40		150 2000				30 80	0,25 0,27				

IX.8. მიწის ვაკისში გრუნტის შეფასება სპეციალური შტამპცდითი კვლევებით

საკვლე პირობებში ვერტიკალურ დეფორმაციებსა და სიმტკიცის მახასიათებლებზე დაკვირვებას ატარებენ შტამპზე და ბეტონის ბალიშზე. ხანგრძლივი (30 - 50 დღე და მეტიც) დატვირთვის ტესტირებით მიღებული მონაცემები გამოიყენება გზის ვაკისის ბეტონის საფარის და ფუნდამენტების დაპროექტებისას, როდესაც თვლიან, რომ ლაბორატორიული მონაცემები მნიშვნელოვნად განსხვავდება გრუნტის მახასიათებლებისაგან ან საჭიროა დაჯდომის უფრო ზუსტი მონაცემების დადგენა.

მიწის ვაკისის ამტანუნარიანობის შეფასება ხდება საგების (k) კოეფიციენტის სიდიდით, რომელიც განისაზღვრება რეალურ მიწის ვაკისზე 30" (დიუმიან) შტამპფილაზე დატვირთვის ფარდობით მის 0,05 და 0,1" დაჯდომამდე. ასეთ ცდას ატარებენ დატვირთვისა და დაჯდომას შორის დამოკიდებულების მრუდის აგებისა და მისი დახრის კუთხის ტანგენსის განსაზღვრის მიზნით. შტამპის დაჯდომის ორივე სიდიდე (0,05" და 0,1") არაა იმდენად დიდი, რომ მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინოს საფარის სიმძლავრის განმსაზღვრელ ამა თუ იმ პირობაზე. გაცილებით მეტი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს ცდის ჩატარებას მიწის ვაკისის მდგომარეობის, განსაკუთრებით ტენიანობისა და მისი ცვალებადობის გავლენის გათვალისწინებას მიწის ვაკისის შეფასებაზე. საგების კოეფიციენტი ანუ საგების რეაქციის მოდული (modulus of sulgrade) შემოიღო ვესტერგარდმა. მისი თეორიის მიხედვით დრეკადი რეაქცია, რომელიც მოქმედებს ფილაზე, ყველა წერტილში მიიღება ვერტიკალურად და პროპორციულად და იზომება ერთეულებში ძალა/სიგრძე³ (ფუნტ/დიუმი³) – საგების კოეფიციენტის განსაზღვრის ზოგადი სახე შეიძლება ჩაიწეროს:

$$k = \frac{30'' \text{ დიამეტრის შტამპზე დატვირთვის ინტენსიობა}}{\text{მოცემულ დატვირთვაზე შტამპის დაჯდომა}} \text{ ფუნტ/დიუმი}^3$$

საგების კოეფიციენტი იცვლება 50-დან 700 ფუნტ/დიუმი³-მდე და მეტად. ამ კოეფიციენტის მიახლოებითი მნიშვნელობები გრუნტების სახესხვაობათა მიხედვით, მოცემულია IX.13 ცხრილში, რომლის მიხედვით, დაპროექტებისათვის შესაძლებელია წინასწარ შეირჩეს საგების კოეფიციენტის საიმედო მონაცემები.

№	გრუნტის მოკლე დახასიათება	საგების კოეფიციენტის მიახლოებითი მნიშვნელობა, k ფუნტ/ღიუმი ³
1	ხრეშიან-ქვიშიანი თიხიანი მასა მაღალი ხარისხის შემაკავშირებელი მასალით	400 - 700 და მეტი
2	ხრეში, ხრეშიან-ქვიშიანი მასა და ქვიშა მცირე რაოდენობის წვრილი ჩანართებით	325 - 700 და მეტი
3	ხრეში წვრილმარცვლოვანი შემავსებლით, ძლიერ მტვროვანი ხრეში, ხრეშის ქვიშისა და თიხის მასა, ქვიშიან-თიხიანი მასა სუსტი შემაკავშირებელი მასალით; ფხვიერი გრუნტი	300 - 700 და მეტი
4	ქვიშისა და თიხის მასა ძლიერი შემაკავშირებელი მასალით	250 - 575
5	ხრეში, თიხიანი, ხრეშიან-ქვიშიანი თიხოვანი მასა და ქვიშიან-თიხიანი მასა; სუსტად შეკავშირებული; პლასტიკური	175 - 325
6	მტვროვანი გრუნტების სიჭარბე მსხვილმარცვლოვანი მასალის მცირე და ზომიერი, შემცველობით და პლასტიკური თიხების მცირე შემცველობით	100 - 300
7	მტვროვანი გრუნტები სხვადასხვა ჩანართებით, გამოირჩევიან დრეკადობით	50 - 175
8	თიხოვანი გრუნტები ზომიერი ან მცირე რაოდენობის მსხვილმარცვლოვანი მასალის შემცველობით; ორგანული და არაორგანული მტვროვანი და სხვა შემავსებლით, რომლებიც გრუნტს დრეკადობას ანიჭებენ.	50 - 225

IX.9. მსხვილნატეხოვან-მტვროვან-თიხოვანი გრუნტების სიმტკიცისა და დეფორმაციის მოდულის დახასიათებლების განსაზღვრა

მსხვილნატეხოვანი გრუნტები მტვროვან-თიხოვანი შემავსებლითა და პირიქით – მტვროვან-თიხოვანი მსხვილნატეხოვანი ჩანართებით რთული მრავალკომპონენტური სისტემაა. გრუნტების კლასიფიკაციის მიხედვით ისინი მიეკუთვნებიან ორ განსხვავებულ მსხვილნატეხოვან და მტვროვან-თიხოვან ტიპს. პრაქტიკამ დაგვანახა, რომ >2მმ-ზე მეტი შემცველობა არც მათი მექანიკური თვისებების კანონზომიერი ცვლილებების ზღვარი არის.

მსხვილნატეხოვან მტვროვან და თიხოვან შემავსებლიან და მტვროვან და თიხოვან მსხვილნატეხოვან ჩანართებიანი გრუნტების სიმტკიცისა და კუმშვადობის შეფასების მეთოდის მიხედვით, რომ ეს გრუნტები ნატეხების 20 - 90% შემცველობით, უნდა განიხილებოდეს ერთ ტიპად. მეორე მხრივ, ცალკე აღებული კლდოვანი ქანების ნატეხები (<2მმ-ზე) პრინციპულად განსხვავებულია, როგორც ფრაქციის ზომებით, ასევე მექანიკური თვისებებით. ამ თვალსაზრისით ისინი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც გრუნტების ორი ტიპის ნარევი.

აღნიშნული მეთოდით დადგენილია: ნატეხოვან-მტვროვან-თიხოვან გრუნტებს შორის მჭიდრო კავშირი მათ ფიზიკურ და მექანიკურ მახასიათებლებს შორის. ამ გრუნტების მექანიკური თვისებების პარამეტრები ზოგადად დამოკიდებულია: გრანულომეტრიულ შედგენილობაზე, ნატეხების სიმტკიცესა და დამუშავების ხარისხზე, მტვროვან-თიხოვანი შემავსებლის ბუნებრივ ტენიანობაზე, პლასტიკურობასა და კონსისტენციაზე.

ნატეხოვან-მტვროვან-თიხოვანი გრუნტების სიმტკიცის მახასიათებლების ნორმატიული მაჩვენებლების არსებული მეთოდით განსაზღვრისას საჭიროა დაცულ იქნეს შემდეგი პირობები: $0 \leq J_p \leq 0.75$ კონსისტენციის დროს ნატეხოვანი მასალის მინიმალური შენევა დასაშვებია ქვიშარში 20%, თიხნარში 30, თიხაში და დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრისას 40 - 50%, ნატეხოვანი მასალის მაქსიმალური შემცველობა ყველა აღნიშნული ტიპისთვის არ უნდა აღემატებოდეს 90%-ს. გრუნტებისათვის, რომლებშიც მსხვილნატეხოვანი მასალის შემცველობა ნაკლებია მითითებულ ზღვარზე ან მტვროვან-თიხოვანი შემავსებლის კონსისტენციის მაჩვენებელი $J_p > 0.75$ -ზე, მათი მახასიათებლები განისაზღვრება უშუალო გამოცდით, ხოლო თუ $J_p < 0$ -ზე, აიღება მისი ქვედა ზღვარი - ნოლი.

გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხის განსაზღვრა კონსოლიდირებული ჭრისას დასაშვებია ფიზიკური ეკვივალენტის $0 < M_\tau < 1$ -ის დროს, ხოლო არაკონსოლიდირებული ჭრისას სიმტკიცის მახასიათებლებისა და დეფორმაციის მოდულისათვის - $0 < M_\tau < 0.6$ შუალედში. გრუნტის ფიზიკური ეკვივალენტი (M_τ) განისაზღვრება ფორმულით:

$$M_\tau = \frac{P_1}{P_2} I_3 (1 + I_p),$$

სადაც P_1 და P_2 გრუნტში < 2 და > 2 მმ ფრაქციების რაოდენობაა; I_3 და I_p - მტვროვან-თიხოვანი შემავსებლის პლასტიკურობის რიცხვი და კონსისტენციის მაჩვენებელი, გამოსატული ერთეულებში.

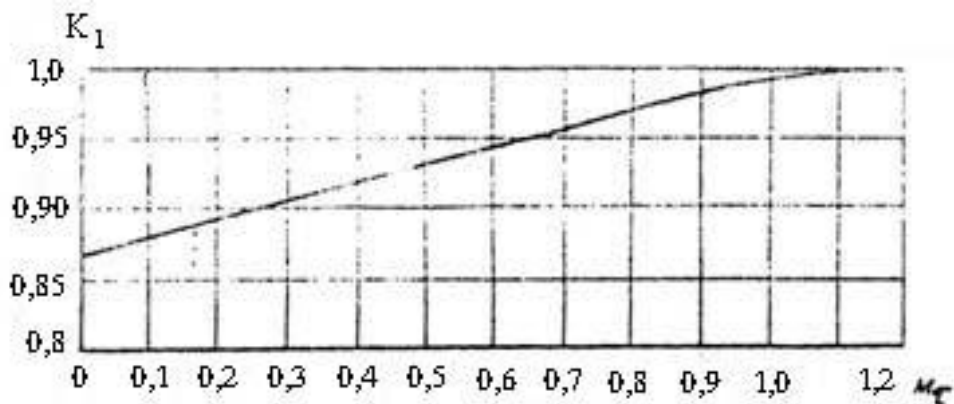
გამარტივების მიზნით ნატეხოვან-მტვროვან-თიხოვანი გრუნტების სიმტკიცისა და კუმშვადობის ნორმატიული მნიშვნელობების განსაზღვრის საანგარიშო ფორმულები მოცემულია ერთ IX.14 ცხრილში.

ცხრილი IX.14

ნორმატიული მნიშვნელობები		ჭრის სქემა	
		კონსოლიდირებული	არაკონსოლიდირებული
სიმტკიცის	შიგა ხახუნის კუთხე	$\varphi_n = K_1 K_\varphi 46(0.3)^{M_\tau}$	$\varphi_n^1 = K_1 K_\varphi 37(0.234)^{M_\tau}$
	წინასწარი და საორიენტაციო	$\varphi_n = K_1 K_\varphi \varphi_{n_1}$	$\varphi_n^1 = K_1 K_\varphi \varphi_{n_2}$
	შეჭიდულობა	$C_n = \frac{K_2 K_p 79 M_\tau^{0.32}}{(1 + I_k)^{3.62}}$	$C_n^1 = \frac{K_2 K_p 87 M_\tau^{0.51}}{(1 + I_j)^{3.85}}$
	წინასწარი და საორიენტაციო	$C_n = K_2 K_p C_{n_1}$	$C_n^1 = K_2 K_p C_{n_2}$
კუმშვადობის	დეფორმაციის მოდული	$E = \frac{K_E K_p K_L}{0,088 M_\tau - 0,15 M_\tau I_j + 0,017}$	
	წინასწარი და საორიენტაციო	$E = K_E K_p E_1$	

შენიშვნა: მახვილკუთხიდან ძლიერ მტკიცე ($K_e < 0.05$) კლდოვანი ქანების ნატეხებისთვის $K_p = K_2 = K_1 = 1$

ცხრილში მოცემულ ფორმულებში K_1 და K_2 მსხვილი ნატეხების დამუშავების კოეფიციენტებია შიგა ხახუნის კუთხისათვის, დამუშავებული ნატეხების (ხრეში, კენჭი) შემთხვევაში (K_1) – აიღება გრაფიკის (ნახ. 9.12) მიხედვით, შეჭიდულობისათვის (K_2) კი ტოლია 0.9-ისა.



ნახ. 9.12. შიგა ხახუნის კუთხისათვის გრუნტის ფიზიკური ეკვივალენტისაგან M_τ დამოკიდებულებით მსხვილი ნატეხების დამუშავების კოეფიციენტის K_1 გრაფიკი.

K_p კოეფიციენტი, რომელიც შეესაბამება მსხვილი ნამსხვრევების სიმტკიცეს (K_e) და ფიზიკური ეკვივალენტის (M_τ) მნიშვნელობებს, განისაზღვრება IX.15 ცხრილით.

ცხრილი IX.15

ნატეხების ცვეთადობის კოეფიციენტი, K_e	K_p კოეფიციენტი, M_τ მნიშვნელობებისას									
	0	0.25	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.05	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.99	1	1
0.1	0.87	0.88	0.89	0.90	0.92	0.94	0.96	0.97	0.98	1
0.2	0.77	0.77	0.78	0.81	0.83	0.85	0.87	0.90	0.94	0.98
0.3	0.63	0.64	0.66	0.69	0.72	0.75	0.77	0.81	0.86	0.93
0.4 და მეტი	0.52	0.53	0.54	0.57	0.61	0.65	0.67	0.72	0.78	0.88

K_p – კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია გრუნტის სიმკვრივესა და კონსისტენციაზე, აიღება ρ_n ნორმირებული სიმკვრივეების IX.16 ცხრილიდან. ნორმირებულისგან განსხვავებული ფაქტობრივი ბუნებრივი სიმკვრივეების შემთხვევაში კონსისტენციის $0 < J_c \leq 0.25$ შუალედში ცხრილში მოცემულ ნორმირებულ სიმკვრივეთა მნიშვნელობებს ემატება 0.1, $0.25 \leq J_c \leq 0.5$ და $0.5 < J_c \leq 0.75$ -ის დროს შესაბამისად აკლდება 0.1 და 0.2.

K_E და K_L კოეფიციენტები დამოკიდებულია გრუნტის ფიზიკურ ეკვივალენტზე (M_τ), მსხვილი ნატეხების სიმტკიცეზე (K_e), კონსისტენციაზე (J_c) და განისაზღვრება IX.17 ცხრილით.

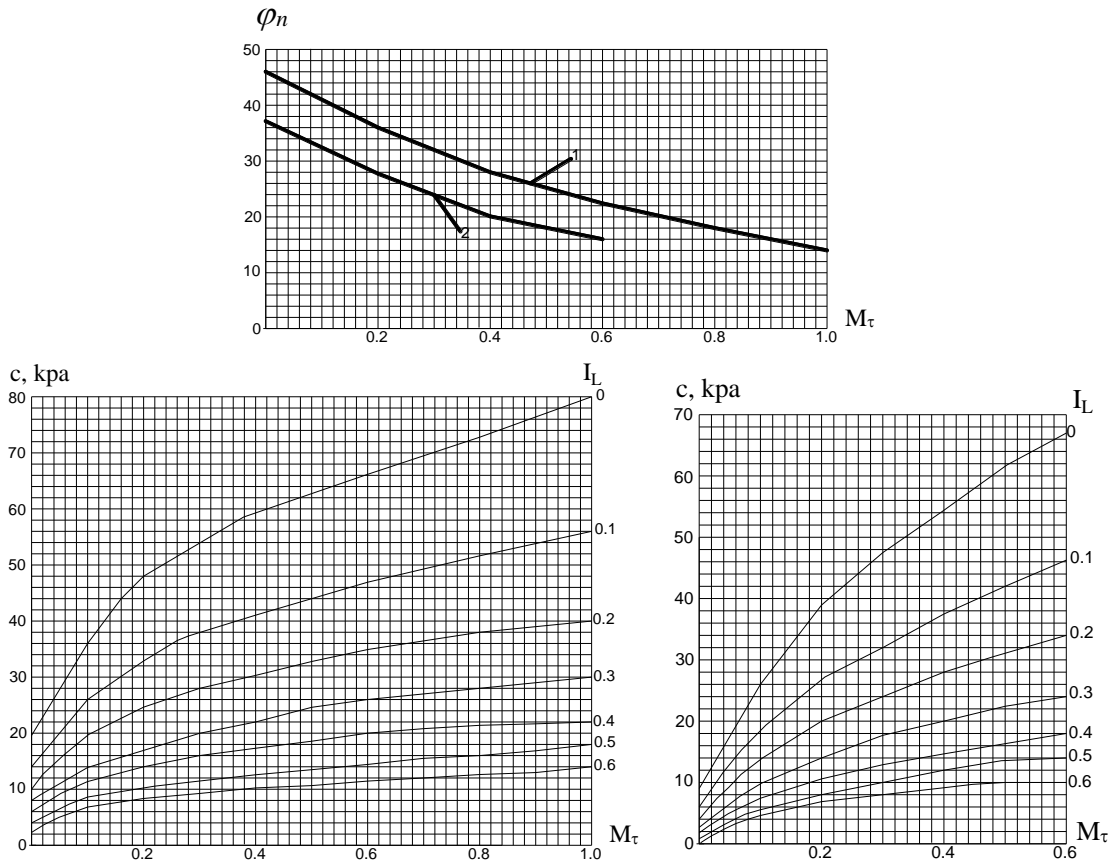
ცხრილი IX.16

შემავესებლის კონსისტენციის მახვენებელი, J_c	გრუნტის სიმკვრივის ნორმირებული მნიშვნელობები						
	20	30	40	50	60	73	100
$0 \leq J_c \leq 0.25$	2.03	2.08	2.13	2.17	2.21	2.27	
$0.25 < J_c \leq 0.50$	2.02	2.07	2.11	2.15	2.19	2.26	
$0.50 < J_c \leq 0.75$	2.00	2.05	2.09	2.13	2.17	2.25	

ცხრილი IX.17

მასსიათებლები	მაჩვენებლები	K_E და K_L კოეფიციენტები M_τ ეკვივალენტის მნიშვნელობებისას							
		0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
ნატეხების სიმტკიცე, ცვეთადობის K_e კოეფიციენტის მიხედვით	< 0.1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.2	0.88	0.89	0.90	0.93	0.95	0.98	1	1
	0.3	0.76	0.78	0.81	0.86	0.91	0.96	0.98	1
	0.4	0.64	0.67	0.71	0.79	0.86	0.94	0.96	1
შემავესებლის კონსისტენცია, J_c	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.1	1	0.97	0.97	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95
	0.2	1	0.93	0.91	0.89	0.88	0.87	0.87	0.86
	0.3	1	0.88	0.84	0.80	0.78	0.76	0.75	0.74
	0.4	1	0.81	0.74	0.68	0.65	0.62	0.61	0.60
	0.5	1	0.72	0.63	0.54	0.49	0.45	0.43	0.42
0.6	1	0.65	0.53	0.42	0.36	0.31	0.29	0.28	

$\varphi_n, \varphi_n^1, C_n, C_n^1$ – კონსოლიდირებული (n_1) და არაკონსოლიდირებული (n_2) ჭრისას შიგა ხახუნის კუთხისა (φ) და შეჭიდულობის ნორმატიული მაჩვენებლებია, რომლებიც დამოკიდებულია ფიზიკურ ეკვივალენტსა (M_τ) და კონსისტენციაზე (I_p) ძლიერ მტკიცე $R_e < 0.05$, მახვილკუთხა, მსხვილნატეხოვან-მტვროვან-თიხოვანი ქანებისათვის განისაზღვრება მრუდებით (ნახ. 9.13)



ნახ. 9.13. კონსოლიდირებული (ა1 ბ) და არაკონსოლიდირებული (ა2 გ) ჭრისას შიგა ხახუნის კუთხის ($\varphi_n^1; \varphi_n^2$) და შეჭიდულობის ($C_n^1; C_n^2$) ნორმატიული მნიშვნელობების ფიზიკურ ეკვივალენტსა (M_τ) და კონსისტენციის (I_p) მაჩვენებლებზე დამოკიდებულების გრაფიკები.

ჯამური ცხრილში (IX.18) მოცემული დეფორმაციის საანგარიშო ფორმულაში E გრუნტის დეფორმაციის ნორმატიული მაჩვენებელია და მის სიდიდებს აქვს იგივე საანგარიშო მნიშვნელობები, რაც გრუნტის სიმტკიცის განსაზღვრისას.

მსხვილნატეხოვან მტვროვან და თიხოვანშემავსებლიან და მტვროვან და თიხოვან მსხვილნატეხოვან ჩანართებიანი გრუნტების სიმტკიცისა და დეფორმაციის მოდულის წინასწარი და საორიენტაციო ნორმატიული მნიშვნელობების შეფასება ძლიერ მტკიცე ($R_e < 0.05$) და მტკიცე ($R_e < 0.1$) ნატეხებისათვის დასაშვებია საანგარიშო ფორმულების გამოყენებით (ცხრ. IX.18).

შეჭიდულობის (c), შიგა ხახუნის კუთხისა (φ) და დეფორმაციის მოდულის (E) ნორმატიული მნიშვნელობები

შემავსებლის ტიპი და პლასტიკურობის საშუალო მაჩვენებლები	კონსისტენციის მნიშვნელობის საზღვრები	სიმტკიცის მაჩვენებლები, კონსოლიდირებული (n ₁) და არაკონსოლიდირებული (n ₂)	გრუნტის სიმტკიცის ნორმატიული მახასიათებლები ძლიერ მტკიცე (R _e <0.05) მსხვილი ნატეხების პროცენტული შემცველობის მიხედვით							
			20	30	40	50	60	70	80	90
ქვიშნარი (I _s =3.5)	0 ≤ I _p ≤ 0.25	$\frac{C_{n1}C_{n2}}{\phi_{n1}\phi_{n2}}$ კპა I _{კპა} =10 ⁻² კგ/სმ ²	28 –	24 –	21 –	18 –	16 –	14 –	12 –	9 –
	0.25 < I _p ≤ 0.75		38 –	41 –	43 –	44 –	44 –	45 –	45 –	46 –
	0 ≤ I _p ≤ 0.75		11 –	9 –	8 –	7 –	6 –	5 –	4 –	3 –
			36 –	40 –	42 –	43 –	44 –	45 –	45 –	46 –
თიხნარი (I _s =12)	0 ≤ I _p ≤ 0.25	$\frac{C_{n1}C_{n2}}{\phi_{n1}\phi_{n2}}$ კპა I _{კპა} =10 ⁻² კგ/სმ ²	– 11	– 8	– 6	– 5	– 4	– 3	– 3	– 2
	0.25 < I _p ≤ 0.50		– 28	– 31	– 33	– 34	– 35	– 36	– 36	– 37
	0.50 < I _p ≤ 0.75		– 40	36 31	31 24	27 20	24 16	19 13	17 10	14 6
			– 17	31 23	36 27	39 30	41 32	43 34	44 35	45 36
თიხა (I _s =22.5)	0 ≤ I _p ≤ 0.25	$\frac{C_{n1}C_{n2}}{\phi_{n1}\phi_{n2}}$ კპა I _{კპა} =10 ⁻² კგ/სმ ²	– 21	18 16	16 12	14 10	12 8	11 6	9 5	7 3
	0.25 < I _p ≤ 0.50		– 14	29 21	34 26	38 29	40 31	42 33	44 35	45 36
	0.50 < I _p ≤ 0.75		– –	11 9	10 7	8 6	7 5	6 4	5 3	4 2
			– –	27 19	32 24	36 28	39 30	42 32	44 34	45 36
	0 ≤ I _p ≤ 0.25	$\frac{C_{n1}C_{n2}}{\phi_{n1}\phi_{n2}}$ კპა I _{კპა} =10 ⁻² კგ/სმ ²	– –	43 42	38 34	33 27	29 22	25 17	21 13	16 9
	0.25 < I _p ≤ 0.50		– –	23 16	29 21	34 25	37 29	40 31	43 33	45 35
	0.50 < I _p ≤ 0.75		– –	– –	19 17	17 14	15 11	13 9	11 7	2 4
			– –	– –	26 19	31 23	36 27	39 30	42 33	44 35
			– –	– –	– 10	10 8	9 6	8 5	6 4	5 3
			– –	– –	– 16	30 21	34 26	38 29	41 32	44 35

ცხრილი IX.19

შემავსებლის ტიპი, პლასტიკურობის საშუალო მაჩვენებლები და კონსისტენციის მნიშვნელობის საზღვრები	გრუნტის დეფორმაციის მოდულის E მპა (10კგ/სმ ²) ნორმატიული მახასიათებლები მსხვილი ნატეხების შემცველობის მიხედვით					
	40	50	60	70	80	90
ქვიშნარი (I _s =3.5) 0 ≤ I _p ≤ 0.75	35	40	45	49	53	57
თიხნარი (I _s =12) 0 ≤ I _p ≤ 0.25	30	36	41	46	50	55
0.25 < I _p ≤ 0.50	–	25	31	36	43	51
0.50 < I _p ≤ 0.75	–	–	18	24	31	45
თიხა (I _s =22.5) 0 ≤ I _p ≤ 0.25	25	30	36	41	47	53
0.25 < I _p ≤ 0.50	–	20	25	31	37	47
0.50 < I _p ≤ 0.75	–	–	12	18	24	37

დეფორმაციის მოდულის ნორმატიულ მნიშვნელობათა საორიენტაციო IX.19 ცხრილში შეტანილია მონაცემები მტკიცე ნატეხებისათვის (R_e<0.1), R_e≥0.1-ის შემთხვევაში აღნიშნული მნიშვნელობები საჭიროა გადამრავლდეს ნატეხების სიმტკიცის კოეფიციენტზე (ცხრ. IX.19), თიხოვანი შემავსებლის პლასტიკურობის მაჩვენებლებისა და მსხვილი ფრაქციების პროცენტული შემცველობის შუალედური მნიშვნელობები კი განისაზღვროს საზობრივი ინტერპრეტაციით.

სამშენებლო ნორმებითა და წესებით (სნ და წ. 2.02.01-83 გვ.3) გრუნტების მექანიკური თვისებების საანგარიშო მნიშვნელობები (X) ფასდება ნორმატიული მნიშვნელობების (X_n) შეფარდებით საიმედოობის კოეფიციენტთან (γ_გ). დეფორ-

მაციის მოდულის საანგარიშო მნიშვნელობად მიიღება მისი ნორმატიული მაჩვენებელი, ამიტომ მისი საიმედოობის კოეფიციენტი (γ_g) უდრის ერთს, შეჭიდულობისათვის ($\gamma_{g(c)}$) არის 1.5, შიგა ხახუნის კუთხისათვის ($\gamma_{g(\phi)}$) 1.15. II-III კლასის ნაგებობებისა და ელექტროგადამცემი ხაზებისათვის აღნიშნული საიმედოობის კოეფიციენტის მნიშვნელობათა მიხედვით მიღებული შედეგები შეიძლება შეირჩეს საანგარიშოდ. შედარებით მაღალი კლასის ნაგებობებისათვის საჭიროა გათვალისწინებულ იქნეს ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლების სტატისტიკურად დამუშავებული მონაცემები (სახ. სტანდარტი 20 522-75-თავი X).

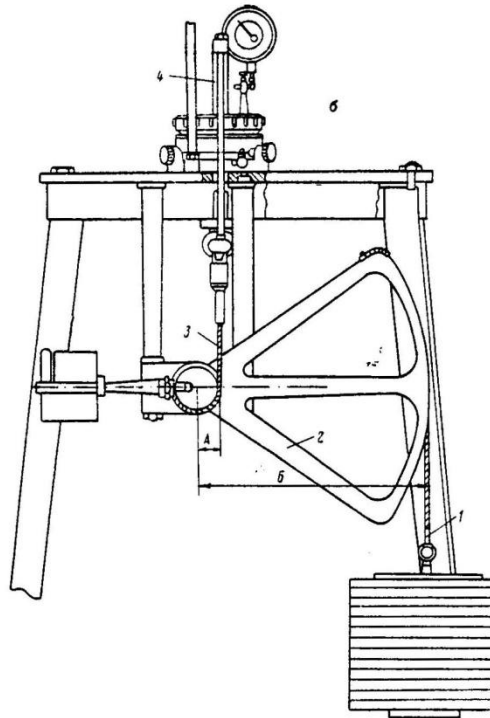
IX.10. ქანების დეფორმაციული მაჩვენებლების განსაზღვრა კომპრესიის ხელსაწყოთი

ქვიშოვანი და თიხოვანი ქანების დეფორმაციულობას უმეტესად იკვლევენ კომპრესიაზე გამოცდით. არჩევენ კომპრესიულ ხელსაწყოებს ხისტი (ოღომეტრი) და დრეკადი (სტაბილომეტრი) კედლებით. ხისტკედლებიან ხელსაწყოებში გრუნტი მხოლოდ ვერტიკალურად გადაადგილდება (შემკვრივდება), დრეკადკედლებიანში კი დეფორმაცია გვერდითი მიმართულებითაც აღინიშნება. ქვემოთ განვიხილავთ საინჟინრო გეოლოგიაში ფართოდ გავრცელებულ ჰიდროპროექტის პირველი ტიპის კომპრესიის ხელსაწყოს მუშაობის სქემას.

ჰიდროპროექტის ხელსაწყოს მთავარი შემადგენელი ნაწილებია მაგიდაზე დამონტაჟებული ოღომეტრი და ნორმალური ძალის გადამცემი ბერკეტული მექანიზმი (ნახ. 9.16).

მაგიდას ფეხების ბოლოზე აქვს გამთანაბრებელი ხრახნები, რომელთა საშუალებით ხელსაწყოს ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში აჩერებენ. ხელსაწყო საშუალებას იძლევა, გამოცდადოთ 60 სმ² ფართობისა და 2.5 სმ სიმაღლის ნიმუშები. ამიტომ ბერკეტული სისტემის მხრების შეფარდების გათვალისწინებით (1 : 10) 0.1 მპა დატვირთვის განსახორციელებლად საჭიროა 6 კგ ტვირთი.

მაქსიმალურად სრულყოფილი მონაცემების მისაღებად ცდის დაწყებამდე ახდენენ ხელსაწყოს ტარირებას. კუმშვაზე ტარირება ხდება ლითონის სადების (შაბლონის) საშუალებით. ტარირების მაქსიმალური წნევა უნდა იყოს 1 მპა-ის ტოლი, დატვირთვა – 0.05 მპა, რომელიც სადებს გადაეცემა საფეხურებად 2 – 2 წთ-ის დაყოვნებით.



ნახ. 9.16. ჰიდროპროექტის კონსტრუქციის
კომპრესიული ხელსაწყო სექტორული ტიპის
ბერკეტიანი წნეხის სქემა. 1 – ტვირთის საკიდი, 2 – სექტორული
ბერკეტი საპირწონით, 3 – საწვევი, 4 – დასატვირთი ჩარჩო

ცდისას ოდომეტრის მჭრელ მასრაში ათავსებენ გრუნტს, ნიმუშს სამუშაო რგოლით წონიან, ადებენ ტენიან ფილტრის ქაღალდებს, ათავსებენ კომპრესიულ ხელსაწყოში, არეგულირებენ წნეხის გადამცემ მექანიზმს, აყენებენ ინდიკატორებს და იღებენ საწყის ანათვლებს. თუ ცდა წყლიან გარემოშია გათვალისწინებული, ოდომეტრზე დამჭერი ქუროს შტამპთან შეხებამდე ჩახრახნით სპობენ ნიმუშის გაჯირჯვების შესაძლებლობას. ოდომეტრზე მოთავსებული გარსაცმის ხვრელიდან რეზინის მილისა და ძაბრის საშუალებით თიხურ ქანებს აწვდიან წყალს და აყოვნებენ 2-დან 5-მდე დღე-ღამის განმავლობაში, ქანის სრულ წყალგაჯერებამდე, ქვიშებში კი შტამპის ზევით წყლის ამოსვლამდე.

ნიმუშს ვერტიკალურად დატვირთავენ ნორმალური ძალის გადამცემი მექანიზმით, ოდომეტრს დატვირთვა გადაეცემა თანაბარ საფეხურებად, თითოეული საფეხურის სრულ სტაბილიზაციამდე. სტაბილიზაციას აფიქსირებენ ოდომეტრზე დამჭერებით დამაგრებული ინდიკატორების საშუალებით. ანათვლებს იღებენ მაშინვე, დატვირთვიდან 0.25, 30 წმ-ის 1; 2; 5; 10; 30 წუთის, ყოველი 1 საათის ინტერვალით სამუშაო დღის განმავლობაში. შემდეგ სამუშაოს დასაწყისსა და ბოლოში – ქანის შემკვრივების პირობით სტაბილიზაციამდე. დეფორმაცია ითვლება დამთავრებულად, თუ ბოლო სამი ანათვლი ინდიკატორზე ერთნაირია ან

ქვიშებისათვის ბოლო 4 საათის, თიხური ქანებისათვის 16, ორგანულ-მინერალური და ორგანული ქანებისათვის 24 საათის განმავლობაში დეფორმაციის სიჩქარე არ აღემატება 0.01 მმ-ს.

პირველ საფეხურს იწყებენ მცირე (0.0025 მპა) დატვირთვით. იმ დატვირთვას, რომლის დროსაც ინდიკატორები უჩვენებენ პირველ დატვირთვას, უწოდებენ ეფექტურს ანუ სტრუქტურულ წინაღობას ($P_{სტრუქ}$). ის ძირითადად ხმარდება გრუნტის შიგა ძალების წინააღმდეგობის გადალახვას. ქანებს იკვლევენ: 0.0125; 0.025; 0.05; 0.1 მპა და შემდეგ 0.1 მპა ტოლი ინტერვალებით დატვირთვის მოცემულ მნიშვნელობამდე. ქვიშების გამოცდისას, მათ შორის გატორფებულებისათვის, პირველი დატვირთვა შეირჩევა მათი ფორიანობის კოეფიციენტის მიხედვით. როდესაც $e \geq 0.75$ დატვირთვა შეადგენს 0.0125 მპა, თუ $0.75 > e > 0.6$, იგი ტოლია 0.025 მპა-ის, ხოლო $e \leq 0.6$ შემთხვევისათვის იღებენ 0.05 მპა-ს, შემდგომი დატვირთვებისთვის ჩვეულებრივ, ზემოთ მოცემული სტანდარტებით.

აუცილებელ შემთხვევაში სპეციალური დავალების მიხედვით შესაძლებელია ნიმუშზე ჩატარდეს დატვირთვების მოხსნა უკუთანამიმდევრობით, აგრეთვე პირველი დატვირთვების ანალოგიური განმეორებითი გამოცდა კუმშვაზე.

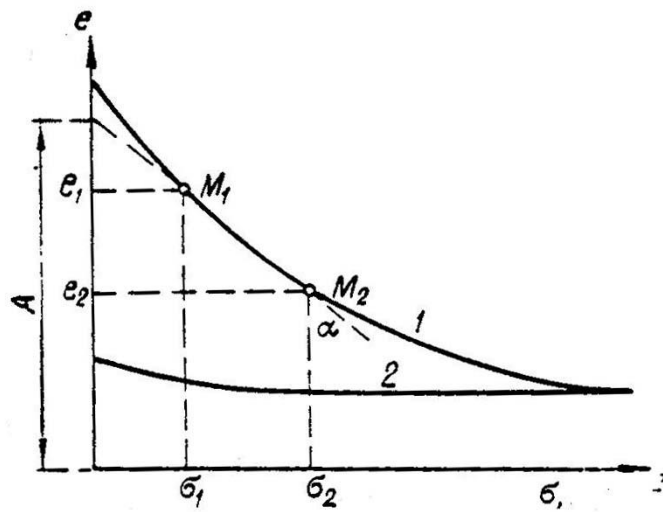
ცდის დამთავრების შემდეგ საჭიროა აიწონოს გრუნტი რგოლით, თერმოსტატში მუდმივ წონამდე დაყვანით განისაზღვროს ტენიანობა და მშრალი გრუნტის მასა.

მიღებული შედეგებით, ინდიკატორის საშუალო არითმეტიკული მაჩვენებლებისა და კომპრესიული ხელსაწყოთა დეფორმაციის ტარირების მონაცემების გამოკლებით, დატვირთვის ყოველი საფეხურისათვის (P_i) საზღვრავენ გრუნტის ფარდობით დეფორმაციას (ε_i), ფორიანობისა (e_i) და კუმშვადობის (m_i) კოეფიციენტებს და დეფორმაციის მოდულს (E_i).

ფარდობითი დეფორმაცია გამოითვლება მოცემულ დატვირთვაზე გრუნტის სიმაღლის ცვლილების სიდიდის (Δh_i) ფარდობით მის საწყის სიმაღლესთან (h): $\varepsilon_i = \Delta h_i / h$; e_i -ის ითვლიან საწყისი ფორიანობის კოეფიციენტის (e) და შესაბამისი ფარდობითი დეფორმაციის სიდიდეების (ε_i) საშუალებით: $e_i = e - \varepsilon_i(1 + e)$.

მიღებული შედეგების მიხედვით აგებენ გრუნტის ფორიანობის კოეფიციენტის დატვირთვასთან დამოკიდებულების კომპრესიულ მრუდს (ნახ 9.17). კომპრესიული მრუდის მცირე მონაკვეთი (მაგალითად, M_1 და M_2) შეიძლება ჩაითვალოს

წრფედ, რომლის დახრის ტანგენსი ასახავს ქანის კუმშვადობას. წნევას მოცემულ ინტერვალში
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{e_1 - e_2}{\sigma_2 - \sigma_1} = \frac{de}{d\sigma}.$$



ნახ. 9.17. გრუნტის ფორიანობის კოეფიციენტის (ბ) დატვირთვისთან დამოკიდებულების კომპრესიული მრუდები: 1 – შემკვრივების; 2 – განმკვრივების.

$\operatorname{tg} \alpha$ – კუთხური კოეფიციენტი გამოხატავს ფორიანობის დამოკიდებულებას მოძქმედ წნევასთან აღინიშნება m -ასოთი და ეწოდება კუმშვადობის კოეფიციენტი, მისი განზომილებაა მპა⁻¹(სმ²/კგძ).

ზემოაღნიშნული ფორმულიდან $de = m d\sigma$ ასახავს გრუნტების მექანიკის მთავარ კანონს – გრუნტის მოქმედ წნევასთან ფორიანობის ცვალებადობის პირდაპირპროპორციულ დამოკიდებულებას.

კუმშვადობის კოეფიციენტის სიდიდის მიხედვით, პირობითად გამოყოფენ ქანების ჯგუფებს: განსაკუთრებით ძლიერ და ძლიერ კუმშვადს – როდესაც კუმშვადობის კოეფიციენტი გამოისახება ერთეულის მეათედი ნაწილებით, საშუალოდ კუმშვადსა და სუსტად კუმშვადს, თუ ეს კოეფიციენტი შესაბამისად შეადგენს ერთეულის მეასედსა და მეათასედს.

ფარდობითი დეფორმაციის მიხედვით იგი შეესაბამება >0.060, 0.02 - 0.06, 0.005 - 0.02 და 0.001 - 0.005.

კომპრესიული მონაცემების საფუძველზე 0.1 მპა სიზუსტით ფორმულით:

$$E_i = \frac{\beta(1 + e_i)}{m_i}$$

სახდვრავენ დეფორმაციის მოდულს. მოცემულ ფორმულაში e , m - ფორიანობისა და კუმშვადობის კოეფიციენტებია შესაბამისი (i) დატვირთვისათვის (σ).

β – მამრავლი, რომელსაც გვერდითი გაფართოების გარეშე კუმშიდან გადა-
 ვყავართ კუმშიაზე, რომელიც აღინიშნება ბუნებრივ პირობებში. იგი აღემა IX.20
 ცხრილიდან ან განისაზღვრება გვერდითი წნევის (ξ), ან განივი გაფართოების –
 პუასონის (μ) კოეფიციენტებით:

$$\beta = \frac{(1-\xi)(1+2\xi)}{(1+\xi)} \quad \text{ან} \quad \beta = \frac{1-2\mu^2}{1-\mu}$$

ξ გვერდითი წნევის კოეფიციენტი გვიჩვენებს, გვერდითი გაფართოების შეუ-
 ძლებლობის პირობებში ვერტიკალური დატვირთვის (წნევის) რა ნაწილი გადაეცე-
 მა ქანებიდან გვერდით (გვერდითი წნევა-განმბჯენი). მას ადგენენ სტაბილომე-
 ტრებით, შეიძლება გამოვთვალოთ პუასონის კოეფიციენტით ან შინაგანი სახუნის
 კუთხით (φ):

$$\xi = \frac{\mu}{1-\mu} \quad \text{ან} \quad \xi = \text{tg}^2(45^\circ - \varphi/2)$$

ცხრილი IX.20

№	ქანის დასახელება	ბუნებრივი პირობების კუმშიაზე გადამყვანი მაჩვენებელი, β
1	ქვიშები	0.76
2	ქვიშნარები	0.74
3	თიხნარები	0.62
4	თიხები	0.40

μ – პუასონის კოეფიციენტი (განივი ε_y და გრძივი ε_z ფარდობით დეფორ-
 მაციათა შეფარდება) განისაზღვრება აგრეთვე სტაბილომეტრით ან გამოითვლება
 გვერდითი წნევის კოეფიციენტით:

$$\mu = \frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_z} \quad \text{ან} \quad \mu = \frac{\xi}{1+\xi}$$

პუასონის კოეფიციენტის (μ) მიახლოებითი სიდიდეები მოცემული იყო ქანე-
 ბის ერთდერძა კუმშიაზე გამოცდის ნაწილში. რაც შეეხება გვერდითი წნევის
 კოეფიციენტს (ξ), ექსპერიმენტული მონაცემების არარსებობისას კლდოვანი ქანე-
 ბისათვის 0 – 0.1-ს იღებენ, ნახევრადკლდოვანი ქანებისათვის 0.2 - 0.3-ს, ქვიშებისა
 და ქვიშნარებისთვის იცვლება 0.35 - 0.41-ის, თიხნარების და თიხებისათვის – 0.50
 – 0.74 ფარგლებში.

ნებისმიერი ტენიანობის ქვიშები და სხვადასხვა კონსისტენციის თიხოვანი ქანები		დეფორმაციის მოდულის E კგ/სმ ² 0,1 მპა ნორმატიული მაჩვენებელი სხვადასხვა ფორიანობის კოეფიციენტის (e) შემთხვევისათვის						
		0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.05
ქვიშები	1. სრეშოვანი და მსხვილმარცვლოვანი	500	400	300	–	–	–	–
	2. საშუალომარცვლოვანი	500	400	300	–	–	–	–
	3. წვრილმარცვლოვანი	480	380	280	180	–	–	–
	4. მტვროვანი	390	230	180	110	–	–	–
თიხოვანი ქანები	1. ქვიშნარი $0 \leq J_k \leq 0.75$	320	240	160	100	70	–	–
	2. თიხნარი $0 \leq J_k \leq 0.25$ $0.25 < J_k \leq 0.5$ $0.5 < J_k \leq 0.75$	340	270	220	170	140	110	–
		320	250	190	140	110	80	–
		–	–	170	120	80	60	50
	3. თიხები $0 \leq J_k \leq 0.25$ $0.25 < J_k \leq 0.5$ $0.5 < J_k \leq 0.75$	–	280	240	210	180	150	120
		–	–	210	180	150	120	90
		–	–	–	150	120	90	70
<p>გვერდითი წნევის კოეფიციენტი (ξ) – ქვიშებისა და ქვიშნარებისათვის უდრის 0.35 - 0.41; თიხნარებისათვის – 0.50 - 0.70; თიხებისათვის – 0.20 - 0.74. პუასონის კოეფიციენტი (μ) – ქვიშებისა და ქვიშნარებისათვის უდრის 0.30 - 0.35; თიხნარებისათვის – 0.35 - 0.37; თიხებისათვის – $J_k < 0$ 0.20 - 0.30; $0 \leq J_k \leq 0.25$ 0.30 - 0.38; $0.25 < J_k \leq 1$ 0.38 - 0.40. μ-ს უმცირესი მნიშვნელობები აიღება ქანის მაღალი სიმკვრივეებისათვის.</p>								

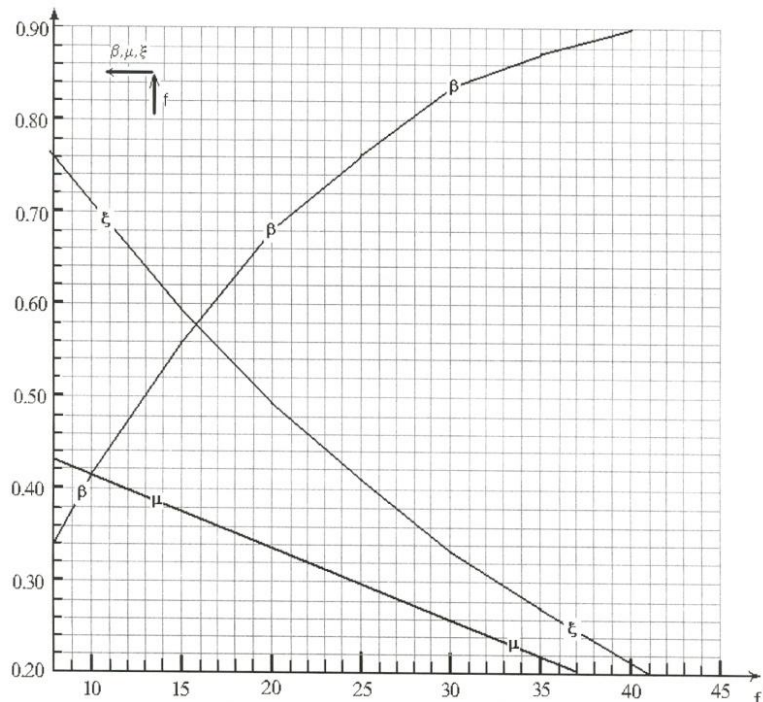
* სამშენებლო ნორმები და წესები 2.02.01-83 სარეკომენდაციო დანართი 1, ცხრილი 1, გვ. 27

β, μ, ξ -ს გამოთვლა საკმაოდ შრომატევადია. მათი ნებისმიერი მნიშვნელობა შიგა ხახუნის კუთხის მიხედვით შეიძლება მარტივად დავადგინოთ ჩვენი შემოთავაზებული ქვემოთ მოყვანილი ნომოგრამის (ნახ. 9.18) გამოყენებით.

ზემოაღნიშნული დეფორმაციის მოდული ქანის დეფორმაციული თვისებების მნიშვნელოვანი განმსაზღვრელია, ამიტომ IX.21 ცხრილში მოგვყავს მათი ნორმატიული მაჩვენებლები.

გრუნტის სახეობა	m_j კოეფიციენტის მნიშვნელობა ფორიანობის e კოეფიციენტის შემთხვევაში						
	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.05
ქვიშნარი	4.0	4.0	3.5	3.0	2.0	—	—
თიხნარი	5.0	5.0	4.5	4.0	3.0	2.5	2.0
თიხა	—	—	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5

* შენობა-ნაგებობების პროექტირების სახელმძღვანელო – 78 წ. 3.27

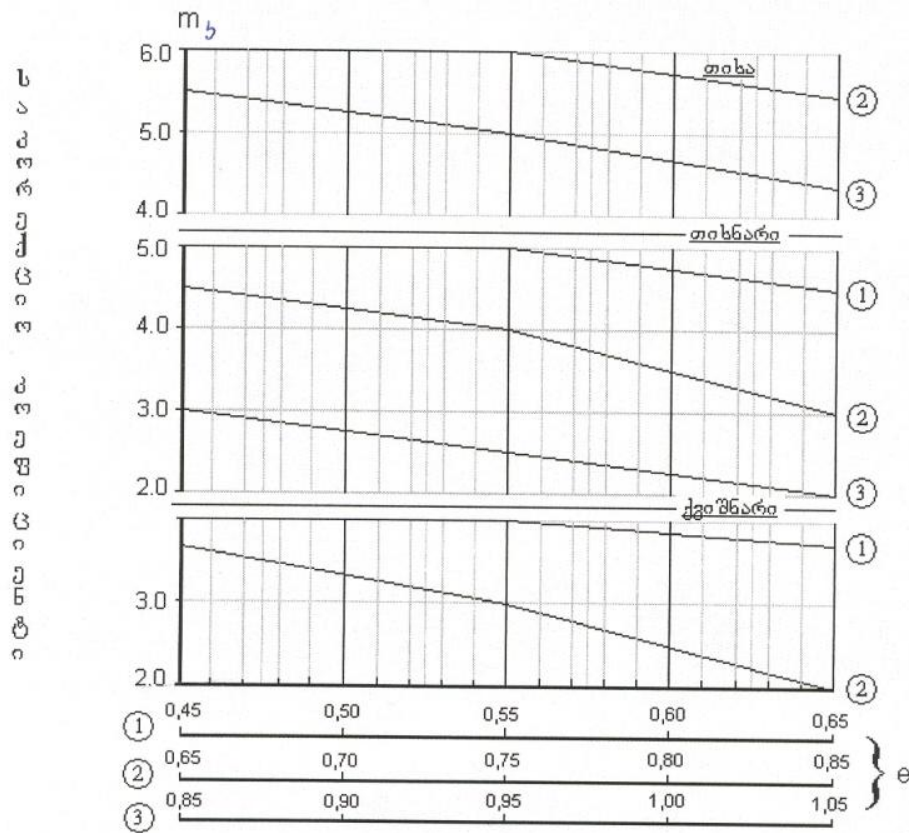


ნახ. 9.18. ნომოგრამა – შიგა ხახუნის კუთხის (φ) მიხედვით გვერდითი წნევის კოეფიციენტი (ξ), პუასონის კოეფიციენტისა (μ) და ბუნებრივ პირობებში გადამყვანი მამრავლის (β) განსაზღვრისათვის.

ლაბორატორიაში კომპრესიული ხელსაწყოთი მიღებული მონაცემებით განსაზღვრული დეფორმაციის მოდულის კორექტირება II-IV კლასის ნაგებობის მშენებლობისას დასაშვებია IX.22 ცხრილში მოყვანილი ფორიანობის კოეფიციენტის საკორექციო კოეფიციენტის (m_j) მნიშვნელობის გადამრავლებით შესაბამისი დეფორმაციის მოდულის სიდიდეზე.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ საკორექციო მაჩვენებლის გამოყენება დასაშვებია მხოლოდ თიხოვანი ქანებისათვის $J_p \leq 0.75$ კონსისტენციისა და 1 - 2 კგ/სმ² (0.1 მპა) დატვირთვის შემთხვევაში.

ფორიანობის კოეფიციენტის (e) შუალედური მნიშვნელობისათვის დასაშვებია m_j -ს კოეფიციენტის განსაზღვრა ინტერპოლაციით ქვემოთ მოყვანილი გრაფიკებით (ნახ. 9.19).



ნახ. 9.19. საკორექციო კოეფიციენტის მნიშვნელობა ფორიანობის სხვადასხვა კოეფიციენტის დროს.

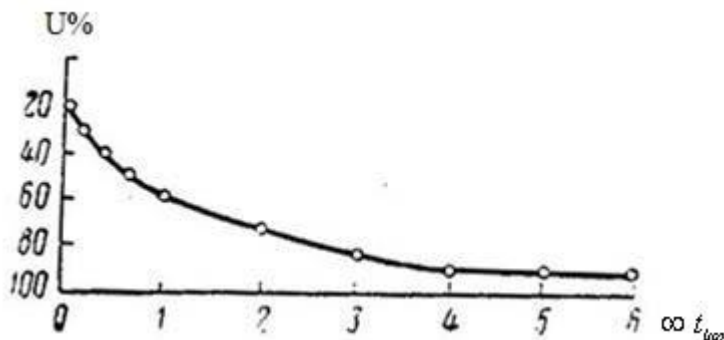
IX.11. ქანების კონსოლიდაცია

ფილტრაციული და მეორეული კონსოლიდაციის კოეფიციენტების განსაზღვრა

თიხოვანი ქანების კომპრესიაზე გამოცდისას აუცილებელია დატვირთვის თითოეული საფეხურისათვის მათი შემკვრივების პროცესის შეფასება.

შემკვრივების უნარს ახასიათებს კონსოლიდაციის ხარისხი (U), რომელიც გამოითვლება ფორმულით $U = \Delta h_f 100 / \Delta h$, სადაც Δh_f და Δh , მოცემულ დატვირთვაზე ნიმუშის სიმაღლის ცვლილებებია, შესაბამისად ცდის დაწყებიდან t დროის განმავლობაში და მისი შემკვრივების სრული სტაბილიზაციისას.

ნებისმიერი თიხოვანი ქანის კონსოლიდაციის მრუდი (ნახ. 9.22) გვიჩვენებს, რომ დატვირთვის დაწყებისას დეფორმაცია მიმდინარეობს ინტენსიურად, შემდეგ კი მდორედ, რაც დაკავშირებულია წყლის გამოწურვის შედეგად ფილტრაციულ კონსოლიდაციასთან. ეს გრაფიკი საშუალებას იძლევა, მოცემული დატვირთვის ზემოქმედების პირობებისათვის განისაზღვროს ფილტრაციის კოეფიციენტი (იხ. ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა კონსოლიდაციის მეთოდი).



ნახ. 9.20. მოცემულ დატვირთვაზე (P_i) ქანის შეკუმშვის დროსთან დამოკიდებულების – კონსოლიდაციის გრაფიკი.

კონსოლიდაციის კოეფიციენტი ასახავს მოცემული ქანის ფორიანობისას წყალშედწევადობისა და კუმშვის ერთობლივ ზემოქმედებას მისი შემკვრივების სინქარეზე. გამოითვლება ფორმულით:

$$C_v = \frac{K_g(1+e_i)}{m_i \rho_{ფ}} \text{ სმ}^2/\text{წელიწადი},$$

სადაც K_g არის ფილტრაციის კოეფიციენტი, მ/დღ.დ ($100 \cdot 365$ სმ/წელი);

e_i – ფორიანობისა და m_i სმ²/კგ 0.1 მპა კუმშვადობის კოეფიციენტები, მოცემულ i დატვირთვაზე;

$\rho_{ფ}$ – წყლის სიმკვრივე, რომელიც 0.001 კგ/სმ³-ის ტოლია;

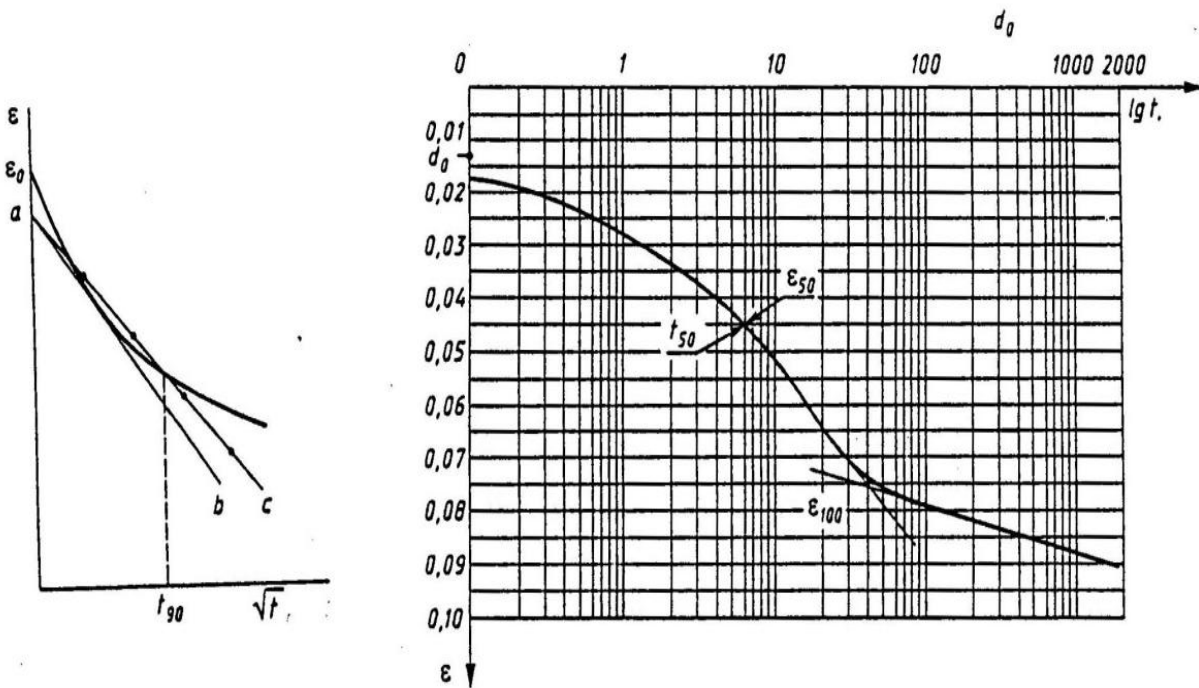
$C_v \leq 1 \cdot 10^7$ სმ²/წელი. შემთხვევაში საქმე გვაქვს დაბალი დეფორმაციული თვისებების ქანთან.

ფილტრაციული კონსოლიდაციის კოეფიციენტის (C_v) მნიშვნელობა შეიძლება განისაზღვროს ფარდობითი კოეფიციენტისა და დროის დამოკიდებულების გრაფიკითაც (სახ.სტანდარტი 12248-96), სადაც დრო აიღება, როგორც კვადრატული ფესვის, ისე ლოგარითმული სახით (ნახ. 9.21).

დროის კვადრატული ფესვის მეთოდით (C_v)-ს განსაზღვრისას კომპრესიული ცდის მონაცემების მიხედვით აგებენ კონსოლიდაციის მრუდს კოორდინატებში, რომლის ორდინატა შეესაბამება ფარდობით დეფორმაციას განსაზღვრისას (ε),

აბსცისა – დროის კვადრატული ფესვის მონაცემებს წუთში. მრუდის საწყის უბანზე აგლებენ ab მხებს და მისი გადაკვეთის წერტილიდან ორდინატა ღერძიდან აგლებენ მეორე ac სწორს, რომლის აბსცისა ყველა წერტილიდან ტოლია ab სწორის აბსცისის $1/15$ -ისა. მრუდთან ac სწორის გადაკვეთით და ჩამოგეგმილებით საზღვრავენ t_{90} – ქანის კონსოლიდაციის 0.90 -ის შესაბამის დროს. ფილტრაციული კონსოლიდაციის კოეფიციენტს ($cm^2/წთ$, $cm^2/წელ$) ითვლიან ფორ-

მულით:
$$C_v = \frac{T_{90} h^2}{t_{90}}, p$$



ნახ. 9.21. გრუნტის კონსოლიდაციის მრუდი. ფილტრაციული (C_v) და მეორეულ კონსოლიდაციის (C_a) კოეფიციენტების განსაზღვრა:
 ა – დროის კვადრატული ფესვის; ბ – დროის ლოგარითმული მეთოდებით

სადაც, T_{90} არის კოეფიციენტი (დროის ფაქტორი), რომელიც შეესაბამება 0.90 კონსოლიდაციის ხარისხს და ტოლია 0.848 -ისა. h – ნიმუშის საშუალო სიმაღლე (კონსოლიდაციის საწყისის და ბოლოს საშუალო) სმ-ობით და ორმხრივი ფილტრაციის შემთხვევაში უდრის $h/2$; t_{90} – დრო წუთობით.

ლოგარითმული მეთოდით ფილტრაციულ კონსოლიდაციასთან ერთად შეიძლება განვსაზღვოთ მეორეული კონსოლიდაციის კოეფიციენტი (C_a). ამისთვის აგებენ კონსოლიდაციის მრუდს კოორდინატებში. ფარდობითი დეფორმაციის ϵ მაჩვენებელი დააქვთ ორდინატაზე, დროის lg – აბსცისაზე. მრუდზე საჭიროა მონახოს წერტილი, რომელიც მთლიანად შეესაბამება მოცემულ დატვირთვაზე

პირველად შეკუმშვას. ამისათვის მრუდის ბოლო მონაკვეთისათვის აგებენ მხებს: $\varepsilon = f(\lg t)$. შემდეგ მრუდის ყველაზე ციცაბო მონაკვეთზე ატარებენ მეორე მხებს, რომელთა გადაკვეთა შესაბამისა პირველადი კუმშვადობის 100%-ს.

პირველადის (100%-იანი) შემდგომი შეკუმშვა განსაზღვრება ცოცვის დეფორმაციის ხარჯზე, როგორც მეორეული კუმშვადობა. $\varepsilon = f(\lg t)$ მრუდზე ატარებენ ფარდობითი დეფორმაციის მნიშვნელობის შესაბამის პირველად (ნულოვან) შეკუმშვის წრფეს. ამისათვის მრუდის საწყის უბანზე ირჩევენ წერტილებს, რომელთა აბსცისებია – 0.1 და 0.4. მათი შესაბამისი ორდინატების სხვაობა, გადაზომილი გრაფიკის მრუდის საწყის წერტილიდან ზევით, განსაზღვრავს დაყვანილ d_0 მრუდს.

მოცემული დატვირთვისას ფილტრაციის კოეფიციენტის ლოგარითმული მეთოდით განსაზღვრისათვის გამოითვლიან პირველადი 50%-იან შეკუმშვის დროს, რომელიც ტოლია შესაბამისი d_0 და 100%-იანი შეკუმშვის ε_{100} -ის საშუალო არითმეტიკულისა, მის რიცხვით მნიშვნელობას საჭირო დროს პოულობენ $\varepsilon = f(\lg t)$ დამოკიდებულების გრაფიკის მიხედვით. მიღებული მონაცემებით ითვლიან ფილტრაციული კონსოლიდაციის კოეფიციენტს: $C_v = T_{50} h^2 / t_{50}$, სადაც T_{50} – კოეფიციენტია (დროის ფაქტორი), რომელიც შესაბამისა კონსოლიდაციის ხარისხის 0.5-ს და ტოლია 0.197-ისა; h – იგივეა, რაც დროის კვადრატული ფესვის მეთოდით განსაზღვრისას; t_{50} – პირველადი 50%-იანი შეკუმშვისათვის საჭირო დრო წთობით.

მეორეული კონსოლიდაციის კოეფიციენტი Ca (არაგანზომილებადი სიდიდე) განსაზღვრება აბსცისთა ღერძის პარალელური და მეორეული კონსოლიდაციის მრუდის სწორ მონაკვეთებს შორის კუთხის ტანგენსით, ფორმულით:

$$Ca = tg\alpha = \frac{\varepsilon(t_2) - \varepsilon(t_1)}{tg(t_2) - tg(t_1)},$$

სადაც $\varepsilon(t_2)$ და $\varepsilon(t_1)$ მეორეული კონსოლიდაციის უბანზე

ნიმუშის დეფორმაციის მნიშვნელობებია; t_1 და t_2 , აღნიშნული დეფორმაციების შესაბამისი დრო, წთობით.

ბრიტანული სტანდარტებით (BS 1377 5:1990) კომპრესიული მახასიათებლების განსაზღვრავად ხისტ რგოლში (ოღომეტრში) ცდიან $50 \leq d \leq 150$ მმ და $h > 18 < d$ 0.4 ზომის ნიმუშებს, როგორც ბუნებრივი ტენიანობის პირობებში, ისე წყლიან გარემოში, რისთვისაც ცდის დაწყებამდე ან ცდის პროცესში გამოსაცდელ კამერაში ასხამენ წყალს. ოღომეტრის ზედა შტამპის დიამეტრი დაახლოებით 5 მმ-ით

ნაკლებია კონსოლიდაციის რგოლის დიამეტრზე. ნიმუშის ყველაზე დიდი ჩანართების საშუალო დიამეტრი არ უნდა აღემატებოდეს მისი სიმაღლის 1/5-ს.

ნიმუშის მომზადებისას უნდა შევინარჩუნოთ მისი ბუნებრივი ტენიანობა. საჭიროა დავრწმუნდეთ, რომ ზედა და ქვედა შტამპების ფორები არ არის გრუნტით ამოვსებული. წყალგაჯერებული გრუნტი ტესტირების განმავლობაში შევსებული უნდა იყოს წყლით, ტემპერატურის დასაშვები ცვალებადობის ზღვარი არ უნდა აღემატებოდეს 4°C . ცდის დაწყებამდე აუცილებელია ხელსაწყოს ტარირება.

ნიმუშს წნევა გადაეცემა ბერკეტული პრინციპით. თითოეული ვერტიკალური დატვირთვა ორჯერ უნდა აღემატებოდეს წინას (6, 12, 25, 50, ..., 3200 კპა). საწყისი დატვირთვა დამოკიდებულია ქანის მდგომარეობაზე. ძალიან რბილისათვის აიღება 12 კპა, რბილისათვის – 25 და ა.შ. ცდის დაწყებამდე კონტაქტი რომ არ დაირღვეს, საცდელ ნიმუშსა და ვერტიკალურ ძალას შორის ძალის გადამცემზე დებენ მცირე დატვირთვას არაუმეტეს 2 კპა-ისა. დროს ითვლიან წრიული ფორმის ინდიკატორით, რომელიც უნდა იძლეოდეს 0.02 მმ სიზუსტით ანათვლების აღების საშუალებას. ინდიკატორის დაყენებისას უნდა გავითვალისწინოთ ნიმუშის მცირე გაჯირჯვების შემთხვევაში ინდიკატორის საპირისპირო მიმართულებით მოძრაობის შესაძლებლობა.

ცდას იწყებენ შესაფერის დროს (ნულოვანი დრო). ანათვლები აიღება: 0; 10; 20; 30; 40; 50; 60 წმ-ის; 2; 4; 8; 15; 30 წთ-ის; 1; 2; 4; 8; 24 სთ-ის ინტერვალებით. თითოეული ვერტიკალური საფეხურის დატვირთვის დრო 24 სთ-ია, თუმცა ძლიერ კუმშვადი ქანებისათვის შეიძლება იყოს 48 სთ, ზოგისთვის – 24 სთ-ზე ნაკლები, ზოგჯერ საკმარისია 8 სთ-იც კი. კონსოლიდაცია შეიძლება შემოწმდეს ცდის დროს შეკუმშვის სიდიდისა და დროის ლოგარითმის გრაფიკით.

ტიპური ტესტი მოიცავს 4-დან 6-მდე ნამატ დატვირთვას. თითოეული დატვირთვის კონსოლიდაციის ბოლო ჩვენება შემდგომის დასაწყისია. ძლიერ კუმშვადი გრუნტების შემთხვევაში შეიძლება საჭირო გახდეს ვერტიკალური გადამცემი დერდის აწევა. ეს უნდა მოხდეს მოცემული დატვირთვის ბოლოს, როდესაც დაჯდომის სიჩქარე მცირეა. თუ ცდის დროს საჭიროა განტვირთვა, მას აკეთებენ დატვირთვის სტადიასთან შედარებით ორჯერ ნაკლები სიდიდით.

წყლიან გარემოში ცდის მიმდინარეობისას გაჯირჯვების დაფიქსირების შემთხვევაში მას აწონასწორებენ ვერტიკალური დატვირთვით გაჯირჯვების წნევამდე. ცდის დასასრულს თერმოსტატში ნიმუშის $105 - 110^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე

გამოშრობით ადგენენ გრუნტის ტენიანობას და მშრალი გრუნტის (ჩონჩხის) სიმკვრივეს.

ყოველი დატვირთვისათვის ანგარიშობენ მყარი ნაწილის ეკვივალენტურ სიმაღლეს: $H_g = H_0 / (1 + e_0)$, სადაც H_0 და e_0 შესაბამისად ნიმუშის საწყისი სიმაღლე და საწყისი ფორიანობის კოეფიციენტია. დატვირთვისა და განტვირთვის ნიმუშის სიმაღლეს ანგარიშობენ ფორმულით:

$$H = H_0 - (\Delta H - Y)$$

სადაც ΔH – ნიმუშის სიმაღლის ცვალებადობაა, მმ-ობით; Y – მოცემულ დატვირთვაზე ტარირების მაჩვენებელი.

სიმაღლის მიხედვით ანგარიშობენ შესაბამისი ფორიანობის კოეფიციენტს: $e_n = H_n - H_0 / H_n$ და აგებენ ფორიანობის კოეფიციენტისა და ვერტიკალური დატვირთვის დამოკიდებულების გრაფიკს ფორმულით:

$$m_v = \frac{1000(H_1 - H_2)}{H(P_2 - P_1)},$$

სადაც H_1 და H_2 ნიმუშის საწყისი და ბოლო სიმაღლეა (მმ), P_1 და P_2 – წინა და მოცემული დატვირთვა (კპა). ლაბორატორიული მონაცემების მიხედვით ვაგებთ შეკუმშვისა და დროის ლოგარითმის გრაფიკს, რომლის საშუალებითაც ვიგებთ კონსოლიდაციის კოეფიციენტს (C_v მ²/წელ). ქანებისთვის, რომლებიც ავლენენ მეორეულ კომპრესიის მიმართ მიდრეკილებას, უკეთესია დროის ლოგარითმის ნაცვლად დროის კვადრატული ფესვის გამოყენება. კონსოლიდაციის კოეფიციენტის ორივე მეთოდით განსაზღვრა ზემოთ განხილული დროის კვადრატული ფესვისა და ლოგარითმული მეთოდებით ფილტრაციული და მეორეული კონსოლიდაციის კოეფიციენტების განსაზღვრის ანალოგიურია.

კუმშვადობისა და დროის ლოგარითმის სახით გამოსახვის შემთხვევაში კონსოლიდაციის კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით: $C_v = 0.026H^2 / t_{50}$ მ²/წელ, სადაც H – მოცემულ დატვირთვაზე ნიმუშის საწყისი და ბოლო სიმაღლის საშუალოა, მმ-ობით, t_{50} – პირველადი კუმშვადობის d_{50} -ის წერტილი, რომელიც მიიღება კონსოლიდაციის მრუდზე ე.წ. გაკორექტირებული ნულოვანი d_0 და d_{100} წერტილების t_{50} საშუალოს დროის მოძებნით. d_0 აიღება გამიჯვნის გზით, ცდის საწყის მომენტში დროის ორდინატაზე ნებისმიერი ორ-ორი წერტილის სხვაობის 1/4 (0.1 - 0.4; 0.2 - 0.8) შეფარდებით და მიღებულ სიდიდეთა საშუალოს გადაზომვით მრუდის საწყისი წერტილიდან ზემოთ. d_{100} არის კომპრესიული მრუდის ყველაზე ციცაბო მონაკვეთზე გავლებული მხებისა და მეორეული

კუმშვადობის მონაკვეთის მხების გადაკვეთა, რომელიც თეორიულად 100%-ით შეესაბამება პირველად კომპრესიას.

დროის კვადრატული ფესვის მიხედვით კონსოლიდაციის კოეფიციენტი $C_v = 0.111H^2/t_{90}$. t_{90} დროის მოსაძებნად საჭიროა კარგად გამოსახული მრუდის საწყის უბანზე (ჩვეულებრივ, პირველი 50% კუმშვადობის ფარგლებში) გაგავლოთ სწორი ხაზი და გაავარძელოთ დროის ორდინატის გადაკვეთამდე, რომელიც იქნება კორექტირებული ნულოვანი წერტილი – d_0 . მიღებულ წერტილზე ვავლებთ სწორ ხაზს, რომელსაც მრუდის საწყის უბანზე გავლებული ხაზის ყველა წერტილში ექნება 1.15-ჯერ მეტი აბსცისა. ამ ხაზის გადაკვეთა ლაბორატორიულ მრუდთან მოგვცემს 90% კუმშვადობას (d_{90}).

საჭიროების შემთხვევაში დროის ლოგარითმის მრუდის მიხედვით შეიძლება მეორეული კუმშვადობის კოეფიციენტის განსაზღვრა. ამისათვის ვიღებთ კუმშვადობის ციკლის საწყისი და ბოლო მანქენებლების სხვაობას (δH_s მმ მაგ. 1000 წთ და 10000 წთ) და ნიმუშის საწყის სიმაღლესთან ფარდობით ვითვლით მეორეული კუმშვადობის კოეფიციენტს:

$$C_{sec} = \frac{\delta H_s}{H_0}$$

ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა კომპრესიული ცდის მონაცემების მიხედვით

კონსოლიდაციის მეთოდი

ცდებით დამტკიცებულია, რომ მუდმივი წნევის დროს თიხოვანი გრუნტების მნიშვნელოვანი შეკუმშვა მხოლოდ დასაწყისში, ცოტა ხნის განმავლობაში აღინიშნება, შემდეგ შეკუმშვის პროცესი მიმდინარეობს განსაკუთრებით ნელა, ამასთან თითქმის არ აისახება ფილტრაციის კოეფიციენტზე. საერთო შეკუმშვის ის ნაწილი, რომელიც დამოკიდებულია გრუნტის წყალშედწევადობაზე, უმეტეს შემთხვევაში შეადგენს მთლიანი შეკუმშვის 0.85 (85%), დანარჩენი 0.15 (15%) ნაწილი მოდის გრუნტის შიგა ხახუნზე.

წყალნაჯერი თიხოვანი ქანების ფილტრაციის კოეფიციენტის დადგენა შესაძლებელია ქანის კომპრესიული ცდის მონაცემებით იმ დროის მიხედვით, რომელიც

დასჭირდა ქანის შემკვრივებას მოცემული დატვირთვით ზემოქმედების პირობებში (კონსოლიდაციის მეთოდი).

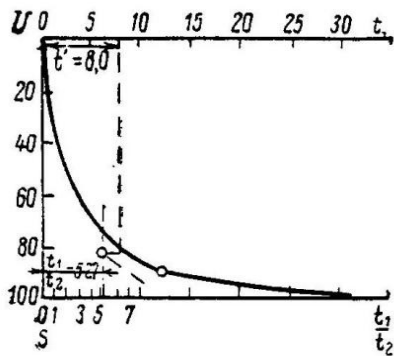
ქვიშოვანი ქანებისათვის ეს მეთოდი გამოუსადეგარია, ვინაიდან მათ აქვს მაღალი წყალშედწვეადობა და შემკვრივების დროზე ზუსტად დაკვირვება ძნელია.

კონსოლიდაციის მეთოდით ფილტრაციის კოეფიციენტის მიღებული შედეგები სავსებით გამოსადეგია პრაქტიკული მიზნებისათვის გამოსაყენებლად. ამასთან, სხვა მეთოდებთან შედარებით მას აქვს დიდი უპირატესობა, რაც გამოიხატება, უპირველესად, დროის ეკონომიაში, ვინაიდან იგი განისაზღვრება სხვა კომპრესიულ მონაცემებთან ერთად დატვირთვის ისეთი საფეხურისათვის, რომელიც შეესაბამება ქანის ბუნებრივი წოდის პირობებს.

მოცემულ დატვირთვაზე კონსოლიდაციის მეთოდით ფილტრაციის კოეფიციენტის გამოსათვლელად რეკომენდებულია შემდეგი ფორმულა:

$$K_{ფ} = \frac{0.85mh^2\rho_{წყ}}{4(1+e_{საშ.}) \cdot t'} \text{ სმ/წთ,}$$

სადაც 0.85-კოეფიციენტია და აღნიშნავს ქანიდან წყლის გამოდევნაზე დახარჯული დროის ეფექტს.



ნახ. 9.22. კონსოლიდაციის გრაფიკი t' დროის განსაზღვრისათვის.

m – მოცემულ ინტერვალში კუმშვადობის კოეფიციენტი, $სმ^2/კგ$;

h – ნიმუშის სიმაღლე მოცემულ დატვირთვაზე, $სმ$;

$\rho_{წყ}$ – წყლის სიმკვრივე, რომელიც $0.001 კგ/სმ^3$ -ის ტოლია;

$e_{საშ.}$ – ფორიანობის საშუალო მნიშვნელობა მოცემული ინტერვალისათვის;

t' – დრო (წთ), რომელიც საჭიროა მოცემულ დატვირთვაზე ქანის საერთო შემკვრივების უდიდესი (80 - 85%) ნაწილის მისაღწევად.

ამ ფორმულას იყენებენ, თუკი ყველა სიდიდე ცნობილია კომპრესიული ცდის ანალიზის შედეგად. უცნობია მხოლოდ t' , რომელიც განისაზღვრება გრაფიკულად და გვიჩვენებს ქანის შემკვრივებას დროსთან მშობრთებაში (კონსოლიდაციის მრუდი).

გრაფიკზე (ნახ. 9.22) U კონსოლიდაციის ხარისხია, რომელიც, მოცემულ დატვირთვაზე ცდის დაწყებიდან t დროის განმავლობაში ნიმუშის სიმაღლის ცვლილების შეფარდებაა ნიმუშის სიმაღლესთან იმავე დატვირთვაზე სრული სტაბილიზაციისას, პროცენტობით.

გრაფიკიდან იღებენ t_1 დროს, რომელიც შეესაბამება ნიმუშის შეკუმშვას 90, 80, 70%-და ა.შ. და t_2 მათ ნახევარს – 45, 40, 35%. და ა.შ. მათი ფარდობით მიღებული მონაცემების მიხედვით, იმავე გრაფიკზე ნებისმიერი მასშტაბით აგებენ t_1/t_2 დამოკიდებულების დამხმარე მრუდს. მასზე იღებენ წერტილს, რომელიც შეესაბამება 5.27-ს (ციფრი აღებულია ტერცაგის მიერ თეორიული და პრაქტიკული ანალიზით) და კონსოლიდაციის მრუდის გადაკვეთამდე ავლებენ მისგან პორიზონტალს, რომლის აბსცისა იქნება საძიებელი t' დრო.

ფორმულაში მიღებული t' დროის სიდიდის ჩასმით ვსაზღვრავთ ფილტრაციის კოეფიციენტს ყველა ვერტიკალური დატვირთვის ან დატვირთვის ისეთი საფეხურისათვის, რომელიც შეესაბამება ქანის ბუნებრივი წოლის პირობებს.

კონსოლიდაციის მრუდის ზუსტად ასაგებად თითოეული დატვირთვის საფეხურზე იყენებენ 1, 3, 5, 10, 20, 30, 45 წუთის, 1 სთ-ის ინტერვალებს სამუშაო დროის დამთავრებამდე, მომდევნო დღე-ღამეში ერთხელ – ნიმუშის სრულ შემკვრივებამდე.

IX.12. ლიოსური ქანები და მათი დაჯდომის განსაზღვრა კომპრესიულ ხელსაწყოში

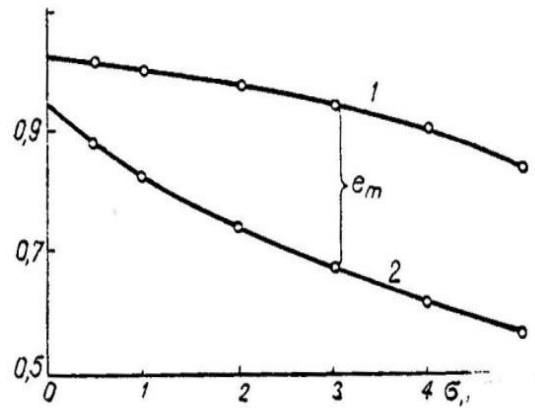
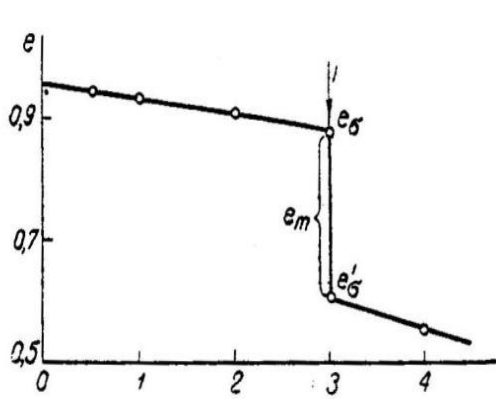
ლიოსი მომწვანო-ყვითელი და მოყვითალო-ნაცრისფერი მსუბუქი თიხნარია, რომლის მინერალური და მექანიკური შედგენილობა არ არის დაკავშირებული ადგილობრივ საგებ ქანებთან და საკმაოდ მდგრადია. მისი თვისებებიდან, საინჟინრო-გეოლოგიური თვალსაზრისით განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მილაკისებური ვერტიკალური, მაღალი (44 - 55%-დან 58 - 62 %-მდე) მაკროფორიანობა. ზოგჯერ ევტობა მიწისმთხრელი ცხოველების მიერ წარმოქმნილი მსხვილი სიცარიელები და ხვრელები. გრანულომეტრიულ შედგენილობაში ძირითადი ფრაქცია მტვროვანია – 50 - 80%, ქვიშური და თიხური ფრაქციები არ აღემატება 10 - 25%-ს. ფხვიერია, როცა მშრალი გრუნტის სიმკვრივე < 1.60 გ/სმ³-ზე; ბუნებრივი ტენიანობაა 10 - 12%, იშვიათად – 18%; პლასტიკურობის რიცხვი – 10 - 12, დენადობის ზღვარი 26 - 28, პლასტიკურობის ზღვარი 16 - 17, შინაგანი ხახუნის კუთხე 16 - 17⁰. ლიოსებისათვის დამახასიათებელია ფილტრაციული თვისებების ანიზო-

ტროპულობა, წყლების კაპილარული აწევის უნარი, ამასთან წყალგამტარობა მნიშვნელოვანია მხოლოდ ვერტიკალური მიმართულებით. მშრალ მდგომარეობაში ლიოსებს ახასიათებს მაღალი შეკავშირება, რომელიც უზრუნველყოფს რამდენიმე მეტრიდან ათეულ მეტრამდე მდგრადი ძლიერ ციცაბო და ვერტიკალური ფერდობების წარმოქმნას, დიდი რაოდენობით შეიცავს კარბონატულ და სულფატურ მარილებს, ადვილად ირეცხება და ლბება, წყლიან გარემოში განიცდის ჩაჯდომას და სწრაფ დაშლას, რაც განაპირობებს ხრამებისა და ჯამისმაგვარი ბრტყელი ჩაღრმავებების წარმოქმნას. ჯდომადი თვისებები უფრო მკაფიდაა გამოხატული ნაკლებად ტენიან ლიოსებში. გრუნტის წყლების დონის ქვემოთ ჯდომად თვისებებს არ ავლენენ, ამიტომ მნიშვნელოვან დეფორმაციებზე დაკვირვება შესაძლებელია მიწისქვეშა წყლების რეჟიმის მკვეთრი ცვალებადობისას, ძირითადად საირიგაციო და ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მშენებლობების დროს.

გარდა ტიპური ლიოსებისა, ბუნებაში ფართოდაა გავრცელებულ ლიოსების დაშლისა და ხელმეორედ დალექვის შედეგად მიღებული თიხნარები, ქვიშნარები, იშვიათად თიხები, ე.წ. ლიოსისმაგვარი ქანები. ტიპური ლიოსებისაგან ისინი განსხვავდებიან შედარებით არაერთგვაროვნებით, შეიცავენ ქანების ნამტვრევებს, ხშირად აქვთ შრეული აგებულება და ნაკლებად გამოხატული ტიპური ლიოსებისათვის დამახასიათებელი თვისებები.

ლიოსური ქანების დაჯდომადობის განსაზღვრა ლაბორატორიულად შეიძლება კომპრესიული ხელსაწყოთა საშუალებით. ცდის მიმდინარეობა თითქმის არაფრით განსხვავდება ჩვეულებრივი ქანების კომპრესიული თვისებებზე გამოცდისაგან. ცდიან ორ ნიმუშს. ერთი ნიმუშის შეკუმშვა მიმდინარეობს ბუნებრივი ტენიანობის, მეორესი – წყლით გაჯერების პირობებში.

ცდა შეიძლება ჩატარდეს ერთ ნიმუშზეც, ასეთ შემთხვევაში გარკვეულ დატვირთვამდე გრუნტის შეკუმშვა ხდება ბუნებრივი ტენიანობისას. სასურველია ეს დატვირთვა შეესაბამებოდეს ნაგებობის დატვირთვას, რომელსაც იგი განავითარებს ბუნებრივ პირობებში. კუმშვის პროცესის სრული დამთავრების შემდეგ იმავე დატვირთვაზე აწვდიან წყალს დაჯდომის სრულ სტაბილიზაციამდე, შემდეგ საჭიროების მიხედვით ზრდიან მოქმედ წნევას და ცდას აგრძელებენ, როგორც ჩვეულებრივი გრუნტების კომპრესიული მრუდების აგებისას წყლიან გარემოში.



ნახ. 9.23. დაჯდომადი გრუნტის ფორიანობის კოეფიციენტისა და მოქმედი დატვირთვის დამოკიდებულების გრაფიკი

ა – ერთი მრუდის მეთოდით გამოცდისას (ისარი მიუთითებს ნიმუშის დატენიანების დასაწყისს); ბ – ორი მრუდის მეთოდით გამოცდისას: 1 – ბუნებრივი ტენიანობის ნიმუშის მრუდი; 2 – ხელოვნურად დატენიანებული ნიმუშის მრუდი.

ცდის დამთავრების შემდეგ ნიმუშს იღებენ ხელსაწყოდან, საზღვრავენ ტენიანობას და სიმკვრივეს, აგებენ გრუნტის ფორიანობის კოეფიციენტისა და მოქმედი დატვირთვის დამოკიდებულების გრაფიკს (ნახ. 9.23).

$$e_g = e - e'_\sigma \quad \text{და} \quad \varepsilon_{\text{ფ.ჯ.}} = \frac{h_1 - h_2}{h_0} = \frac{e_g}{1 + e_\sigma} \quad \text{ფორმულებით განსაზღვრავენ მაკროფორიანობის კოეფიციენტს და ფარდობითი ჯდომადობის სიდიდეს.}$$

ფორმულებში h_1 , h_2 და e'_σ შესაბამისად ნიმუშის სიმაღლე (მმ) და ფორიანობის კოეფიციენტის მნიშვნელობებია გრუნტის გაწყლიანებამდე და გაწყლიანების შემდეგ, e_g – მაკროფორიანობის კოეფიციენტი. გამოთვლის შედეგად თუ $e_g > 0$ და $\varepsilon_{\text{ფ.ჯ.}} \geq 0.01$ (ე.ი. 1%), ქანები დაჯდომადს მიეკუთვნება. მაშასადამე, ლაბორატორიულ პირობებში საწყისია დაჯდომადობის წნევა, რომელიც ქანის სრული წყალგაჯერების შემთხვევაში გვაძლევს 0,01 მმ ფარდობით ჩაჯდომას.

ბრიტანული სტანდარტებით (BS 1377 5:1990) გრუნტის ჩაჯდომის განსაზღვრა ხდება ჩვეულებრივ კომპრესიაზე ბუნებრივ ან შერჩეულ წნევაზე წყლის მიწოდებით ნიმუშის სრულ კონსოლიდაციამდე დატვირთვის საფეხურების შემდგომი გაგრძელებით.

IX.13. თიხოვანი ქანების გაჯირჯეების წნევის ძალის განსაზღვრა კომპრესიულ ხელსაწყოში

გაჯირჯეების ძალა ($P_{გა}$) განისაზღვრება გაჯირჯეებისაგან დამცავი ქუროს გარეშე კომპრესიულ ხელსაწყოში ქანის გამოცდით. ამისათვის ინდიკატორს აყენებენ ნოლზე, აწვდიან წყალს და აკვირდებიან ინდიკატორის ჩვენებას. მას შემდეგ, რაც აღნუსხავენ გაჯირჯეებას, ქანს ტვირთავენ მცირე საფეხურებად. მაქსიმალური დატვირთვა (მპა), რომელიც აჩერებს გაჯირჯეებას, ახასიათებს გაჯირჯეების წნევის ძალას.

ბრიტანული სტანდარტებით (BS 1377 5:1990) გრუნტის გაჯირჯეებაზე გამოცდის პროცესი იგივეა, რაც კომპრესიული მაჩვენებლების განსაზღვრისა. გაჯირჯეებას აღგენენ ცდის დროს ეფექტური დატვირთვის (გრუნტის წინააღმდეგობის უნარი დატვირთვაზე) შემდეგ ნიმუშზე წყლის მიწოდებით – გაჯირჯეების დაფიქსირებისას დატვირთვის საშუალებით მისი გაჩერებით სრულ კონსოლიდაციამდე. კონსოლიდაციის შემდეგ აგებენ გაჯირჯეების დროსთან დამოკიდებულების გრაფიკს.

IX.14. ქანების სიმტკიცისა და დეფორმაციული მაჩვენებლების განსაზღვრა სამღერძა კუმშვის მეთოდით

ბუნებრივი წოდის პირობებში ქანები ზევით მდებარე მასების წონის გავლენით იმყოფება დაძაბულ მდგომარეობაში. მშენებლობის შედეგად დაძაბულობა იზრდება და თუ ეს ზრდა აღემატება ძვრისადმი ქანების წინააღმდეგობის შიდა ძალებს, ისინი იწყებენ დაშლას.

დაშლის დროს თანამიმდევრობით გამოიყოფა სტრუქტურული კავშირის მდგომარეობის განმსაზღვრელი წინააღმდეგობის ფაზები: დრეკადი (გვერდითი დეფორმაციები თითქმის არ აღინიშნება), პლასტიკური (გამოირჩევა გვერდითი დეფორმაციის გაზრდით), პლასტიკურ-დენადი (ქანები კარგავენ სიმტკიცეს).

თიხოვან ქანებში ეს გადასვლა მდორეა, ხისტკავშირიანში მდორედ გადასვლა შესამჩნევია პირველიდან მეორე ფაზაში, მეორედან მესამეში კი – ნახტომისებური. ჭრის ხელსაწყოში ქანების გამოცდისას მათი სტრუქტურული კავშირი შეიძლება დარღვეულ იქნეს ვერტიკალური დატვირთვით ჯერ კიდევ ცდის დაწყებამდე. ხოლო ერთღერძა კუმშვაზე გამოცდისას გვაქვს მხოლოდ ერთი – ვერტიკალური ძალა, მაშინ, როდესაც ქანები ბუნებრივ პირობებში იმყოფებიან ყოველმხრივი

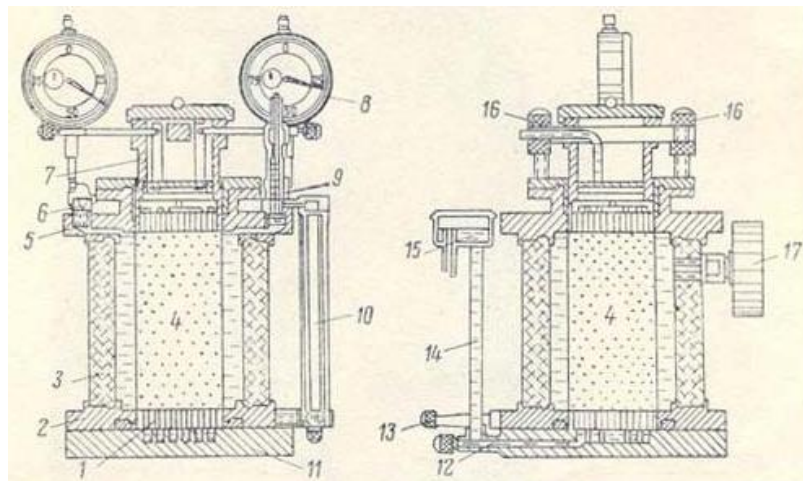
მოცულობითი დატვირთვის ქვეშ. ზემოთქმულიდან გამომდინარე, განსაკუთრებულად საპასუხისმგებლო შემთხვევებში ჭრის, ერთდერძა კუმშვისა და კომპრესიის ხელსაწყოებთან ერთად გამოიყენება სამდერძა კუმშვის ხელსაწყოები – სტაბილომეტრები (სიმტკიცის მზომი).

სხვა ხელსაწყოებთან შედარებით სტაბილომეტრების უპირატესობა მათი უნივერსალურობაა – ხელსაწყოში ბუნებრივის მსგავსი პირობები იქმნება და ერთი ხელსაწყოთი ყველა ძირითადი მექანიკური მახასიათებლის მიღება შესაძლებელია.

არსებობს სხვადასხვა კონსტრუქციის სტაბილომეტრები, მაგრამ მოწყობილობის ზოგადი სქემა და ცდის მიმდინარეობის პრინციპი ყველა ხელსაწყოში ერთნაირია.

ქვემოთ განვიხილავთ ე. მედკოვის ხელსაწყოს მოწყობილობის სქემას (ნახ. 9.24) და მისი მუშაობის პრინციპს.

ხელსაწყოს კონსტრუქცია ითვალისწინებს ცდის მიმდინარე ნიმუშზე ვერტიკალური და გვერდითი წნევების განვითარებას ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად.



ნახ. 9.24. ე. მედკოვის სტაბილომეტრის მუშა კამერის მოწყობილობის სქემა.

ხელსაწყო ორგანული მინისაგან (პლასტიკლასისაგან) დამზადებული გამჭვირვალე, მასიური 2-3 სმ სისქისა და 10-12 სმ დიამეტრის კამერაა (3). თხელ რეზინის გარსაცმში მოთავსებული ნიმუში (4) თავსდება ზედა მოძრავ (7) და ქვედა უძრავ (1) პერფორირებულ შტამპიან დგუშებს შორის. ნიმუშის სიმაღლის ფიქსაცია ხდება ხრახნებით – არეტირებით (16). კამერის ქვედა – ბაზისი (11) და ზედა ნაწილი შეერთებულია მილტუჩებით (2; 5), რაც მთლიანობაში ქმნის ხელსაწყოს კორპუსს. შემშვები სარქველის (6) საშუალებით მცირე სიმძლავრის მანომეტრიანი ხელის ტუმბოთი მუშა კამერა ივსება წყლით, იცლება – ხელსაწყოს კორპუსის

ქვედა მილტუჩზე დამონტაჟებული გამშვები მილით (13), ცდის მიმდინარეობისას ნიმუშიდან წყლის მოშორება ხორციელდება ზემოთ აღნიშნული ფოროვანი შტამპის გავლით, წვრილი არხის (12), სამკაპა მილისა (14) და წყალმიმღები რეზერვუარის (15) საშუალებით.

ცდის დაწყებამდე მოწმდება სტაბილომეტრის კორპუსის ჰერმეტიკობა. ამისათვის მუშა კამერას ავსებენ წყლით და აკვირდებიან ვოლიუმომეტრს. მასში წყლის გამოჩენა მიუთითებს ჰერმეტიკობის დარღვევას. ამ შემთხვევაში ყურადღება ექცევა მილტუჩების ჭანჭიკების მოჭერის ხარისხს.

მოწმდება, მთლიანადაა გამოდევნილი თუ არა ჰაერი მუშა კამერიდან. ამისათვის ოდნავ ხსნიან შემშვებ სარქველთან (6) დამაკავშირებელ ტუმბოს შლანგს, სტაბილომეტრის კორპუსის გვერდზე გადახრისას, თუ კორპუსის ქვედა ნაწილში გამოჩნდა ჰაერის ბუშტები, ასეთ შემთხვევაში, აუცილებელია მისი გამოდევნა. ამიტომ შემშვებ სარქველს (6) კვლავ გადაკეტავენ, გადააბრუნებენ ისე, რომ გამშვები მილი (10) მოექცეს ზემოთ. აღებენ მილის ხრახნს და იწყებენ მუშა კამერაში წყლის ჩატუმბვას ჰაერის ბუშტების მთლიანად გამოდევნამდე.

ხელსაწყო მოჰყავთ ნორმალურ მდგომარეობაში. მუშა კამერაში კვლავ ჩატუმბავენ წყალს, ვიდრე არ შეირხევა მანომეტრის ისარი.

ნიმუშს ღერძული დატვირთვა გადაეცემა დგუშის (7) საშუალებით დგარზე დამონტაჟებული ბერკეტიანი წნეხით. წნეხის მხების შეფარდებაა 1 : 12. დატვირთვა ხორციელდება საფეხურებად, საწონების თანდათანობითი ზრდით.

ვერტიკალური დეფორმაცია იზომება 0.01 მმ სიზუსტით, დგუშზე დამაგრებული ინდიკატორებით (8), გვერდითი წნევა – 0,1 კგ/სმ² სიზუსტით, მანომეტრის (17) საშუალებით.

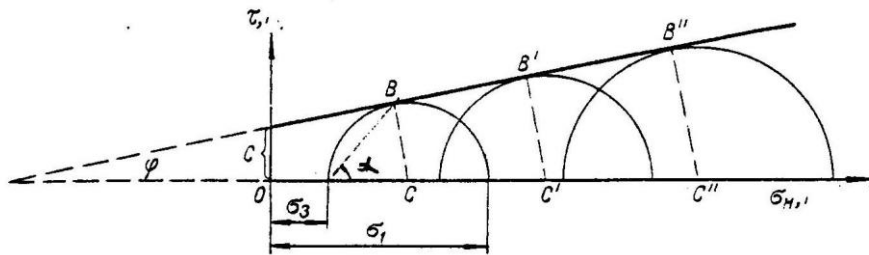
სიმტკიცის მაჩვენებლის განსაზღვრისას ნიმუში მიჰყავთ დაშლამდე მუდმივი გვერდითი დატვირთვის გაზრდით წნევის შემცირებით (სახ. სტანდარტი 12248-96, გვ. 14). ზოგადად, სტაბილომეტრში შეიძლება განვითარდეს 2 მპა ვერტიკალური წნევა, ხოლო გვერდითი – 1 მპა-მდე, როცა გამოსაცდელი ნიმუშის სიმაღლე 110 მმ-ია, დიამეტრი – 55 მმ. ნიმუში თავსდება (ქანჩების მოჭერის საშუალებით) რეზინის სტანდარტულ დიაფრაგმაში.

სტაბილომეტრით მიღებული ცდის შედეგების დამუშავება

სამღერძა კუმშვაზე სტაბილომეტრით ჩატარებული ცდის მონაცემების საფუძველზე შესაძლებელია განისაზღვროს ქანების თითქმის ყველა მექანიკური – როგორც დეფორმაციული, ისე სიმტკიცის მაჩვენებლები.

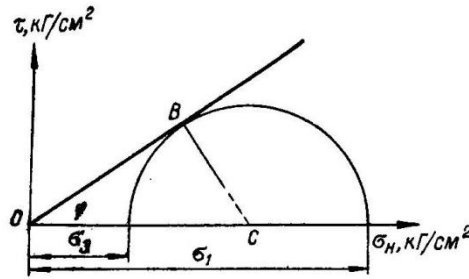
მექანიკური მაჩვენებლების საანგარიშო და გრაფიკული გამოსახვის არსი დაწვრილებით მოცემულია ხისტკედლებიან-კომპრესიული ჭრისა და ერთღერძა კუმშვის ცდების განხილვისას. განსხვავება მხოლოდ ისაა, რომ სტაბილომეტრით მიღებული სიდიდეები მეტად სარწმუნოა. ქვემოთ შევჩერდებით, მხოლოდ ქანების ზღვრული წონასწორობის სიმტკიცის შეფასების ე.წ. “დაძაბულობის წრის” ანუ “მორის წრის” გრაფიკულ გამოსახვაზე (ნახ. 9.25).

დიაგრამის აგება ხდება მინიმუმ ორი ცდის მონაცემების საფუძველზე. აბსცისათა ღერძზე გადაიხომება მთავარი – ვერტიკალური (რომლის დროსაც ხდება ნიმუშის რღვევა) σ_1 და გვერდითი σ_3 ძალების მნიშვნელობები. მათ სხვაობაზე, როგორც წრის დიამეტრზე, აგებენ პირველ წრეს, ამავე წესით – მეორე წრეს და ა.შ. ქანის რღვევის კუთხეების (α_1, α_2 და ა.შ.) მიხედვით პოულობენ მხებ B, B^1 და ა.შ. წერტილებს და მათი შეერთებით იღებენ ე.წ. “მომვლელ” წრფეს. მონაკვეთი, რომელსაც წრფე კვეთს ორდინატთა ღერძზე, ასახავს გრუნტის შეჭიდულობას (C მპა), ხოლო აბსცისათა ღერძთან შედგენილი კუთხე – შიგა ხახუნის კუთხე (φ).



ნახ. 9.25. თიხოვანი ქანის ძვრის ზღვრული წინაღობის დიაგრამა.

ქვიშებისათვის ძვრისადმი ზღვრული წინაღობა შეიძლება დადგინდეს ერთი ცდის მონაცემით (ნახ. 9.26). ამ შემთხვევაში თიხოვანი ნიმუშების მსგავსად ვპოულობთ B წერტილს, საიდანაც ორდინატთა სათავესთან გავლებული წრფე აბსცისათა ღერძთან გვაძლევს შიგა ხახუნის კუთხეს (φ).



ნახ. 9.26. ქვიშის ძვრისადმი ზღვრული წინააღობის დიაგრამა.

X თავი

ქანების ფიზიკურ - მექანიკური თვისებების ლაბორატორიული განსაზღვრის შედეგების სტატისტიკური დამუშავების მეთოდობა

გრუნტების მახასიათებლების ნორმატიული და საანგარიშო მაჩვენებლები

საინჟინრო-გეოლოგიური ამოცანების გადასაწყვეტად, კერძოდ, ნორმატიული და საანგარიშო მაჩვენებლების მისაღებად, ხშირ შემთხვევაში აუცილებელია მასობრივი ლაბორატორიული მონაცემების განზოგადება მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენებით (სახ.სტანდარტი 20522-75).

ასეთი მეთოდების გამოყენებისას აუცილებელია ქანების გენეტიკური, სტრატეგრაფიული და პეტროგრაფიული ერთგვაროვნების წესის – ნორმალური განაწილების მკაცრი დაცვა, ამასთან დამუშავება შესაძლებელია იმ შემთხვევაში, თუ გვაქვს ერთნაირი მეთოდიკით ერთი და იმავე მახასიათებლის არანაკლებ ექვსი განსაზღვრა. საერთოდ ერთეული მაჩვენებლების რაოდენობას იღებენ დაპროექტების ნორმების მიხედვით და დამოკიდებულია ნაგებობის კლასზე, კვლევის სტადიაზე და ა.შ

ნებისმიერი ნორმალური განაწილება შეიძლება დახასიათდეს შემდეგი სტატისტიკური მახასიათებლებით: საშუალო არითმეტიკულით (A), საშუალო კვადრატული გადახრით – სტანდარტით (σ) და ვარიაციის (ცვალებადობის) კოეფიციენტით (V).

საშუალო არითმეტიკული არის ქანის თვისების განმაზოგადებელი მაჩვენებელი, რომელიც ყველა მაჩვენებელს შორის ყველაზე სარწმუნოდ მიიჩნევა. საშუალო კვადრატული გადახრა და ვარიაციის კოეფიციენტი კი არის ქანის ამა თუ იმ თვისების გაბნევის ხარისხი – საშუალო არითმეტიკულის მიმართ ცალკეული განსაზღვრების გადახრა.

ქანის ნორმატიულ (A_f) და საანგარიშო (A) მაჩვენებლად ძვრაზე წინა-
 ღობის სიდიდეების - φ და c -ს გარდა, მიიღება მათი საშუალო არითმეტიკული
 (\bar{A}), რომელიც ტოლია ცალკეულ განაზომთა (A_i) ჯამის ფარდობისა მათ
 რიცხვზე (n). ქვემოთ ყველა საანგარიშო ფორმულაში ჯამი (Σ) აიღება $i=1$ -დან
 n -მდე:

$$\bar{A} = A_f = \sum \frac{A_i}{n}$$

შიგა ხახუნის კუთხეს (φ) და შეჭიდულობის ძალის (c) ნორმატიულ
 მაჩვენებლებს ითვლიან ფორმულებით:

$$C_f = \frac{\sum \tau_i \sum P_i^2 - \sum P_i \sum \tau_i P_i}{\Delta};$$

$$tg\varphi_f = \frac{n \sum \tau_i P_i - \sum \tau_i \sum P_i}{\Delta};$$

სადაც τ_i - მძვრელი ძალის მაჩვენებელია;

P_i - გრუნტზე განვითარებული ნორმალური კუთრი დაწოლა;

n - ძვრისადმი წინაღობის მაჩვენებლების განსაზღვრათა რაოდენობა.

$$\Delta = n \sum (P_i)^2 - (\sum P_i)^2$$

საშუალო კვადრატული გადახრას მძვრელი ძალის (σ_τ), შეჭიდულობისა
 (σ_c) და შიგა ხახუნის კუთხისათვის ($\sigma_{tg\varphi}$) ანგარიშობენ ფორმულებით:

$$\sigma_\tau = \sqrt{\frac{\sum (P_i tg\varphi_f + C_f - \tau_i)^2}{n-2}};$$

$$\sigma_c = \sigma_\tau \sqrt{\frac{\sum P_i^2}{\Delta}} \quad \sigma_{tg\varphi} = \sigma_\tau \sqrt{\frac{n}{\Delta}};$$

სოლო ქანის სიმკვრივის (σ_p), დეფორმაციის მოდულისა (σ_E) და (σ_R) ერ-

თღერძა კუმშვისათვის ფორმულით: $\sigma = \sqrt{\frac{(\sum (\bar{A} - A))^2}{n-1}}$.

ვარიაციის კოეფიციენტი (V), ზემოთ მოყვანილი ყველა მაჩვენებლისათვის
 ტოლია საშუალო კვადრატული გადახრის ფარდობისა მათ საშუალო არითმე-
 ტიკულთან (\bar{A}): $V = \frac{\sigma}{\bar{A}}$.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ ეს მონაცემი ფორიანობის კოეფიციენტისა (e) და
 ტენიანობისათვის (W) არ უნდა აღემატებოდეს 0.15-ს, დეფორმაციის მოდულის

(E), ერთდერძა კუმშვისა (R_c) და ძვრისადმი წინაღობის მაჩვენებლებისათვის (φ და C) კი – 0.30.

საინჟინრო-გეოლოგიური ელემენტის გამოყოფისას უგულებელყოფენ ე.წ. უხეშ გადახრებს ანუ ცალკეული მონაცემების მინიმალურ და მაქსიმალურ მაჩვენებლებს, რომლებიც არ აკმაყოფილებენ პირობას $\bar{A} \pm 3\sigma$ ან, უფრო ზუსტად, $\bar{A} - A_i < \nu\sigma_{\text{გაღ}}$.

მოცემულ ფორმულაში ν არის სტატისტიკური კრიტერიუმი, რომელსაც იღებენ ცხრილიდან განაზომთა რიცხვის $n-1$ -ის მიხედვით (ცხრილი X.1).

$\sigma_{\text{გაღ}}$ – გადანაცვლებული საშუალო კვადრატული გადახრაა და ტოლია:

$$\sigma_{\text{გაღ}} = \sqrt{\frac{\sum(\bar{A} - A)^2}{n}}$$

ცხრილი X.1

სტატისტიკური კრიტერიუმის მნიშვნელობა (ν) 0.95 ალბათობისათვის

განაზომთა რიცხვი, n	კრიტერიუმის მნიშვნელობა, ν	განაზომთა რიცხვი, n	კრიტერიუმის მნიშვნელობა, ν	განაზომთა რიცხვი, n	კრიტერიუმის მნიშვნელობა, ν
6	2,07	21	2,80	36	3,03
7	2,18	22	2,82	37	3,04
8	2,27	23	2,84	38	3,05
9	2,35	24	2,86	39	3,06
10	2,41	25	2,88	40	3,07
11	2,47	26	2,90	41	3,08
12	2,52	27	2,91	42	3,09
13	2,56	28	2,93	43	3,10
14	2,60	29	2,94	44	3,11
15	2,64	30	2,96	45	3,12
16	2,67	31	2,97	46	3,13
17	2,70	32	2,98	47	3,14
18	2,73	33	3,00	48	3,14
19	2,75	34	3,01	49	3,15
20	2,78	35	3,02	50	3,16

ქანის არაერთგვაროვნების გამო გადასაწყვეტი ამოცანის გათვალისწინებით საანგარიშო მნიშვნელობად რეკომენდებულია მიღებულ იქნეს ერთი სტანდარტით შემცირებული ან გადიდებული მაჩვენებელი – გენერალური საშუალო (მათემატიკური მოლოდინი), რომელშიც შეცდომა გამორიცხულია.

მცირე ალბათობებს, რომლებსაც უგულებელყოფენ მასალის დამუშავებისას, უწოდებენ ნიშნადობის დონეს. მაგალითად, თუ ნიშნადობის დონედ მივიღებთ 5%-ს, მაშინ ყველა განსაზღვრის 95% უნდა იყოს $A \pm 2\sigma$ ინტერვალში.

ნორმალური განაწილების განაზომთა სარწმუნო საზღვრების შეფასებას ახდენენ სტიუდენტის კრიტერიუმის (t_α) განაწილებით, რომელიც აიღება ცხრი-

ლიდან P -საიმედო ალბათობის (იმედი) 0.90; 0.95; 0.99%; მნიშვნელობებისათვის (ცხრილი X.2).

საანგარიშო მაჩვენებლების (A) მიღებისას ითვალისწინებენ ქანზე უსაფრთხოების კოეფიციენტის (K_g) მნიშვნელობას, რომელიც ტოლია:

$$(K_g = \frac{1}{1 \pm \rho}),$$

ხოლო საანგარიშო მაჩვენებელი თავის მხრივ უდრის ნორმატიული მაჩვენებლის ფარდობას (A_f) უსაფრთხოების კოეფიციენტთან:

$$A = \frac{A_f}{K_g} = A_f(1 \pm \rho)$$

მოცემულ ფორმულებში ρ საშუალო მაჩვენებლის სიზუსტის მახასიათებელია. ძვრისადმი წინააღობის მაჩვენებლისათვის $\rho = t_\alpha V$.

სიმკვრივის (ρ), დეფორმაციის მოდულისა (E) და ერთღერძა კუმშვისათვის (R) კი $\rho = \frac{t_\alpha V}{n}$.

ცხრილი X.2

სტიუდენტის კრიტერიუმის მნიშვნელობა

n	P			n	P		
	0.90	0.95	0.99		0.90	0.95	0.99
1	6,314	12,706	63,657	14	1,761	2,145	2,977
2	2,920	4,303	9,925	15	1,753	2,131	2,947
3	2,253	3,182	5,841	16	1,746	2,120	2,921
4	2,132	2,776	4,604	17	1,740	2,110	2,898
5	2,015	2,571	4,032	18	1,734	2,101	2,878
6	1,943	2,447	3,707	19	1,729	2,093	2,861
7	1,895	2,365	3,499	20	1,725	2,086	2,845
8	1,860	2,306	3,355	25	1,708	2,060	2,787
9	1,833	2,262	3,250	30	1,697	2,042	2,750
10	1,812	2,228	3,169	40	1,684	2,021	2,704
11	1,796	2,202	3,106	60	1,671	2,000	2,660
12	1,782	2,179	3,055	120	1,658	1,980	2,617
13	1,771	2,160	3,012	>120	1,645	1,960	2,576

საანგარიშო მაჩვენებელში "+" და "-" ნიშანი მიუთითებს გარანტირებული საზღვრების შესაძლო მინიმუმისა და მაქსიმუმის მნიშვნელობას გადასაწყვეტი ამოცანისაგან დამოკიდებულებით მიღებული ნიშნადობის დონით.

ყველა კლასის ნაგებობების მშენებლობისათვის წინასწარი კვლევისა და მესამე და მეოთხე კლასის ნაგებობების, ელექტრო და კავშირგაბმულობის საყრდენი ბოძების კვლევის დროს, როგორც ფიზიკური, ისე მექანიკური

მახასიათებლების ნორმატიული სიდიდე (A_f) შეიძლება მიღებულ იქნეს საანგარიშო მაჩვენებლად.

XI თავი

სხვადასხვა საინჟინრო-გეოლოგიური ჯგუფის ქანებზე შენობა-ნაგებობათა დაპროექტების თავისებურებანი

XI.1. კლდოვან და ნახევრად კლდოვან ქანებზე შენობა-ნაგებობათა დაპროექტების თავისებურებანი

კლდოვანი ქანები გამოირჩევა მაღალი სიმტკიცით, მცირე დეფორმაციულობითა და დაბალი წყალშედწევადობით, ატმოსფერული ფაქტორების ზეგავლენისადმი საკმაოდ მდგრადობით, ამიტომ პრაქტიკულად მათზე შესაძლებელია ნებისმიერი მასშტაბისა და ტიპის ნაგებობათა აშენება.

ნახევრად კლდოვანი ქანები, კლდოვანი ქანებისაგან განსხვავდება შედარებით დაბალი ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლებით და მაღალი წყალშედწევადობით, რაც განპირობებულია მათი შედგენილობის, აღნაგობისა და ფიზიკური მდგომარეობის (ნაპრაღიანობა, გამოფიტვა და ა.შ.) თავისებურებებით. როგორც კლდოვანი ქანების, ისე ნახევრად კლდოვანი ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური შეფასებისათვის არსებითია მათი წოდის პირობების, ნაპრაღიანობისა და გამოფიტვის ხარისხის შესწავლა. განსაკუთრებით დიდი ყურადღება ექცევა შრეულობის თანმხვედრ ციცაბო ფერდობებს ($\alpha > 25^\circ$), რომლებიც უმეტესად საჭიროებენ დამატებით გასამაგრებელ სამუშაოებს (საყრდენი კედლების მოწყობას, სარტყებიან დამაგრებასა და ა.შ.).

ნახევრად კლდოვანი ქანები ხშირად არის სხვადასხვა ნაგებობათა საფუძველი. მათზე დასაშვები დატვირთვები ცვალებადობს 0.5 - 1.5 მპა-ის ფარგლებში. გარეგანი პროცესების ზეგავლენით ეს ქანები ზოგჯერ იმდენად არის სახეშეცვლილი, რომ იწვევს მრავალ გართულებას, როგორც მშენებლობის, ისე ექსპლუატაციის პროცესში. ამიტომ თითოეულ კონკრეტულ შემთხვევაში მშენებლობის პირობების შეფასება საჭიროა საინჟინრო-გეოლოგიური მონაცემების ინდივიდუალური შესწავლის საფუძველზე.

კლდოვან და ნახევრად კლდოვან გრუნტებზე საანგარიშო წინაღობა (R_0) შეიძლება დადგინდეს სამშენებლო ნორმებისა და წესების გათვალისწინებით (სნ და წ ხიდები და მილები – 2.05.03-84 აუცილებელი დანართი 24, გვ. 185), ფორმულით $R_0 = \frac{R}{\gamma_a} \cdot 0,3$. მოცემულ ფორმულაში R არის ერთდერძა კუმშვისადმი სიმტკიცის მაჩვენებელი კგძ/სმ², γ_a - საიმედოობის კოეფიციენტი (ტოლია 1.4-ის); 0.3 – გამოფიტული გრუნტის შემამცირებელი კოეფიციენტი (გამოუფიტავი გრუნტისთვის იღებენ 0.6).

XI.2. ფხვიერ შეუკავშირებელ და რბილ შეკავშირებულ ქანებზე შენობა-ნაგებობების დაპროექტების თავისებურებანი

ფხვიერი შეუკავშირებელი ქანები უმეტესად სხვა არსებული ქანების მექანიკური დაშლის პროდუქტია, რომლებიც შემდეგ ზღვის ფსკერზე ან კონტინენტზე დალექვის დროს განიცდიან დახარისხებას და ნამტვრევი მასალის ზომების მიხედვით წარმოქმნიან ქანების დიდ ჯგუფს. ამ ჯგუფის ქანების საერთო თვისებაა სიფხვიერე, ე.ი. შემადგენელ ნაწილაკებს შორის კავშირის არარსებობა.

დატვირთვისას მსხვილნატეხოვანი ქანები პრაქტიკულად არ განიცდიან შემჭიდროებას, გამოირჩევიან მაღალი წყალშედწევადობით. წყალნაჯერ მდგომარეობაში სუსტად ეწინააღმდეგებიან სეისმურ ზეგავლენას.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ქვიშები საფუძვლის გრუნტებია, წნევა უშუალოდ ნაწილაკიდან ნაწილაკზე გადადის შეხების წერტილებში. მათთვის დამახასიათებელია წნევის გავლენით უმნიშვნელო შემკვრივება. მკვრივი ქვიშები საკმაოდ საიმედო საფუძველია სხვადასხვა საინჟინრო ნაგებობებისათვის.

ბუნებრივ გარემოში ქვიშების დეფორმაციებმა, მდინარეთა წყალდიდობამ და სხვა პირობებმა, შესაძლებელია გამოიწვიოს ქვიშური ნაწილაკების გადაადგილება და ფორიანობის ზრდა ე.წ. კრიტიკულ ფორიანობამდე, რომლის დროსაც ქვიშა დატვირთვისას მნიშვნელოვნად ჯდება და ნაკლებად გამოსადეგია საძირკველად რაიმე მნიშვნელოვანი ნაგებობისთვის. ამიტომ, წმინდა ფხვიერ ქვიშებზე მშენებლობისას რეკომენდებულია მათი შემკვრივება ხიმინჯების ჩასობით ან ვიბრაციით.

რბილი შეკავშირებული ქანები წვრილდისპერსიული დანალექი ქანების დიდი და განსაკუთრებული ჯგუფია. საინჟინრო-გეოლოგიური თვალსაზრისით ეს ქანები მეტად საყურადღებო წარმონაქმნებია ხშირ შემთხვევაში მათზეა დაკავშირებული,

როგორც თანამედროვე გეოლოგიური პროცესების მნიშვნელოვანი ნაწილი, ასევე მშენებლობისა და ნაგებობების ექსპლუატაციის პროცესში წარმოქმნილი გართულებანი.

ფხვიერ ნატეხოვანი და არადაჯდომადი თიხოვანი ქანებისათვის საძირკვლის წინასწარი ზომები შეირჩევა კონსტრუქციული მოსაზრებების ან იმის გათვალისწინებით, რომ საპროექტო ნაგებობის ქვეშ დასაშვები საშუალო დაწნევა ტოლი იყოს XI.1-XI.2 ცხრილებში მოყვანილი მონაცემებისა.

მოცემული ცხრილებით შეიძლება ვისეგმოდვანელოთ III-IV კლასის ნაგებობათა საძირკვლის შესარჩევად, როდესაც საქმე გვაქვს ქანების ჰორიზონტალურად განლაგებულ შრეებთან, შრეულობის სისქეზე კარგად შენარჩუნებული ფენიანობით.

ცხრილი XI.1*

პირობითი საანგარიშო დაწნევა მსხვილნატეხოვან და ქვიშურ გრუნტებზე

გრუნტის დასახელება	R_0 , მპა	
მსხვილნატეხოვანი კენჭები (ღორღი) ქვიშიანი შემავსებლით კრისტალური ნატეხების ხრეში (ხვინჭა) დანალექი ქანების ხრეში (ხვინჭა)	0.6 0.5 0.3	
ქვიშები	მკვრივი	საშუალო სიმკვრივის
მსხვილი საშუალომარცვლოვანი ხრეში (ხვინჭა) წვრილი, სუსტად ტენიანი ტენიანი და წყალნაჯერი მტვროვანი: სუსტად ტენიანი ტენიანი წყალნაჯერი	0.6 0.5 0.4 0.3 0.3 0.2 0.15	0.5 0.4 0.3 0.2 0.25 0.15 0.10

* *სამშენებლო ნორმები და წესები, 2.02.01-83. სარეკომენდაციო დანართი 3, ცხ.12, გვ.37*

ცხრილი XI.2*

თიხოვან არადაჯდომად გრუნტებზე პირობითი საანგარიშო დაწნევები

თიხოვანი გრუნტის სახეები	გრუნტის ფორიანობის კოეფიციენტი, e	R_0 მპა გრუნტის კონსისტენციისას	
		$J_d=0$	$J_d=1$
ქვიშნარი	0.5	0.3	0.3
	0.7	0.25	0.22
თიხნარი	0.5	0.3	0.25
	0.7	0.25	0.18
	1.0	0.2	0.1
თიხა	0.5	0.6	0.4
	0.6	0.5	0.3
	0.8	0.3	0.2
	1.1	0.25	0.1

შენიშვნა: e -სა და J_c -ის შუალედური მნიშვნელობის შემთხვევაში დასაშვებია R_0 -ის განსაზღვრა ინტერპოლაციით, დასაწყისში e მნიშვნელობის შემდეგ მიღებული მონაცემის მიხედვით $J_c=0$ და $J_c=1$ -ს შორის.

* **სამშენებლო ნორმები და წესები, 2.02.01-83. სარეკომენდაციო დანართი 3, ცხ.3, გვ. 37**

დაჯდომადი ფუძე გრუნტების პირობითი საანგარიშო წნევები მოყვანილია ასევე XI.3 ცხრილში.

ცხრილი. XI.3*

დაჯდომად გრუნტებზე პირობითი საანგარიშო დაწნევები

გრუნტის დასახელება	R_0 მგპა			
	ბუნებრივი აგებულების გრუნტები ჩონჩხის მოცულობითი წონით, ρ_f , გ/სმ ³		შემკვრივებული გრუნტები ჩონჩხის მოცულობითი წონით, ρ_f , გ/სმ ³	
	1.35	1.55	1.60	1.70
ქვიშნარი	0.3/0.15	0.35/0.18	0.2	0.25
თიხნარი	0.35/0.18	0.4/0.2	0.25	0.3
<p>შენიშვნა: მრიცხველში მოცემულია ბუნებრივი აგებულების დაჯდომადი გრუნტების დაწნევის მნიშვნელობა წყალნაჯერობის $S_f \leq 0.5$ კოეფიციენტით მათი დატენიანების შეუძლებლობის შემთხვევისათვის, მნიშვნელში - R_0-ის მნიშვნელობა იმავე გრუნტებისათვის, $S_f \geq 0.8$ შემთხვევისათვის ან უფრო დაბალი მაჩვენებლით, როდესაც მოსალოდნელია მათი გაწყვეიანება.</p> <p>ρ_f და S_f-ის შუალედური მნიშვნელობებისას R_0 განისაზღვრება ინტერპოლაციით.</p>				

* **სამშენებლო ნორმები და წესები, 2.02.01-83. სარეკომენდაციო დანართი 3, ცხ.4, გვ. 37**

დაჯდომადი ფუძე გრუნტების პირობითი საანგარიშო წნევების გათვალისწინებით დასაშვებია საძირკვლის ზომების საბოლოო შერჩევა:

ა) ფუძის გრუნტებისათვის, თუ მათში არ აღინიშნება სველი ტექნოლოგიური პროცესები;

ბ) სამრეწველო, სასწვობე, სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების და მათი მსგავსი ერთსართულიანი არათანაბარი ჯდომის მიმართ ნაკლებად მგრძნობიარე კონსტრუქციების მქონე (სვეტისებურ საძირკველზე 40 ტმ, ლენტისებურზე კი 8 ტმ/მ დატვირთვისთვის) ნაგებობებისათვის;

გ) არაუმეტეს სამსართულიანი, უკარკასო, საცხოვრებელი და საზოგადოებრივი შენობებისათვის ლენტისებური საძირკვლით 10 ტმ/მ დატვირთვამდე.

დაჯდომად გრუნტებზე მშენებლობისას აუცილებელია დაცულ იქნეს დაჯდომად გრუნტებზე მშენებლობის პირობები (სნ და წ - 2.02.01-83, თავი 3, გვ. 16). კერძოდ, ქანების დატენიანებისაგან დაცვა, მათი ნაწილობრივი ან სრული მოჭრა, ღრმა ან ხიმინჯებიანი ტიპის საძირკვლის მოწყობა, რომლის დროსაც გამორიცხ-

ულია დაჯდომა მშენებლობის დაწყებამდე ქანების წინასწარი გატენიანებით და მძიმე დატკეპნით $\rho_f=1.65 - 1.67$ გ/სმ³-მდე, ქიმიური ან თერმული დამაგრებით, ბეტონის ბალიშების მოწყობით. დაჯდომის პროცესის ხელოვნური დაჩქარება შესაძლებელია გრუნტის ქვედა ნაწილის გატენიანებით და ჭაბურღილებში მათი შემდგომი სიღრმითი აფეთქების ენერჯის გამოყენებით.

რაც შეეხება **გაჯირჯვებად გრუნტებზე** ნაგებობათა დაპროექტებას საჭიროა გათვალისწინებულ იქნეს მათი სპეციფიკური თვისებები, კერძოდ, გატენიანებისას მოცულობაში მატება, ხოლო გამომშრობისას – შეკლება. ამ თვისებების აღმოსაფხვრელად მიმართავენ გაჯირჯვებადი გრუნტის მოჭრას ნაწილობრივი ან სრული შეცვლით, ქვიშის (მტვროვანის გარდა), ხრეშის, ღორღის ან ადგილობრივი არადაჯდომადი გრუნტის ბალიშების მოწყობით მათი არანაკლებ 1.55 გ/სმ³ სიმკვრივემდე დატკეპნით.

ელუვიურ ნალექებზე ნაგებობათა დაპროექტებისას საჭიროა განსაკუთრებული ყურადღება, ვინაიდან ისინი ძალზე არაერთგვაროვანია, როგორც სიღრმის, ისე ფართობის მიხედვითაც. ელუვიური დანალექები შეიძლება წარმოდგენილი იყოს სუსტად გამოფიტული კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანებით, მსხვილნატეხოვანი, ქვიშოვანი და თიხოვანი სახესხვაობებით, რომლებშიც მოსალოდნელია სხვადასხვა არასასურველი პროცესების და დაუშვებელი დეფორმაციების განვითარება. ძლიერ გამოფიტული კლდოვანი მსხვილნატეხოვანი ქანები (მჭადაქვა) სამშენებლო ქვაბულებში ადვილად იშლება. წყალნაჯერ ქვიშნარებსა და მტვროვან ქვიშებში შეიძლება განვითარდეს მცურავი პროცესები. შედარებით მაღალი ფორიანობისა ($e > 0.6$) და ნაკლებად წყალნაჯერი ($S_f < 0.7$) ქანები გატენიანებისას განიცდიან ჩაჯდომას.

ელუვიურ ნალექებზე მშენებლობისას არასასურველი დეფორმაციების განვითარების თავიდან ასაცილებლად მიმართავენ ნაგებობის ფუძე ქანების ზედა ზონის ფხვიერი, “ჯიბების”, “ბუდეების” გაწმენდას, მათ შეცვლას და დატკეპნას გამოუფიტავი ქანების ნატეხებით. თუ ეს ღონისძიებები არასაკმარისია, აკეთებენ ხიმინჯებიან საძირკველს, აწარმოებენ ქიმიურ, თერმულ დამაგრებას ან გადაწვეტენ კონსტრუქციული გზით.

განსაკუთრებულ პირობებში დაჯდომად, გაჯირჯვებად, გამარილიანებულ გრუნტებში გეოლოგიურ გარემოსთან ნაგებობის ურთიერთმოქმედების სფერო განისაზღვრება მიწისქვეშა წყლების დონითა და რეჟიმით.

XI.3. განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობისა და თვისებების

ქანებზე შენობა-ნაგებობების დაპროექტების თავისებურებანი

განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობისა და თვისებების მქონე ქანების ჯგუფს მიეკუთვნება: ნიადაგები, ტორფი და ტორფიანი ქანები, ლამები, მცურავი, მარილიანი, მზრალი და ხელოვნურად ნაყარი ქანები, რომლებიც ხასიათდებიან სპეციფიკური თვისებებით და უმეტეს შემთხვევაში მშენებლობისათვის არახელსაყრელია.

ნიადაგის თვისებები ზოგადად დამოკიდებულია მინერალური და ორგანული ნაწილაკების რაოდენობრივ შემცველობაზე: წაბლა, ტუნდრის, შავმიწა და რუს ნიადაგებს აქვს არადამაკმაყოფილებელი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, ხშირად შეიცავენ წყალში ხსნად მარილებს, დატენიანებისას რბილდებიან, იბურცებიან, გამოშრობისას იკლებენ მოცულობაში, ნაგებობათა საფუძვლად არახელსაყრელი ქანებია და ექვემდებარებიან მოხსნას. მშენებლობისათვის შედარებით ხელსაყრელი თვისებები აქვს ტყის ეწერ და კორდოვან-ეწერ ნიადაგებს.

ტორფისა და ტორფიანი ქანების მაღალი ფორიანობა და მცირე სიმტკიცე განაპირობებს მათ დიდ კუმშვადობას. წყლით გაჯერებული ტორფის ამტანუნარიანობა პრაქტიკულად ნულის ტოლია. ამიტომ ტორფიან გრუნტებზე მცირე ნაყარის მოწყობის შემთხვევაშიც კი ნაყარის დიდი ნაწილი ჩადის ტორფში და იწვევს მის გამოჭყლეტას ისე, რომ ნაყარის ქვედა ნაწილის სიმძლავრე ბევრად აღემატება ტორფიანი ზედაპირის ზედა ნაწილისას.

ტორფიანი გრუნტების გამონაწერი მუავე რეაქციისაა, დიდი რაოდენობით შეიცავს თავისუფალ გოგირდმუავას, ამიტომ, მასზე მშენებლობისას აუცილებელია გამოყენებულ იქნეს თიხამიწიანი ცემენტი. ცდებმა დაადასტურა, რომ ხის ხიმინჯები არ განიცდიან ლპობას გრუნტის წყლების დონის ზევითაც კი, თუ განთავსებულია ტორფიანი ზედაპირის 30-50 სმ-ით ქვევით. ტორფსა და ტორფიან ქანებზე მშენებლობის აუცილებლობის შემთხვევაში მიმართავენ მათ ნაწილობრივ ან სრულ მოხსნას, იყენებენ ხიმინჯებიან საძირკვლებს, ნაგებობებს ამაგრებენ არმირებული სარტყლებით, ნაკერებითა და სხვ.

ლამებზე მშენებლობის მნიშვნელოვანი მოთხოვნა დასაშვები დატვირთვების ზუსტად დადგენა და საძირკველში მათი ბუნებრივი მდგომარეობის შენარჩუნება, ხიმინჯებიანი საძირკვლებისა და ქვიანი ყრილების ბალიშების გამოყენება, არათანაბარი დაჯდომის მიმართ არამგრძობიარე ნაგებობების აშენება, გრუნტების ხელოვნურად გაუმჯობესება, დატკეპნა, გამაგრება, დრენირება ვერტიკალური ქვიშიანი დრენებით.

მცურავ გრუნტებზე საძირკვლის დაპროექტება არ შეიძლება, მათ განთავსებენ ქვენა ფენის ქანებზე ან ღორღიან და ხრეშიან ბალიშებზე. ღრმა საძირკვლების შემთხვევაში იყენებენ ხიმინჯებს.

მიწისქვეშა გამონამუშევრების გაყვანის დროს სარგებლობენ სპეციალური სამაგრებით სანგრევის წინსწრებით, გამყვანი ფარების დახმარებით.

უშუალოდ მცურავ ქანებს აუმჯობესებენ ტექნიკური მელიორაციის საშუალებებით – ცემენტაციით, სილიკატიზაციით, ხელოვნური დაშრობით, გაყინვით, შპუნტური ჯებირებით და ა. შ.

მშრალი გამარილიანებული გრუნტები ხასიათდება მაღალი მექანიკური თვისებებით, მაგრამ წყლიან გარემოში გახსნისას ეს თვისებები მნიშვნელოვნად მცირდება და აღინიშნება დაჯდომა, აგრესიულობა ბეტონისა და რკინის მიმართ და სხვ.

ასეთ ქანებზე მშენებლობის წამოწყებამდე აუცილებელია ვიცოდეთ ქანების მარილიანობის ხარისხი, ადვილად და საშუალოდ ხსნადი მარილების შედგენილობა, წყლისა და მარილების მოქმედების რეჟიმი. მშენებლობისას საპირისპირო ღონისძიებებად შეიძლება ჩაითვალოს: ზედაპირული ჩამონადენის რეგულირება, მიწისქვეშა წყლების დრენაჟი, აუცილებლობის შემთხვევაში – კონსტრუქციული გადაწყვეტა ან საძირკვლის განთავსება დაუმარილიანებულ გრუნტებზე დამარილიანებული გრუნტების ჩაჭრით.

მშრალი ქანების ყინვისმიერი ამობურცვა, მიყინვით გამოწვეული მოვლენები, ხოლო გაღებობისას მნიშვნელოვანი დაჯდომები, ნაგებობებისთვის ბუნებრივ საძირკვლად გამოყენების შესწავლის განსაკუთრებული სფეროა, რაც დეტალურად განიხილება საინჟინრო-გეოლოგიის დამოუკიდებელ სპეციალურ ნაწილში – საინჟინრო მზრალმცოდნეობაში.

ნაყარი ანთროპოგენული ქანების წარმოქმნა განპირობებულია ადამიანის სხვადასხვა სახის საქმიანობით. ის შეიძლება წარმოდგენილი იყოს: სამრეწველო, სამშენებლო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით, გეგმაზომიერად შექმნილი ნაყარით, სასარგებლო წიაღისეულის ღია და მიწისქვეშა დამუშავების შედეგად შექმნილი შიგა და გარე საყრდენებით. ასეთი ქანები გამოირჩევა განსაკუთრებული არაერთგვაროვნებით – შედგენილობის სიჭრელისა და, საერთოდ, ყველა იმ თვისების მიხედვით, რომელიც მათ გამოყენებას ნაგებობების განთავსების თვალსაზრისით არასასურველს, ზოგჯერ კი სრულიად უვარგისს ხდის.

სამრეწველო და სამშენებლო ნარჩენებით წარმოდგენილი ნაყარი საკმაოდ არაერთგვაროვანია. მათზე ნაგებობების განთავსებისათვის იყენებენ ხიმინჯებიან საძირკვლებს ან საძირკველი ძირითად ნაღებებამდე დაჰყავთ.

წარმოებისა და საყოფაცხოვრებო ნარჩენები გროვდება ძირითადად ნაგავსაყრედებზე. ასეთ ნაყარ ქანებზე, როგორც წესი, მშენებლობას არ აწარმოებენ. საძირკველი დაჰყავთ ძირითად ქანამდე ან მიმართავენ ქანის გაუმჯობესებას – მის ნაწილობრივ ან მთლიან შეცვლას, ხიმინჯებიანი საძირკვლის გამოყენებასა და სხვ.

გეგმაზომიერად შექმნილ ნაყარი შეიძლება წარმოდგენილი იყოს სხვადასხვა ნაღებებით, როგორც ფხვიერით, ისე თიხიანით. ასეთ ნაყარზე შესაძლებელია მშენებლობა მხოლოდ საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების დეტალური შესწავლის შემდეგ.

სასარგებლო წიაღისეულის დამუშავებით შექმნილი შიგა და გარე საყრდენები, ჩვეულებრივ, საინჟინრო-გეოლოგიური შესწავლის მხრივ საინტერესოა მხოლოდ ფერდობების მდგრადობის თვალსაზრისით.

ნაყარ ფუძე გრუნტებზე პირობითი საანგარიშო წნევები საძირკვლის ზომების წინასწარი შერჩევისათვის მოყვანილია ქვემოთ, XI.4 ცხრილში.

ეს მონაცემები შესაძლებელია გამოვიყენოთ ნაყარ გრუნტებზე ნაგებობის საძირკვლის ზომების საბოლოო შერჩევისათვის, თუ მოსალოდნელი დატვირთვები სვეტისებურ საძირკველზე არ აღემატება 40 ტმ, ლენტისებურზე კი – 8 ტმ/მ.

ცხრილი XI.4 *

ნაყარი ფუძე გრუნტების პირობითი საანგარიშო წნევები

ნაყარი გრუნტის სახეები	პირობითი საანგარიშო წნევა, R_0 მპა			
	ქვიშები: მსხვილი, საშუალო, წვრილი, წილები და მათი მსგავსი ქანები		ქვიშა მტვროვანი, თიხოვანი გრუნტები, ნაცარი და მათი მსგავსი ქანები	
	ტენიანობის ხარისხი, S_r			
	$S_r \leq 0.5$	$S_r \geq 0.8$	$S_r \leq 0.5$	$S_r \geq 0.8$
წარმოების ნარჩენებისა და გეგმაზომიერად ნაყარი დატკეპნილი გრუნტები.	0,25	0,20	0,18	0,15
იმავე ქანების დაუტკეპნავი ნაყარი.	0,18	0,15	0,12	0,10
დატკეპნილი გრუნტებისა და წარმოების ნარჩენების საყრელი	0,15	0,12	0,12	0,10
იმავე ქანების დაუტკეპნავი საყრელი	0,12	0,10	0,10	0,08

შენიშვნა: 1. ცხრილში მოყვანილია R_0 -ის მნიშვნელობები $h_1 = 2$ მ განთავსების საძირკვლებისათვის. $h_1 > 2$ მ (საძირკვლის ფაქტიური განთავსების სიღრმე) შემთხვევაში R_0 მცირდება

$K = (h + h_k) / 2h_k$ სიდიდესე გადამრავლებით; 2. R_0 -ის მნიშვნელობა მიეკუთვნება წარმოების ნარჩენების საყრდელს ორგანული ჩანარების არაუმეტეს 10%-ის შემცველობის შემთხვევაში; 3. დაუტკეპნავი გრუნტებისა და წარმოების ნარჩენების ნაყარისა და საყრდელისათვის R_0 აიღება ცხრილიდან 0.8 კოეფიციენტით; 4. R_0 -ის სიდიდე S_f 0.5 - 0.8 შუალედური მნიშვნელობისათვის დასაშვებია ავილოთ ინტერპოლაციით. დატკეპნა ეხება: ვიბრაციული მანქანებით და ვიბროსატკეპნებით 1,5 მ-მდე დატკეპნილ ფხვიერ ქვიშებს; ჰიდროვიბროდამტკეპნით 6 მ-მდე წყალგაჯერებულ ქვიშებს და ზედაპირიდან 3 მ-მდე $S_f \leq 0,7$ ტენიანობის ხარისხის მიხედვით დატკეპნილ წარმოების ნარჩენებისა და გეგმაზომიერად ნაყარ და საყრდელ გრუნტებს.

* *სამშენებლო ნორმები და წესები 2.02.01-83 სარეკომენდაციო დანართი 3, ცხრ. 5, გვ. 37*

XI. 4. მიწისქვეშა გამონამუშევრებით გამოწვეული ქანების დეფორმაციები მიწის ზედაპირზე და მასზე შენობა-ნაგებობების დაპროექტების თავისებურებანი

მიწის ქერქში ქანები გრავიტაციული ძალის გავლენით დაძაბულ მდგომარეობაში იმყოფებიან. სამთო გამონამუშევრების გაყვანის შემთხვევაში აღინიშნება დაძაბულობის, მისი კონცენტრაციისა და სამთო წნევების წარმოქმნა. სამთო წნევების მოცულობის არე დამოკიდებულია ამგები ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე, გეოლოგიურ აგებულებაზე, გამონამუშევრის განლაგების სიღრმეზე, დამუშავების ტექნიკურ პირობებსა და სიმაგრეზე. განსაკუთრებით მაღალი სამთო წნევები აღინიშნება რთულ ტექტონიკურ, ქანების ინტენსიური დანაოჭების პირობებში, დაბალი ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებების მქონე ქანებში.

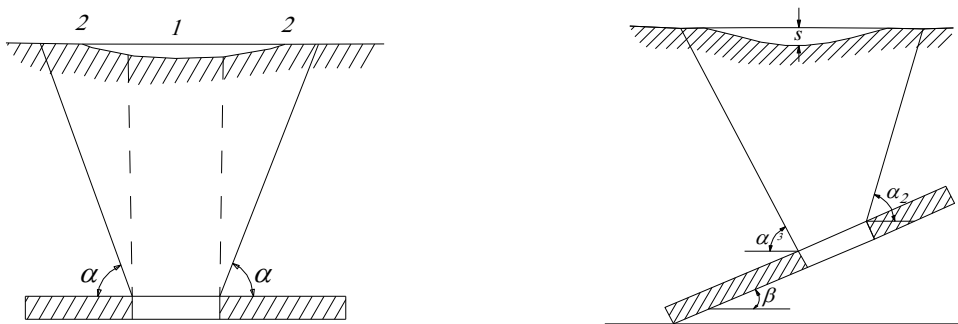
სამთო წნევა სამთო გამონამუშევრების ირგვლივ იწვევს საინჟინრო-გეოლოგიურ მოვლენებს, როგორცაა სამთო დარტყმები, ქანების გამოვარდნა, ბურცვა, ჩამონგრევა, მასივის დაძვრა და ა.შ. ეს მოვლენები ვითარდება არამარტო მსხვილი საბადოების დამუშავების დროს, არამედ გვირაბების, კოლექტორების, შტოლნებისა და სხვა სახის შედარებით მცირე მოცულობის მიწისქვეშა სამუშაოების ჩატარებისას.

მცირე მოცულობის გამომუშავებული სივრცის მძლავრი მტკიცე ქანების წყების შემთხვევაში ზოგჯერ ეს პროცესი მიმდინარეობს რამდენიმე წლის განმავლობაში (ჩვეულებრივ 8-10 წელი), ზოგჯერ კი დეფორმაციები სწრაფად აღწევს მიწის ზედაპირს, წარმოქმნის ე.წ. ძვრის ანუ დაჯდომის მუღდას და იწვევს შენობა-ნაგებობების დაზიანებას და ნგრევასაც კი.

მუღდის ფორმირებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს შრეების მონაცვლეობა, მაგალითად, თუ პლასტიკური ქანები განთავსებულია მტკიცე ქანების ქვეშ, მაშინ მიწის ზედაპირის დეფორმაცია საკმაოდ მკვეთრი და ინტენსიურია. პლასტიკური ქანების ძირითად ქანებზე განთავსების შემთხვევაში მიწის ზედაპირის ჩაღუნვა თანდათანობითი, მდორე და არამკვეთრი ხასიათისაა. ქანების დაძვრის

პროცესში არსებითი მნიშვნელობა აქვს მასივის ნაპრაღიანობას. ნაპრაღიანობა შესამჩნევად აჩქარებს დაძირვის პროცესს, აადვილებს ქანების შრეებისა და ბლოკების ვერტიკალურ გადაადგილებას. ძვრის პროცესი მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული აგრეთვე დამუშავებული ფენის განლაგების სიღრმეზე, დამუშავების სიმძლავრეზე, გამომუშავებულ სივრცეზე, ზემდებარე ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებსა და ზოგიერთ სხვა ფაქტორზე. მუღლის საზღვრებში დედამიწის ზედაპირის დაჯდომის სიდიდე, საშუალოდ მიწისქვეშა გამონამუშევრის სიმძლავრის 0.6-0.7 ნაწილს შეადგენს. მუღლის ცენტრალურ ნაწილში იგი მერყეობს რამდენიმე სანტიმეტრიდან 1-2 მ-მდე.

დაჯდომის მუღლის ფართობი მუდამ აღემატება გამომუშავებული სივრცის ზომებს, რაც განპირობებულია გამომუშავებული სივრცის თავზე ქანების დაძვრით და მისი გვერდებიდან გარკვეული კუთხით (ძვრის კუთხე) მოძრაობით (ნახ. 11.1).



ნახ.11.1. გამომუშავებულ სივრცეზე წარმოქმნილი დაჯდომის მუღლის ცენტრი და პერიფერიული ნაწილები.

მუღლის ცენტრალურ ნაწილში მეტნაკლებად თანაბარია ჯდომა და ნაკლები სიდიდის დეფორმაციები წარმოიქმნება. მუღლის ნაპირებში ქანობი და მიწის ზედაპირის გაღუნვები დიდია და ნაგებობებში აღინიშნება მათი არათანაბარი ჯდომები და მნიშვნელოვანი დეფორმაციები.

თუ მასივის ამგები შრეები დახრილად არის განლაგებული, ზედაპირულ ძვრასთან ერთად შეიძლება მოხდეს გადაადგილება დაშრეების სიბრტყის გასწვრივ, რაც განსაკუთრებით შესამჩნევია შრეების 20-30⁰-ზე მეტად დახრის შემთხვევაში.

ჰორიზონტალური შრეებრიობისა და 100 მ ფენის სიმძლავრის შემთხვევაში ძვრის (ჩაქცევის) კუთხე (α) 68-დან 70⁰-მდე აიღება, ფენის დიდი სიმძლავრის დროს – 72⁰. დასამუშავებელი შრის დახრის შემთხვევაში (β) ძვრის ზღვრული

კუთხეები ახვევასა და დაქანებაზე შესაბამისად $\alpha_2 = \alpha + \frac{\beta}{5}$ და $\alpha_3 = \alpha - \frac{\beta}{3}$ -ის ტოლია, $\beta > 27^0$ -ის შემთხვევაში $\alpha_3 = 90 - \beta$ (ნახ. 11.1).

მოცემულ ფორმულებში ძერის კუთხე (α) იგივეა, რაც ზემოთ აღნიშნული შრეების ჰორიზონტალური განლაგების შემთხვევაში.

ძერის კუთხეების მარკშიადერებთან ერთად დადგენა მნიშვნელოვნად განაპირობებს ნაგებობათა დაპროექტების, მშენებლობისა და ექსპლუატაციის სისწორეს. დიდი დეფორმაციის პროგნოზირებისას ასეთ ტერიტორიებზე მშენებლობა მიზანშეწონილი არ არის. სხვა შემთხვევაში საჭიროა: ნაგებობათა რაციონალური ორიენტირება დაჯდომის მუდღის მდებარეობის მიმართ; ფუძე გრუნტების საანგარიშო წინაღობის გაზრდა; სიხისტის შესამცირებლად შენობის დაყოფა სექციებად; ნაგებობების მზიდი კონსტრუქციების სიმტკიცის გაზრდა და მათი მორგება არათანაბარი დაჯდომისადმი; საძირკვლის გაძლიერება; მაღალხარისხოვანი საშენი მასალის გამოყენება და მშენებლობის ხარისხის ამაღლება; სამთო სამუშაოების რაციონალურად წარმართვა ისეთ სიღრმეზე, რომ დედამიწის ზედაპირზე არ წარმოიქმნას საშიში დეფორმაციები და სხვ.

სამშენებლო ნორმებისა და წესების (სნ და წ. 2.02.01-83 გვ. 23) მიხედვით გამომუშავებულ ტერიტორიებზე ნაგებობათა საძირკვლის ტიპის შერჩევასა და გრუნტები, რომელთა დეფორმაციის მოდული (E) ნაკლებია 100 კგძ/სმ^2 ($< 10 \text{ მპა}$)-ზე ან მიწის ზედაპირზე მოსალოდნელია მათი სამშენებლო თვისებების მკვეთრი გაუარესება, საჭიროა პრაქტიკულად არაკუმშვადი დაბალი ხვედრითი შეჭიდულობისა და მაღალი ხახუნის კუთხის მქონე გრუნტის "ბალიშის" მოწყობა. უბნებზე, სადაც გადაადგილების პროცესი დამთავრებულია, მშენებლობა შესაძლებელია დამცავი ღონისძიებების გარეშე.

თავი XII

გრუნტების განაწილება ჯგუფებად მათი დამუშავების სირთულის მიხედვით

სხვადასხვა ტიპის სამშენებლო-საინჟინრო საკითხების გადაწყვეტისას ხშირად საჭიროა გრუნტების შეფასება მათი დამუშავების სირთულის თვალსაზრისით.

აღნიშნულ საკითხებზე დეტალური მონაცემები არსებობს სამშენებლო ნორმების და წესების მეოთხე ნაწილის მეხუთე თავში (სნ და წ. IV-5-82 გრუნტები), სადაც გრუნტების სხვადასხვა ტიპისათვის მათი ბუნებრივი სიმკვრივის საშუალო მაჩვენებლების გათვალისწინებით მოცემულია მექანიზებული და ხელით დამუშავების შემთხვევაში გრუნტების ჯგუფებად განაწილება დამუშავების სირთულის მიხედვით. XII.1 ცხრილში მოცემულია გრუნტების ძირითადი ტიპების შეფასება დამუშავების სირთულის მიხედვით.

ცხრილი XII.1

სნ და წ. რიგითი №	გრუნტის მოკლე დახასიათება	ბუნებრივ მდგომარეობაში გრუნტის საშუალო სიმკვრივე, კგ/მ ³	ერთიცხვიანი ექსკავატორით დამუშავებისას	ხელით დამუშავებისას
1	2	3	4	5
1	ალევილიტი			
	ა) დაბალი სიმტკიცის	1500	IV	IV _p
	ბ) ნაკლებად მტკიცე	2200	V	V _p
3	არგილიტი			
	ფიქლისებრი, ნაკლებად მტკიცე	2000	V	V _p
	მასიური, საშუალო სიმტკიცის	2200	–	VI
12	ხვინჭა			
	ბუნებრივი განლაგების, (ალუვიონი)	2000	V	V _p
13	ხვინჭიანი გრუნტი	1800	IV	IV _p
15	კირქვა			
	ა) ნაკლებად მაგარი	1200		V _p
	ბ) საშუალო სიმაგრის	2300		VI
	გ) მაგარი	2700		VII

1	2	3	4	5
17	<u>კონკლომერატი და ბრეკჩია</u>			
	ა) თიხურ ცემენტზე, დაბალი სიმაგრის	1900–2100	V	V
	ბ) კირქვის ცემენტზე საშუალო სიმაგრის	2300	–	VI
	გ) კაუის ცემენტზე, მაგარი	2600	–	VII
19	<u>ძირითადი სიღრმული ქანები (გრანიტი, სიენიტი, დიორიტი, გაბრო, გნეისი და სხვ.)</u>			
	ა) მსხვილმარცვლოვანი, დაბალი სიმაგრის	2500	–	V
	ბ) საშუალომარცვლოვანი საშუალო სიმაგრის	2600	–	VI
	გ) წვრილმარცვლოვანი, მაგარი	2700	–	VII
18	<u>ძირითადი ამონთხეული ქანები (დოლერიტი, ბაზალტი, პორფირიტები, ტრაქიტები და სხვ.) ძლიერ გამოფიტული საშუალო სიმაგრის</u>	2600	–	VII
22	<u>შერგული</u>			
	ა) დაბალი სიმაგრის	1900	IV	IV _p
	ბ) ნაკლებად მაგარი	2300	V	V _p
	გ) საშუალო სიმაგრის	2500	–	VI
28	<u>ქვიშაქვა</u>			
	ა) გამოფიტული, დაბალი სიმაგრის	2200	–	V
	ბ) თიხურ ცემენტზე, საშუალო სიმაგრის	2300	–	VI
	გ) კირქვის ცემენტზე, მაგარი	2500	–	VII
30	წინასწარ გაფხვიერებული ქანები	–	VI	–
	<i>შენიშვნა: ბუღდოზერებით და როღარული ექსკავატორებით დამუშავებისას მიეკუთვნება IV ჯგუფს</i>			
31	<u>ფიქლები</u>			
	ა) გამოფიტული, დაბალი სიმაგრის	2000	V	IV _p
	ბ) თიხური ნაკლებად მაგარი	2600	V	IV _p
	გ) საშუალო სიმაგრის	2800	–	VI
	დ) გაკვარცვბული, მაგარი	2300	–	VII
39	<u>ღორღი</u>			
	ა) 40 მმ-მდე ზომის	1750	II	II
	ბ) 150 მმ-მდე ზომის	1950	II	III
40	<u>შლაკი</u>			
	ა) ქარხნის, ფხვიერი	700	I	I
	ბ) ქარხნის, დამჯდარი	700	I	II
	გ) მეტალურგიული, გამოფიტული	–	II	III
	<i>შენიშვნა: ბუღდოზერებით დამუშავებისას №13 მიეკუთვნება ყველა შემთხვევაში III ჯგუფს, №14 - I ჯგუფს. №14 მრავალციცხვიანი ექსკავატორით დამუშავებისას მიეკუთვნება იმავე ჯგუფს, როგორც ერთციცხვიანი ექსკავატორით დამუშავებისას, ე.ი. I; II.</i>			

სნ და წ. რიგითი №	გრუნტის მოკლე დახასიათება	გრუნტის მდგომარეობაში გრუნტის საშუალო სიმკვრივე კგ/მ ³	გრუნტის მექანიკური დამუშავება								ხელი დამუშავებისას
			ერთციცხვიანი ექსკავატორით	მრავალციცხვიანი ექსკავატორით	მილსადენების მუშაობისას (როტორული ექსკავატორით)	სკრპერებით	ბულდოზერებით	გრეიდერებით	გრეიდერ-ექსკავატორებით	საბურღი მოწყობილობებით	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	<u>კენჭნარიან-ხრეშიან-ქვიშიანი გრუნტები (ზომების მიხედვით)</u>										
	ა) 80 მმ-მდე	1750	I	-	II	II	II	III	-	-	II
	ბ) > 80 მმ-ზე > 80 მმ-ზე კაჭარის ჩანართებით	1950	II	-	III	-	III	-	-	-	III
	გ) 10 %-მდე	1950	III	-	-	-	III	-	-	-	III
	დ) 30 %-მდე	2000	IV	-	-	-	IV	-	-	-	IV
	ე) 70 %-მდე	2300	V	-	-	-	IV	-	-	-	Vp
	ვ) > 70 %-ზე	2600	VI	-	-	-	IV	-	-	-	VII
8	<u>თიხა</u>										
	ა) რბილ- და ძნელპლასტიკური, ჩანართების გარეშე	1800	II	II	II	II	II	II	II	I	II
	ბ) რბილ- და ძნელპლასტიკური 10 %-მდე ჩანართებით	1750	II	II	II	II	II	III	-	I	II
	გ) რბილ- და ძნელპლასტიკური > 10 % ჩანართებით	1950	III	-	III	II	II	-	-	-	III
	დ) ნახევრად მაგარი კონსისტენციის	1950	III	-	III	II	III	III	III	II	III
ე) მაგარი კონსისტენციის	1950-2150	IV	-	III	-	III	-	-	II	IV	
9	<u>ნიადაგის ფენა</u>										
	ა) მცენარის ფესვების გარეშე	1200	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	ბ) მცენარის ფესვებით	1200	I	II	I	I	II	-	-	I	II
გ) ღორღის, ხრეშისა ან სამშენებლო მასალის ჩანართებით	1400	I	II	II	I	II	-	-	I	II	
	<u>ლიოსი</u>										
	ა) რბილპლასტიკური	1600	I	II	II	I	I	I	I	I	I
	ბ) ძნელპლასტიკური	1600	I	II	II	II	I	II	-	-	II
გ) მაგარი	1800	IV	-	-	II	III	-	-	-	III	
27	<u>ქვიშა</u>										
	ა) ერთგვაროვანი	1600	I	II	II	II	II	II	III	I	I
	ბ) ღორღის, კენჭნარის, ხრეშისა და სამშენებლო ნარევი 10 %-მდე	1600	I	II	II	II	II	II	III	I	I
	გ) 10 %-ზე მეტი ჩანართებით	1700	I	-	II	II	II	-	-	-	II
დ) ბარქანებისა და დიუნების	1600	II	-	III	-	III	III	-	-	II	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
33	<u>თიხნარი</u>										
	ა) რბილპლასტიკური, ჩანართების გარეშე	1700	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	ბ) რბილპლასტიკური, ღორღის, კენჭნარის, სრეშის და სამშენებლო მასალით 10 %-მდე და ძნელპლასტიკური-ერთგვაროვანი	1700	I	II	II	I	I	I	-	I	I
	გ) რბილპლასტიკური 10 %-მდე ჩანართებით; ძნელპლასტიკური 10 %-მდე ჩანართებით; ნახევრადმაგარი და მაგარი კონსისტენციის, ერთგვაროვანი, 10 %-მდე ჩანართებით	1750	II	-	II	II	II	-	-	-	II
დ) ნახევრადმაგარი და მაგარი კონსისტენციის კენჭნარის, სრეშის და სამშენებლო მასალის >10 %-ზე ჩანართებით	1950	III	-	II	-	II	-	-	-	III	
34	<u>ქვიშნარი</u>										
	ა) პლასტიკური, ერთგვაროვანი	1650	I	II	II	II	II	II	II	II	I
	ბ) მაგარი კონსისტენციის, ჩანართების გარეშე; პლასტიკური და მაგარი, ღორღის, კენჭნარის, სრეშის ან სამშენებლო მასალის 10 %-მდე ჩანართებით	1650	I	II	II	II	II	II	II	II	I
გ) პლასტიკური და მაგარი, 10 %-ზე მეტი ჩანართებით	1850	I	-	II	II	II	-	-	-	II	
35	<u>ტორფი</u>										
	ა) ხის ფესვების გარეშე	800-1000	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	ბ) 30 მმ-მდე სისქის ხის ფესვებით	950-1100	I	I	I	I	I	-	-	I	II
გ) > 30 მმ-ზე სისქის ხის ფესვებით	900-1200	II	-	I	-	II	-	-	-	II	

შენიშვნა: ცხრილებში რიგითი ნომრები და გრუნტის აღნიშვნები მოცემულია სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით; გრუნტის ბუნებრივი სიმკვრივის მაჩვენებლები, საკლასიფიკაციო სახელმძღვანელო მაჩვენებლად არ მიიღება.

XIII თავი

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ტექნიკური ანგარიში და საინჟინრო-გეოლოგიურ რუკებზე სტანდარტით მიღებული ზოგიერთი აღნიშვნა

XIII. 1. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ტექნიკური ანგარიში

მშენებლობისათვის საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები უნდა ტარდებოდეს აღმასრულებელი ორგანოს გადაწყვეტილების საფუძველზე და ტექნიკური დავალების ჩასატარებლად მოიცავდეს შემდეგ მონაცემებს: ობიექტის დასახელებას, სამუშაოს სტადიურობას (ეტაპებს), დაპროექტებისა და მშენებლობის ვადებს, გარემოს დაცვის რაციონალური ღონისძიებების დასაბუთების აუცილებელ საწყის მონაცემებს. გარდა აღნიშნულისა, საჭიროა მონაცემები საპროექტო ნაგებობის ხასიათის, ზომის, საძირკვლის სავარაუდო ტიპის, დატვირთვის, ნაგებობის მიწისქვეშა ნაწილის განთავსების სიღრმის შესახებ.

შესრულებული საინჟინრო კვლევების შედეგები დამკვეთს უნდა გადაეცეს ტექნიკური ანგარიშის სახით არსებული სტანდარტების მიხედვით (სამშენებლო ნორმები და წესები, 11-02-96).

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევის ტექნიკური ანგარიში უნდა მოიცავდეს შემდეგ თავებს:

შესავალს, სადაც მოცემული უნდა იყოს ტერიტორიის საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ჩატარების საფუძველი, ამოცანები, ადგილმდებარეობა, საპროექტო ობიექტზე ადრე ჩატარებული შესრულებული სამუშაოების სახეები, მოცულობა, ჩატარების დრო, ცალკეული ჩატარებული სამუშაოს მეთოდები, შემსრულებელთა ვინაობა, პროგრამის შესაძლო შეცვლა და მისი დასაბუთება;

საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების შესწავლილობას – საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების უკეთ დასადგენად არსებული მასალა უნდა იძლეოდეს მათი გამოყენების შესაძლებლობას;

ფიზიკურ-გეოგრაფიულ და ტექნოგენურ პირობებს – განხილულ უნდა იქნეს კლიმატი, რელიეფი, გეომორფოლოგიური პირობები, მცენარეული საფარი, ნიადაგები, ჰიდროგრაფია, მონაცემები ტერიტორიის სამეურნეო გამოყენების თვალსაზრისით, ადგილობრივი მშენებლობის გამოცდილება, შენობა-ნაგებობების ფუძე გრუნტების დეფორმაციის ხასიათი და მიზეზები (თუ არსებობს ასეთი).

გეოლოგიურ აგებულებას – უნდა აღიწეროს სტრატეგრაფიულ-გენეტიკური კომპლექსები, ქანების განლაგების პირობები, გაკეთდეს გამოყოფილი შრეების გენეტიკური ტიპების ლითოლოგიური და პეტროგრაფიული დახასიათება, ნეოტექტონიკა;

ჰიდროგეოლოგიურ პირობებს – საპროექტო ობიექტზე მოსალოდნელი წყალ-შემცველი ჰორიზონტების გავლენას ნაგებობების მშენებლობასა და ექსპლუატაციაზე, მიწისქვეშა წყლების დონეს, გავრცელებას, განლაგებას, კვების წყაროს, ქიმიურ შედგენილობას, აგრესიულობას ბეტონზე, კოროზიულ აქტივობას ლითონებზე და ჰიდროგეოლოგიური პირობების ცვალებადობის პროგნოზირებას მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პირობებში;

გრუნტის თვისებებს – გამოყოფილი გრუნტების ყოველი საინჟინრო-გეოლოგიური ელემენტის ფიზიკურ, წყლოვან, მექანიკური თვისებებს, ქიმიურ შედგენილობასა და მათი სივრცობრივი ცვლილებების დახასიათებას;

სპეციფიკურ გრუნტებს – მათ არსებობასა და გავრცელებას (მრავალწლიანი გაყინული, დაჯდომადი, გაჯირჯეებადი, ორგანულ-მინერალური და ორგანული, დამარილიანებული, ელუვიური და ტექნოგენური), კავშირს რელიეფის გარკვეულ ფორმებთან, გეომორფოლოგიურ ელემენტებთან, მათი გავრცელების საზღვრებს, სიმძლავრესა და განლაგების პირობებს, გენეზისისა და ფორმირების თავისებურებებს, რელიეფის დამახასიათებელ ფორმებს, ლითოლოგიურ და მინერალურ შედგენილობას, მდგომარეობასა და სპეციფიკურ თავისებურებებს;

გეოლოგიურ და საინჟინრო-გეოლოგიურ პროცესებს – ამ პროცესების არსებობას, მათი გავრცელების ზონასა და სიღრმეებს, პროცესების ტიპიზაციასა და კავშირს რელიეფის გარკვეულ ფორმებთან, გეომორფოლოგიურ ელემენტებთან, გრუნტის ტიპებთან, ჰიდროგეოლოგიურ პირობებთან, ტექნოგენურ ზემოქმედებასთან, ყოველი პროცესის განვითარების მიზეზებს, ფაქტორებს, არსებული დამცავი ღონისძიებების ეფექტურობასა და მდგომარეობას, პროცესების განვითარების პროგნოზს დროსა და სივრცეში, საპროექტო ობიექტთან მათი მოქმედების სფეროს, გეოლოგიური და საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესების საშიშროებისა და რისკის შეფასებას, ტერიტორიის გამოყენების შესაძლებლობას, რეკომენდაციებს, საინჟინრო-დამცავი ნაგებობების გამოყენების, მათ შორის არსებულის რეკონსტრუქციის ღონისძიებებს;

საინჟინრო-გეოლოგიურ დარაიონებას – რუკაზე გამოიყოფა: რაიონი, ქვე-რაიონი, უბანი და ა.შ. სამშენებლო მოედნების, ტრასების, ვარიანტების შეფასებას მათი სამშენებლო პირობების ხელსაყრელობის მიხედვით, ნაგებობის მშენებ-

ლობისა და ექსპლუატაციის შედეგად გეოლოგიური გარემოს ცვლილებების პროგნოზის გათვალისწინებით – სამშენებლო ტერიტორიის მომზადებისა და მათი შესაძლო გამოყენების საინჟინრო ღონისძიებების რეკომენდაციებს.

ფუძე-საძირკვლების დაპროექტებისას აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს მოჭრის შემდეგ მიწის ნაყოფიერი შრის გამოყენება, ნაკლებად ნაყოფიერი, ან დარღვეული სასოფლო-სამეურნეო მიწების აღდგენა (რეკულტივიზაცია), განაშენიანების რაიონის გამწვანება და ა.შ.

დასკვნას – მოკლედ უნდა აღინიშნოს საპროექტო გადაწყვეტის შესასრულებლად საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების შედეგები და რეკომენდაციები, შემდგომში სპეციალური საინჟინრო კვლევების ჩატარების აუცილებლობის დასაბუთება. ამ უკანასკნელ შემთხვევაში უნდა მოხდეს დამკვეთის საქმის კურსში ჩაყენება და ხელშეკრულების შეცვლა, გარკვეული დამატებების შეტანა საინჟინრო კვლევების ღირებულებისა და დროის ცვლილების მითითებით;

გამოყენებული მასალის სიას – მოიცავს ანგარიშის შედგენის დროს გამოყენებული ფონდური და გამოქვეყნებული მასალის ჩამონათვალს;

შენიშვნა. თუ ნაგებობის მოქმედების სფეროში არ არის მიწისქვეშა წყლები, ან საშიში გეოლოგიური და საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესები, ტექნიკური ანგარიშის შესაბამის თავებში ის არ განიხილება.

კვლევისას არასტანდარტული მეთოდის გამოყენება საჭიროა ცალკე თავად იქნეს მოცემული;

გრაფიკულ ნაწილს – წინასაპროექტო დოკუმენტაციის დასამუშავებლად ტექნიკური ანგარიში უნდა მოიცავდეს ფაქტობრივი მასალის რუკებს (ფართობების, ტრასის, ტერიტორიებისას, აგრეთვე მათ ვარიანტებს), საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების რუკებს, საინჟინრო-გეოლოგიური დარაიონების რუკებს, საინჟინრო-გეოლოგიურ ჭრილებს, სამთო გამონამუშევრების აღწერას ან ჭაბურღილების სვეტს, აუცილებლობის შემთხვევაში – სპეციალურ რუკებს.

გრაფიკული ნაწილის შედგენისას აუცილებელია სტანდარტებით (სახ.სტანდარტი 21.302-96) მიღებული აღნიშვნების გამოყენება (თავი XIII.2).

დანართს – ლაბორატორიულად განსაზღვრის, გრუნტების თვისებებისა და მიწისქვეშა წყლების ქიმიური შედგენილობის მონაცემებს მათი სტატისტიკური დამუშავების შედეგებით;

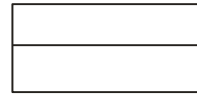
გეოფიზიკური, გრუნტების კვლევების საველე, სტაციონარული დაკვირვებებისა და სხვა სამუშაოების (თუ შესრულებულია) შედეგების ცხრილებს, დაკვირვების წერტილების აღწერასა და კოორდინატებს.

XIII.2. საინჟინრო-გეოლოგიურ რუკებზე სტანდარტით მიღებული ზოგიერთი აღნიშვნა (სახ.სტანდარტი 21.302-96)

სხვადასხვა სისქის (მმ) ხაზების გამოყენების სფერო



0.7 ჭრილის ხაზი



0.3 დაშტრიხვის ხაზი

საზღვრის ხაზები:



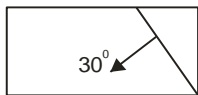
1.5 რაიონის



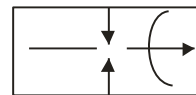
1.0 ქვერაიონის

შენიშვნა: უბნის, შრეებშორისი, სტრატეგრაფიული და ტექტონიკური კონტაქტის, ჰიდროიზოპიფსებისა და ჰიდროპიფების ხაზის სისქე აიღება 0.5 -0.7 მმ. სავარაუდო საზღვრები – იმავე სისქის წყვეტილი ხაზებით; ჰიდროიზოპიფების და ჰიდროპიფების – ლურჯად ტექტონიკური გეოლოგიური პროცესებისა და მოვლენების კონტაქტის – წითლით, დანარჩენი – შავი ფერით.

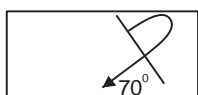
ტექტონიკის და შრეების წოლის ელემენტების გრაფიკული აღნიშვნა



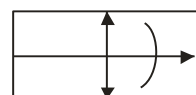
შრეების მიმართება, დაქანება და დახრის კუთხე



სინკლინის ღერძი და მისი დაძირვის მიმართულება



შრეების გადაყირავებული განლაგება



ანტიკლინის ღერძი და მისი დაძირვის მიმართულება

გრუნტების ძირითადი სახეები

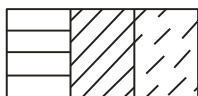
დანალექი ქანები



ლოდი, ლორღი, ხვინჭა, კაჭარი, კენჭი, ხრეში



ქვიშა-ხრეშოვანი და მსხვილი; საშუალო; წვრილი და მტვროვანი

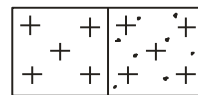


თიხა, თიხნარი, ქვიშნარი

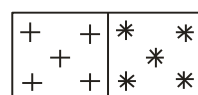


ლიოსი (ლიოსისმაგვარი თიხნარი, თიხა) – დაჯდომადი არადაჯდომადი

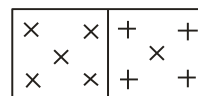
მაგმური ქანები



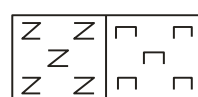
კლდოვანი მაგმური ქანები-მაგარი; ნაპრალოვანი ან გამოფიტული



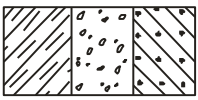
გრანიტი, სიენიტი



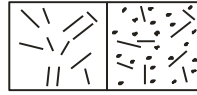
დიორიტი, გრანოდიორიტი



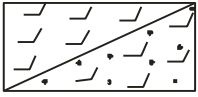
გაბრო, პერიდოდიტი



დაუნაწევრებელი: თიხოვანი ქანები; ქვიშები; თიხოვანი ქანები და ქვიშები.

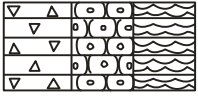


ლავა, ტუფი

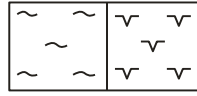


კლდოვანი დანალექი ქანები-მაგარი; ნაპრალოვანი ან გამოფიტული

მეტამორფული ქანები



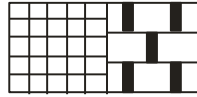
ბრექჩია, კონგლომერატი, გრაველიტი



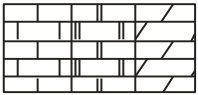
ამფიბოლიტი, გნეისი



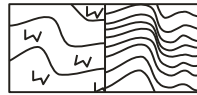
ქვიშაქვა, ალევროლიტი, არგილიტი.



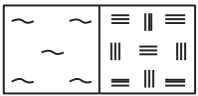
კვარციტი, მარმარილო



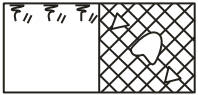
კირქვა, დოლომიტი, მერგელი



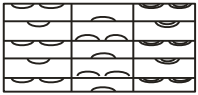
რქაულა, თიხაფიქალი,



ლაში, ტორფი.

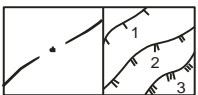


ნიადაგი, ხელოვნური ნაყარი.

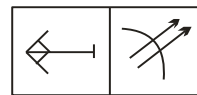


თაბაშირი, ანჰიდრიტი, ქვამარილი

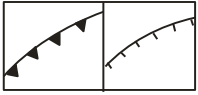
გეომორფოლოგიური ელემენტების, გეოლოგიური პროცესებისა და მოვლენების გრაფიკული აღნიშვნები



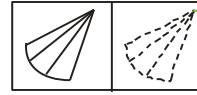
წარბა (ან საზღვრები) – ფერდობის; ტერასების.



სელი; სოლიფლუქცია.



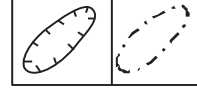
საფეხური – ტექტონიკური; ეროზიული.



გამოტანის კონუსი – ძველი; ფორმირებადი



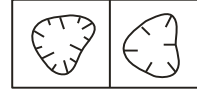
აბრაზია, ეროზია.



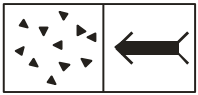
ღრმულები – ჩაჯდომის; სუფოზური.



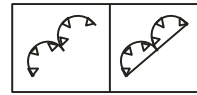
ზრდადი ხევი; ხევის ფსკერის გარეცხვა.



კარსტული ძაბრები – აქტიური; სტაბილიზებული.



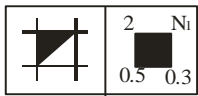
შვავი; ზვავი.



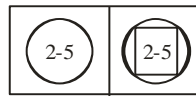
მეწყერი აქტიური; სტაბილიზებული

შენიშვნა: გეოლოგიურ პროცესებს და მოვლენებს გამოსახავენ წითელი ფერით.

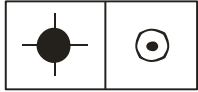
სამთო გამონამუშევრებისა და ჰიდროგეოლოგიური ელემენტების გრაფიკული აღნიშვნები



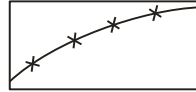
შურფი, ჭა



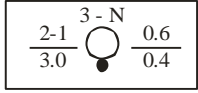
გრუნტისა და ტექნოგენური წყლები (სიღრმე მ-ობით)



ჭაბურღილი: საკაროტაჟო; საძიებო



წნევიანი წყლების გავრცელების საზღვრები



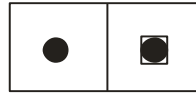
ჰიდროგეოლოგიური



წყაროები: აღმავალი, დაღმავალი;



წყალშემცველი გრუნტები; ჭაობი



დამშრალი; კაპტირებული

შენიშვნა: ჰიდროგეოლოგიური ელემენტები აღინიშნება ლურჯი ფერით; ზედა ნაწილში მოცემულია გამონამუშევრის (ან წყაროს) ნომერი, დეფისით - წყალშემცველი ჰორიზონტის გეოლოგიური ასაკის ინდექსი. მარცხნივ დებიტი ლ/წმ ან წყლის დონე მეტრობით. მარჯვნივ წყლის მინერალიზაცია გ/ლ. ქვედა ნაწილში მარცხნივ - დონის დაწვევა მეტრობით, მარჯვნივ ფილტრაციის კოეფიციენტი $K_{ფ}$ მ/დღ.დ ან სმ/წმ.

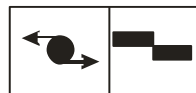
ნიმუშის აღების და გრუნტის გამოცდის წერტილები

ნიმუშის აღების წერტილები:

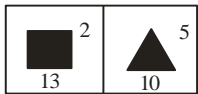


წყლის სინჯის

გრუნტის გამოცდის წერტილები:



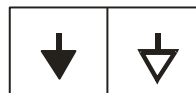
ჭრა-ბრუნვითი, ჩვეულებრივი.



გრუნტი - დაუშლელი და დაშლილი სტრუქტურის



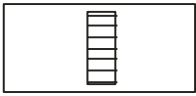
პრესიომეტრით, სტატიკური დატვირთვებით



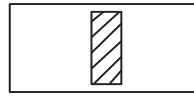
ზონდირება - სტატიკური, დინამიკური

შენიშვნა: მარჯვნივ მოცემულია ნიმუშის ან სინჯის ნომერი, ქვემოთ - გამოცდის შედეგი (მინერალიზაცია, სიმკვრივე, დეფორმაციის მოდული და ა.შ.); წყლის სინჯის აღების წერტილი აღინიშნება ლურჯი ფერით.

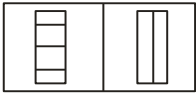
საინჟინრო გეოლოგიურ ჭრილებსა და საძიებო გამონამუშევრების სვეტებზე თიხოვანი ქანების კონსისტენციისა და ქვიშების ტენიანობის ხარისხის პირობითი გრაფიკული აღნიშვნები



თიხა, თიხნარი, ქვიშნარი - მაგარი კონსისტენციის; ქვიშა - სუსტად ტენიანი



ქვიშნარი-პლასტიკური, ქვიშა-ტენიანი



თიხა, თიხნარი-ნახევრად მაგარი და მაგარ-პლასტიკური



თიხა, თიხნარი-რბილპლასტიკური და დენად პლასტიკური; თიხა, თიხნარი - დენადი, ქვიშა - წყალნაჯერი

თაზო XIV

ზოგიერთი ბანზომილების ერთეულები

1. მასის (წონის) ერთეულები

ტონა (ტ) = 1000 კგ
ცენტნერი (ც) = 100 კგ
კილოგრამი (კგ) = 1000 გ
გრამი (გ) = 1000 მგ
მიკროგრამი = 10^{-6} გ
ფუთი = 0.01638 ტ

გირვანქა = 0.40951241 კგ
ლოტი = 12.80 გ
მისხალი = 4.266
კილონიუტონი KH = 100 კგ
კილოპასკალი KПа = 10^6 კგ.

2. ძალის ერთეულები

კილოგრამ ძალა (კგძ) = 9.80655 H (ნიუტონი)
ნიუტონი (ნ) = 0.102 კგძ = 10^5 დინას
ფუნტი ძალა (Φ-ც ინგ. ძალის ერთეული) = 4.44822 ნ

ნიუტონი – ძალის ერთეული, რომელიც 1 კგ მასის მქონე სხეულს ანიჭებს 1 მ/წმ^2 აჩქარებას. $1 \text{ ნ} = 1 \text{ კგ} \cdot 1 \text{ მ/წმ}^2$
დინა – 1 დინ = $1 \text{ გ} \cdot 1 \text{ სმ/წმ}^2$

3. წნევისა და მექანიკური დაძაბულობის ერთეულები

პასკალი (პა) = $0.102 \text{ კგძ/მ}^2 = \text{ნ/მ}^2 = 10 \text{ დინ/სმ}^2$
 $\text{კგძ/სმ}^2 = 10^5 \text{ პა} = 0.1 \text{ მპა (მეგაპასკალი)} = 10^2 \text{ მპა} = 10 \text{ ტ/მ}^2$

4. სიგრძის ერთეულები

კილომეტრი (კმ) = 1000 მ
მეტრი (მ) = 100 სმ
დეციმეტრი (დმ) = 10 სმ
სანტიმეტრი (სმ) = 10 მმ
მიკრონი (μ -მკ) = 10^{-6} მ
მილიმიკრონი (მმკ) = 10^{-3} მკ = 10^{-9} მ
ანგსტრემი (A) = 10^{-10} მ.
ვერსი = 1.067 კმ
საუენი = 2.134 მ
არშინი = 0.7112 მ

ვერშოკი = 4,445 მმ
გეოგრაფიული მილი (ეკვატორის გრადუსის $1/15$) = 7,420 კმ
ინგლისური მილი = 1760 იარდს = 1609,344 მ
საზღვაო მილი = 6080 ფუტი = 1853,194 მ
იარდი = 3 ფუტს = 0.9144 მ
ფუტი (ფტ) = 12 დიუმს = 0.3048 მ
დიუმი = 0.0254 მ

5. ფართობის ერთეულები

ჰექტარი (ჰა) = 10^4 მ^2
არი (ა) = 100 მ²
აკრი = 0.4047 ჰა
დესეტნა = 1.093 ჰა

6. სითხეების მოცულობების საზომი ერთეულები

$1 \text{ მ}^3 = 10^3 \text{ ლიტრი (ლ)}$
ლიტრი = 10^3 სმ^3
ვედრო = 1,230 დკლ = 12.3 ლ
დეკალიტრი (დკლ) = 10 ლ
მილილიტრი (მლ) = 0,001 ლ
ბარელი = 31,5 გალონს = 119,23 ლ
გალონი = 4 კვარტიმს = 4,546 ლ
კვარტიმი = 1.1365 ლ
ბარელი (აშშ ნავთობი) = 159,8 ლ
გალონი (აშშ ნავთობი) = 0.8326 ინგ.გალონს
ინგ.გალონი = 3.785 ლ

7. დროის ერთეულები

დღე-ღამე (დღ/ღ) = 24სთ = 1440 წთ = 86400 წმ
წუთი (წთ) = 60 წამი (წმ)
საათი (სთ) = 60 წთ = 3600 წმ.

8. სხვადასხვა

ფარანგეიციის სკალით $0^0 = 17.2^0$
კელვინის სკალით აბს. ნოლი = $- 273.2^0$
ატმოსფერო = 1.033 კგ/სმ²
ცხენის ძალა = 0.7355 კილოვატი
კილოვატი = 1.360 ცხ. ძალა

ლიტერატურა

- ა. ბეტეხტინი – მინერალოგიის კურსი, თბ. "ტექნიკა და შრომა" 1957
- ვ. ლომთაძე – საინჟინრო პეტროლოგია, თბ. "განათლება" 1987
- ვ. ლომთაძე – ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ლაბორატორიული კვლევის მეთოდები. თბ. "განათლება" 1989
- დ. ჩხეიძე – საინჟინრო გეოლოგია, თბ. "განათლება" 1979
- გ. ჭოხონელიძე – ლაბორატორიული პრაქტიკუმი საინჟინრო გეოლოგიაში, თბ. სპო-ს გამოცემა, 1961
- Ананьев В.П., Коробкин В.И. -" Инженерная геология", М. «Высшая школа» 1973
- BS – 1377 част 1-9. Британские стандарты." Тестирования грунтов в строительных целях". BSI 1990
- ГОСТ –" Государственные стандарты "
- ГОСТ – 1207-66." Грунты. Отбор, упаковка, хранение и транспортировка образцов". М. «Стройиздат», 1966.
- ГОСТ – 25 100-82." Грунты. Классификация". М., " Изд-во стандартов", 1982.
- ГОСТ –12 248-96. "Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости". М., «Изд-во стандартов» 1996.
- ГОСТ _ 20 522-77. "Грунты. Метод статистической обработки результатов определений характеристик", М., " Изд-во стандартов", 1975.
- ГОСТ 21.302-96 – "Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям. М., " Изд-во стандартов ",1996.
- "Методика оценки прочности и сжимаемости крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями. М., "Стройиздат", 1989.
- "Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород". Т. I-II, под редакцией Е.М.Сергеева, С.Н. Максимова, Г.М. Березкиной. М., Изд-во МГУ, 1968.
- Приклонский В.А.-" Грунтоведение", ч. I., изд-во 3-е, "Госгеолиздат". 1955.
- "Руководство по проектированию оснований зданий и сооружений". М., "Стройиздат", 1978.
- Сергеев Е.М. -"Общее грунтоведение". Изд-во МГУ 1952.
- Сергеев Е.М. Грунтоведение. М. Изд-во МГУ 1971.

СНиП - "Строительные нормы и правила".

СНиП – IV – 5-82. "Грунты". М., "Госстрой СССР". 1982.

СНиП. 1.02.07–87. "Инженерные изыскания для строительства". М., "Госстрой СССР". 1988.

СНиП. 11-02-96. "Инженерные изыскания для строительства". Основные положения. М., "Минстрой России", 1997.

СНиП. 2.05.03–84. "Мосты и трубы. Расчетное сопротивление грунтов основания осевому сжатию". М., "Госстрой СССР". 1988.

СНиП. 2.02.01-83. "Основания зданий и сооружений". М., "Изд-во Стандартов", 1985.

СНиП. II-7-81. "Строительство в сейсмических районах". "Стройиздат", 1982.

"Справочник по инженерной геологии". Под ред. М.В. Чуринова. М., "Недра", 1968.

Терцаги К., Пек. Р.- "Механика грунтов в инженерной практике". М., "Госстройиздат", 1958.

Чаповский Е.Г. - "Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов". М., изд-во 4-е, "Недра", 1975.

Швецов М.С. - "Петрография осадочных пород". М., "Госгеолтехиздат". 1968.

შ ი ნ ა ა რ ს ი

წინასიტყვაობა	2
შესავალი	3
I თავი. ქანმავანი მინერალები და ქანების ძირითადი ბენეტიკური ტიპები	4
I.1. მინერალთა ფიზიკური თვისებები და კლასიფიკაცია	4
I.2. ქანების ძირითადი გენეტიკური ტიპები	13
მაგური ქანები (13), დანალექი ქანები (19), ნატეხოვან-შეუცემენტებული (ფხვიერი) და შეცემენტებული ქანები (21), რბილშეკავშირებული და გამკვრივებული თიხოვანი ქანები (22), პიროკლასტურ-შეცემენტებული ქანები (23), ქიმიური და ორგანული დანალექი ქანები (24), მეტამორფული ქანები (26)	
II თავი. ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური კლასიფიკაცია	28
III თავი. ფხვიერი შეუკავშირებელი და რბილი შეკავშირებული ქანების ძირითადი ბენეტიკური ტიპები	31
III.1. კონტინენტური, ლაგუნური და ზღვიური წარმოშობის ქანები	31
კონტინენტური წარმოშობის ქანები (31), – ელუვიური (31), დელუვიური (32), კოლუვიური (32), ალუვიური (32), პროლუვიური (32), მყინვარული (33), წყლიან-მყინვარული (33), ტბიური (33), ეოლური (33), ლაგუნური წარმოშობის ქანები (34), ზღვიური წარმოშობის ქანები (34)	
III.2. განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობისა და თვისებების ქანები	35
ნიადაგი (35), ტორფი და ტორფიანი ქანები (35), ლამები (36), მცურავი ქანები (36), გამარილიანებული ქანები (37), მზრალი ქანები (37), ხელოვნურად ნაყარი – ანთროპოგენული ქანები (37)	
IV თავი. ქანების რაბზარობისა და მდგომარეობის სავალე ვიზუალური განსაზღვრის მეთოდები	39
IV.1. ქანების შედგენილობის, თვისებებისა და მდგომარეობის განმსაზღვრელი ძირითადი მაჩვენებლები	39
IV.2. ქანების შრეებისა და ნაპრალების სივრცობრივი მდებარეობის განსაზღვრა სამთო კომპასით	39
IV.3. სამთო კომპასის გამოყენება ეკლიმეტრად	42
IV.4. კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური შეფასება, მათი ნაპრალოვნების, გამოფიტვისა და შეცემენტების ხარისხის მიხედვით	43
IV.5. კონტინენტური, ლაგუნური და ზღვიური წარმოშობის ქანების ვიზუალურად განმსაზღვრელი ნიშნები	48
IV.6. ქვიშების, თიხოვანი და ფხვიერი ქანების განმსაზღვრელი ვიზუალური ნიშნები	49
IV.7. ტორფის დახასიათება მცენარეული ნაშთის გახრწნის ხარისხის მიხედვით	51
V თავი. ზოგადი მოთხოვნები ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური გამოკვლევებისათვის (სამშენებლო ნორმები და წესები)	52

VI თავი. ქანების ნივთიერი შედგენილობა და აღნაგობა	63
VI.1. გრანულომეტრიული შედგენილობა.	63
ა. საცრული მეთოდი (63), ბ. პიპეტური მეთოდი (64), გ. არეომეტრიული მეთოდი (67), ქანების გრანულომეტრიული შედგენილობის ანალიზი და გრაფიკული ასახვის ხერხები (70)	
VI.2. თიხოვანი ქანების მინერალური შედგენილობის განსაზღვრა	74
თიხოვანი ქანების მინერალური შედგენილობის განსაზღვრა წყალთან მათი ურთიერთქმედების ხასიათის მიხედვით (74) – გაფუება (74), შეწოვა (74), დაღობა (75), წვრილდისპერსიული ფრაქციის გაშრობა (75), შეფერვის მეთოდი (76), იმერსიული მეთოდი (77), ელექტრონული მიკროსკოპის მეთოდი (78), სტრუქტურული ანალიზი (რენტგენოგრაფიული და ელექტრონოგრაფიული) (79), თერმული ანალიზი (80)	
VI.3. კარბონატული ქანების მინერალური შედგენილობის შესწავლა თერმული და ქიმიური ანალიზებით	83
VI.4. თიხოვან ქანებში წყალხსნადი მარილების შედგენილობისა და შემცველობის განსაზღვრა	83
VI.5. წყლის აგრესიული ზემოქმედება ბეტონზე	84
VI.6. ქანებში ორგანული ნივთიერების შემცველობის განსაზღვრა გამოწრობის მეთოდი	87
..	
VII თავი. ქანების ფიზიკური თვისებების კვლევა	89
VII.1. ქანების სიმკვრივე.	89
ქანების მინერალური ნაწილის სიმკვრივე (კუთრი წონა) (89), ბუნებრივი მდგომარეობის ქანისა და მისი ჩონჩხის (მშრალი გრუნტის) სიმკვრივე (91)	
VII.2. ქანების ფორიანობა	94
VII.3. ქანების ტენიანობა	96
VII.4. ქანების პლასტიკურობა	98
დენადობის ზღვარი (99), პლასტიკურობის ზღვარი (100)	
VII.5. ქანების მდგომარეობის შეფასება კონსისტენციის მიხედვით	102
VII.6. ქვიშების ფარდობითი სიმკვრივე	108
VII.7. ქვიშების და თიხოვანი ქანების ოპტიმალური ტენიანობა და მაქსიმალური სიმკვრივე	109
..	
VII.8. გრუნტების გამოცდა შემკვრივებაზე ბრიტანული სტანდარტებით	111
VIII თავი. ქანების ფელოვანი თვისებების კვლევა	117
თიხოვანი ქანების წყალმედვეობა (117)	
VIII.1. თიხოვანი ქანების წყალში დაღობის სიჩქარე	117
VIII.2. თიხოვანი ქანების გაჯირჯევა და შეკლება	118
VIII.3. ქანების ტენტევადობა	121
სრული ტენტევადობა და წყალნაჯერობის კოეფიციენტი (121), კაპილარული ტენტევადობა (123), მაქსიმალური მოლეკულური ტენტევადობა (126), ქანების ჰიგროსკოპული და მაქსიმალური ჰიგროსკოპული ტენიანობა (127), წყალგაცემა ქვიშებიდან და სხვა ფხვიერი ნატეხოვანი ქანებიდან (127)	
VIII.4. კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების წყალმედვეობა, წყალშთანთქმა და წყალნაჯერობა	128
VIII.5. ქანების წყალშედწევადობა	130
ფილტრაციის კოეფიციენტი (130), ქვიშის ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა გ. კამენსკის მილის საშუალებით (131), ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა დ. ზნამენსკის და ვ. ხაუტოვის კონსტრუქციის (ИВ) ხელსაწყოთი (134), ქვიშების ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა მათი გრანულომეტრიული	

შედგენილობის მიხედვით (136), ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა ნ. ბინდემანის ნომოგრამებით (138), ტემპერატურული შემასწორებლის (η) გათვალისწინება ნ. ბინდემანის ნომოგრამებით ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრისას (139)

IX თავი. ქანების მქანნიკური თვისებების კვლევა	140
IX.1. ძვრაზე წინალობის მაჩვენებლების განსაზღვრა ჭრის ხელსაწყოთი .	140
IX.2. ფხვიერი მარცვლოვანი ქანების შიგა ხახუნის კუთხის განსაზღვრა მათი ბუნებრივი ფერდის კუთხით.	147
ქვიშის ბუნებრივი ფერდის განსაზღვრა ჰაეროვან-მშრალ და წყლიან გარემოში (148)	
IX.3. ქანების სიმტკიცისა და დეფორმაციული მაჩვენებლების განსაზღვრა ერთღერძა კუმშვის მეთოდით	150
IX.4. თიხოვანი ქანების ერთღერძა კუმშვისა და ძვრისადმი წინალობის განსაზღვრა მიკროპენეტრომეტრით	155
IX.5. კლდოვანი და ნახევრადკლდოვანი ქანების სიმტკიცის შეფასება გაჭიმვის, გახლეჩისა და ჩამოხეთქის მეთოდებით	157
IX. 6. კლდოვანი და ნახევრადკლდოვანი ქანების სიმტკიცის შეფასება სპეციალური მახასიათებლების – ქანების ცვეთის, აბრაზიულობის, გაფხვიერების, ყინვაგამძლეობის მიხედვით	158
ქანების სიმტკიცე (159), ქანების აბრაზიულობა, დამუშავებადობა, აფეთქებადობა, ჭრისადმის წინალობა (160), ქანის გაფხვიერება (160), ყინვაგამძლეობა (161)	
IX.7. კლდოვანი და ნახევრადკლდოვანი ქანების მექანიკური სიდიდეები, შესაბამისი სიმკვრივეებისა და ფორიანობის მაჩვენებლებით	163
IX.8. მიწის ვაკისში გრუნტის შეფასება სპეციალური შტამპდითი კვლევებით	166
.	
IX.9. მსხვილნატეხოვან-მტვროვან-თიხოვანი გრუნტების სიმტკიცისა და დეფორმაციის მოდულის მახასიათებლების განსაზღვრა	167
IX.10. ქანების დეფორმაციული მაჩვენებლების განსაზღვრა კომპრესიის ხელსაწყოთი	173
IX.11. ქანების კონსოლიდაცია. ფილტრაციული და მეორეული კონსოლიდაციის კოეფიციენტების განსაზღვრა	180
ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა კომპრესიული ცდის მონაცემების მიხედვით. კონსოლიდაციის მეთოდი (186)	
IX.12. ლიოსური ქანები და მათი დაჯდომის განსაზღვრა კომპრესიულ ხელსაწყოში	188
IX.13. თიხოვანი ქანების გაჯირჯვების წნევის ძალის განსაზღვრა კომპრესიულ ხელსაწყოში	191
IX.14. ქანების სიმტკიცისა და დეფორმაციული მაჩვენებლების განსაზღვრა სამღერძა კუმშვის მეთოდით	191
სტაბილუმეტრით მიღებული ცდის შედეგების დამუშავება (193)	

X თავი. ქანების ფიზიკურ-მქანნიკური თვისებების ლაბორატორიული განსაზღვრის შედეგების სტატისტიკური დამუშავების მეთოდობა	195
.	
გრუნტების მახასიათებლების ნორმატიული და საანგარიშო მაჩვენებლები (195)	

XI თავი. სხვადასხვა საინჟინერო-გეოლოგიური ჯგუფის ქანებზე შენობა-ნაგებობათა დაკრომეტრების თავისებურებანი	
--	--

	199
XI.1. კლდოვან და ნახევრად კლდოვან ქანებზე შენობა-ნაგებობების დაპროექტების თავისებურებანი	199
..	
XI.2. ფხვიერ შეუკავშირებელ და რბილ შეკავშირებულ ქანებზე შენობა-ნაგებობების დაპროექტების თავისებურებანი	200
XI.3. განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობისა და თვისებების ქანებზე შენობა-ნაგებობების დაპროექტების თავისებურებანი	203
..	
XI.4. მიწისქვეშა გამონამუშევრებით გამოწვეული ქანების დეფორმაციები მიწის ზედაპირზე და მასზე შენობა-ნაგებობების დაპროექტების თავისებურებანი	207
XII თავი. ბრუნტაგის განაწილება ჯგუფებად მათი დამუშავების სირთულის მიხედვით	210
XIII თავი. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ტექნიკური ანგარიში და საინჟინრო-გეოლოგიურ რუკებზე სტანდარტით მიღებული ზოგიერთი აღნიშვნა	214
XIII.1. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ტექნიკური ანგარიში	214
XIII.2. საინჟინრო-გეოლოგიურ რუკებზე სტანდარტით მიღებული ზოგიერთი აღნიშვნა (სახ. სტანდარტი 21.302-96)	217
..	
XIV თავი. ზოგიერთი განზომილების ერთეულები	221
ლიტერატურა	223

