

ირაკლი გუჯაბიძე

ქანებისა და სამთო პროცესების ფიზიკა

საგამომცემლო სახლი
„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ირაკლი გუჯაბიძე

ქანებისა და სამთო პროცესების ფიზიკა



დამტკიცებულია სალექციო კურსად
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სარედაქციო-საგამომცემლო საბჭოს
მიერ. 29.06.2018, ოქმი №2

თბილისი
2019

სალექციო კურსში მოცემულია ქანთა მასივებში მიმდინარე ბუნებრივი ფიზიკური და სპეციალური ტექნოლოგიური პროცესები. კერძოდ, დრეკადი ტალღების ფორმირებისა გავრცელების კანონზომიერებები; თბური, ელექტრული და მაგნიტური ველების ზემოქმედება ქანთა მასივებზე; სითხეები და გაზები ქანთა მასივებში, მათი გადაადგილების თავისებურებები; ქანთა მასივებში მიმდინარე რადიაციული პროცესები; ბუნებრივ ძალთა და დეფორმაციათა ველები. მათი ცვლილების თავისებურებები ქანთა მასივებზე სხვადასხვა სახის ტექნოლოგიური ზემოქმედების პროცესში; სამთო წნევა, სამთო დარტყმა, ნახშირისა და ქანის უეცარი გამოტყორცნა; ქანების თვისებების ურთიერთკავშირი და მათი გავლენა მიმდინარე ფიზიკურ პროცესებზე. ნახვენებია ქანთა მასივებში ფიზიკური პროცესების მიმდინარეობის კანონზომიერებათა სამთო საქმეში გამოყენების შესაძლებლობები და კონკრეტული მაგალითები.

წიგნი განკუთვნილია სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის სამთო და გეოინჟინერიის სპეციალობის ბაკალავრიატის სტუდენტებისათვის.

რეცენზენტები: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი ზურაბ ლებანიძე,

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი რუსუდან მანაგაძე

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2019

ISBN 978-9941-28-547-9 (PDF)

<http://www.gtu.ge>



ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილის (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) კოპირება არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამოცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

წიგნში მოყვანილი ფაქტების სიზუსტეზე პასუხისმგებელია ავტორი/ავტორები.

ავტორის/ავტორთა პოზიციას შეიძლება არ ემთხვეოდეს საგამომცემლო სახლის პოზიციას.

შესავალი

სამთო მრეწველობის განვითარება საწყისი ბაზაა სახალხო მეურნეობის ყველა ძირითადი დარგის (მეტალურგიის, მანქანათმშენებლობის, ქიმიური მრეწველობის, მშენებლობისა და სხვა) პროგრესისათვის. სამთო მრეწველობის მთავარი ამოცანაა მთლიანად დააკმაყოფილოს სახალხო მეურნეობის მოთხოვნილება სხვადასხვაგვარი სასარგებლო წიაღისეულით, უწინარეს ყოვლისა, მადნით, სათბობით, ბუნებრივი საშენი მასალითა და ნედლეულით ქიმიური მრეწველობისათვის.

თავისი შეგნებული საქმიანობის დასაწყისში ადამიანი მხოლოდ ხელმისაწვდომი მინერალებით სარგებლობდა. არქეოლოგებმა დაადგინეს, რომ პალეოლითში ადამიანი ოციოდე მინერალს იყენებდა, ხოლო ნეოლითში მათი რაოდენობა უკვე გაორკეცდა. გაჩნდა კაჟის, ქვამარილისა და მინერალური საღებავების პირველი მაღაროები. ცნობილია, რომ უკვე იმ დროს ადამიანი სასარგებლო წიაღისეულს სხვადასხვანაირად იყენებდა—შრომის იარაღად (კაჟი), საკვებად (ქვამარილი), დეკორაციულ ხელოვნებაში (საღებავები).

სამთო სამუშაოები ფართოდ ვითარდებოდა უძველესი ცივილიზაციის ქვეყნებში ეგვიპტეში, ძველ რომსა და ჩინეთში. უძველესი მაღაროების კვალი ნაპოვნია აგრეთვე ურალში, ალტაიში, უკრაინაში, ბაიკალსა და ყაზახეთში. საქართველოში ცნობილია საყდრისის პრეისტორიული ოქროს მაღარო (ძვ.წ. 3350-2500 წწ.).

დადგენილია ფაქტები იმის შესახებ, რომ ძველი მაღაროელები იცნობდნენ ქანების ზოგიერთ თვისებას. მაგალითად, ეგვიპტეში ჯერ კიდევ 7000 წლის წინათ მაგარი ქანების დასარღვევად იყენებდნენ ცეცხლურ ხერხს, რომელიც ქანზე სითბური ზეგავლენის შესახებ ელემენტარულ ცოდნას მოითხოვდა. მაღალმთიან რაჭაში მდინარე ზოფხითურას ხეობაში აღმოჩენილია უძველესი მაღაროები, სადაც ჩვენი წინაპრები ცეცხლური ხერხით ანტიმონიუმის მადანს ანგრევდნენ.

სამთო საქმეს, როგორც მატერიალური წარმოების დარგს, უძველესი ისტორია აქვს. თუმცა სამთო მეცნიერება, ანუ მოძღვრება მადნეულთა მოპოვებისა და გადამუშავების შესახებ გაცილებით უფრო გვიან განვითარდა.

გამოჩენილმა გეოლოგმა და პეტროგრაფმა ფ. ლევინსონ ლესინგმა პირველმა მოგვცა ქანების კლასიფიკაცია, რომელსაც საფუძვლად დაუდო ქანების ქიმიური შედგენილობა. იგი საინჟინრო-გეოლოგიურ პრობლემებსაც იკვლევდა. მისივე ინიციატივით ჩამოყალიბდა ექსპერიმენტული პეტროგრაფიის ლაბორატორია. XIX საუკუნეში ვ. კარლოვიჩმა და ვ. კურდიუმოვმა საფუძველი ჩაუყარეს ქანების მექანიკას-მეცნიერების ახალ დარგს, რომელიც წყვეტდა შენობათა საფუძვლების, ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა მდგრადობისა და სხვა საკითხებს. იმავე დროს ვითარდება საინჟინრო გეოლოგია. მიწისქვეშა სამთო სამუშაოთა ფართო განვითარების შედეგად აღმოცენდა ქანების მასივის მექანიკა, რომელიც მასივში გვირაბების გაყვანისას წარმოქმნილ დამაბულობასა და დეფორმაციებს შეისწავლის.

„ქანებისა და სამთო პროცესების ფიზიკა“ გამოყენებითი მეცნიერებაა. რომელიც შეისწავლის ქანთა მასივებში მომდინარე ფიზიკურ (მექანიკურ, თბურ, ელექტრომაგნიტურ, ჰიდრაულიკურ და სხვა) პროცესებს, სამთო წარმოებაში მათი გამოყენების თვალსაზრისით. სხვა მეცნიერებათა შორის ამ დისციპლინის ადგილი კვლევის მეთოდებით, მიმართულებითა და ობიექტებით განისაზღვრება. მეთოდები მას მყარი სხეულის ფიზიკასთან აახლოებს; ობიექტები-გეოლოგიურ მეცნიერებებთან, რომლებიც ქანებსა და მინერალებს შეისწავლიან, ხოლო მიმართულება-სამთო მეცნიერებასთან.

ქანების ფიზიკის საწყისი ბაზაა ის თავმოყრელი მონაცემები ქანების ფიზიკურ თვისებათა შესახებ, რაც სამთო და გეოლოგიურ მეცნიერებათა სხვადასხვა დარგშია დაგროვილი.

ქანის ფიზიკურ თვისებათა შესახებ ვრცელი მასალა აქვს გეოლოგიურ მეცნიერებებს-მინერალოგიას, პეტროგრაფიას, გეოფიზიკას და სხვ.

1. მინერალები, ქანები და ქანთა მასივები

1.1. მინერალები–ატომების აგრეგატები

ბუნებრივი წარმოშობის მინერალურ და დედამიწის ქერქში შემავალ ნებისმიერ ქიმიურ შენაერთს მინერალი ეწოდება. მინერალებს ეკუთვნის აგრეთვე მიწის ქერქში თავისუფალ მდგომარეობაში აღმოჩენილი ყველა ქიმიური ელემენტი.

მინერალი შეიძლება იყოს აიროვანი (ბუნებრივი აირი), თხევადი (ნავთობი, ვერცხლისწყალი, წყალი) და მყარი (მადნეული და სხვა). ბუნებრივი შენაერთების რაოდენობა შეზღუდულია, ვინაიდან დედამიწის პირობებში ყველა ქიმიური შენაერთი მდგრადი არ არის. სულ 3000-მდე მინერალია ცნობილი. უმეტეს შემთხვევაში ისინი მყარი კრისტალური ქიმიური შენაერთებია. ამორფულ მინერალთა რაოდენობა მცირეა.

დედამიწის ქერქში მინერალები თანაბრად როდია განაწილებული. ქანების წარმოქმნაში ძირითად როლს მხოლოდ ოციოდე, ე.წ. ქანწარმოქმნელი მინერალი ასრულებს. მათგან ყველაზე მეტად გავრცელებულია მინდვრის შპატები–ნატრიუმის, კალიუმისა და კალციუმის ალუმინსილიკატები, რომლებიც დედამიწის ქერქის ზედა ნაწილის 60 % შეადგენს; ამფიბოლები და პიროქსენები–17%; კვარცი–12 % და ქარსები–3,8 %. დანარჩენი, ე.წ. აქცესორული მინერალები, ქანებში უმნიშვნელო რაოდენობით გვხვდება, მაგრამ ქვეყნის ეკონომიკისათვის სწორედ ამ აქცესორულ მინერალებს აქვს უდიდესი მნიშვნელობა.

საკმარისია აღვნიშნოთ, რომ ფერად ლითონთა მადნეულის ყველა მინერალი აქცესორულს მიეკუთვნება. ეს მინერალები ქანების სხვადასხვაგვარ თვისებებზედაც დიდ გავლენას ახდენს.

ბუნებაში მინერალები გვხვდება როგორც ცალკეული მკვეთრად გამოსახული კრისტალების ან ქანში გაბნეული მარცვლების სახით, ისე მრავალკრისტალური მკვრივი ან მიწისებრი მასის, ნალვენთის, ნადების, ქერქისა თუ მარგულების სახით. მინერალების უმრავლესობა წვრილი კრისტალების სახით გვხვდება, თუმცა ზოგიერთ მათგანს–კვარცს, მინდვრის შპატს, სპოდუმენს – შესაძლოა საკმაოდ დიდი ზომის კრისტალები ჰქონდეს. ყოველ კრისტალურ ნივთიერებას (მათ შორის მინერალსაც)

თავისი სივრცული მესერი შეესაბამება (ეს საკითხები დეტალურადაა მოცემული დისციპლინაში „კრისტალოგრაფია და მინერალოგია“).

ცალკეული კრისტალის ფიზიკური თვისებები განისაზღვრება მისი ქიმიური შედგენილობით და სივრცულ მესერში შემავალ ნაწილაკთა ურთიერთკავშირის ძალებით.

ნაწილაკთა შორის კავშირი შეიძლება იყოს იონური, კოვალენტური, ლითონური და მოლეკულური.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ურთიერთმოქმედ ატომებს განსხვავებული ელექტროუარყოფითობა აქვს, ვალენტური ელექტრონები ნაკლები ელექტროუარყოფითობის ატომებიდან დიდი ელექტროუარყოფითობის ატომებში გადადის. აღნიშნულის შედეგად ურთიერთქმედების კულონური ძალები იონურ ან პოლარულ კავშირს წარმოქმნის.

იონური ტიპის მესრიან მინერალებს მიეკუთვნება ჰალიტი Na Cl, სილვინი KCl და სხვ. თუ შეერთებად ატომებს ელექტროუარყოფითობის დაახლოებული ან ტოლი მნიშვნელობები აქვს, მაშინ მაკავშირებელი ელექტრონები ამ ატომთა ბირთვების მიმართ სიმეტრიულად განლაგდება. წარმოიქმნება კოვალენტური ან ჰომეოპოლარული კავშირი. კოვალენტურკავშირიან მინერალებს მიეკუთვნება კვარცი, ალმასი და სხვა. ეს მინერალები დიდი სისალითა და ძნელდნობადობით (დნობის მაღალი ტემპერატურით) გამოირჩევა.

ლითონების სივრცულ მესერში მხოლოდ დადებითი იონებია.

ვალენტური ელექტრონები თავისი ატომებისაგან დაშორებულია და ერთი იონიდან მეორეში ადვილად გადადის. ასეთი ტიპის კავშირს ლითონური ეწოდება (თვითნაბადი ოქრო. სპილენძი და სხვ.). თუ კრისტალის მესერი ატომებისაგან კი არა ნეიტრალური მოლეკულებისაგან არის წარმოქმნილი, მაშინ მათ შორის კავშირი დამყარებულია მიზიდულობის ელექტროსტატიკურ ძალებზე, რომლებიც ურთიერთმოქმედ მოლეკულათა პოლარიზაციის შედეგად წარმოიშობა. ასეთ კავშირს მოლეკულური კავშირი ეწოდება და ყველაზე სუსტს მიეკუთვნება. პოლიკრისტალური აგრეგატების თვისებები დამოკიდებულია როგორც თითოეული კრისტალის შიგა კავშირზე, ასევე

აგრეგატის შემადგენელ კრისტალებს შორის შეჭიდულობის ძალებზეც. ეს ძალები ხშირად შიგაკრისტალურზე მცირეა და სიდიდით მოლეკულურს უახლოვდება.

მონოკრისტალების თვისებები იმაზეა დამოკიდებული, თუ რომელი მიმართულებით ვახდენთ გაზომვას, ამიტომ ისინი ხასიათდება ანიზოტროპიით.

აგრეგატებში კრისტალები, ჩვეულებრივ, არაორიენტირებულნი და უწესრიგოდ განლაგებულნი არიან, ამიტომ პოლიკრისტალური მინერალური აგრეგატი მთლიანად იზოტროპულია.

კრისტალურ აგრეგატებს ნაირგვარი მაკროსტრუქტურა აქვს, რომელიც მნიშვნელოვანწილად მათ თვისებებს განსაზღვრავს. მაკროსტრუქტურა კრისტალების ზომითა და ურთიერთგანლაგებით ხასიათდება. ფართოდ გავრცელებულია მარცვლოვანი, სხივური, ბოჭკოვანი და სხვა მინერალური აგრეგატები. მინერალების დამახასიათებელი ნიშანია აგრეთვე ტკეჩვადობა, ანუ ბრტყელ კრიალა ზედაპირზე გაპობის უნარი. ტკეჩვადობის მოვლენა იმის შედეგია, რომ მინერალებში გარკვეული მიმართულებით ნაწილაკთა შეჭიდულობის ძალები შესუსტებულია. მაგალითად, ქარსს სრულყოფილი ტკეჩვადობა ახასიათებს. ასეთი მინერალებით აგებული აგრეგატები ანიზოტროპიულია. მრავალ მინერალს: კვარცს, ძოწს (გრანატს), პირიტს და სხვას ტკეჩვადობა არ გააჩნია.

ქიმიური შედგენილობის მიხედვით მინერალები, ჩვეულებრივ, შემდეგ ჯგუფებად იყოფა:

თვითნაბადი ელემენტები (ოქრო, ვერცხლი, დარიშხანი, გოგირდი, სტიბიუმი, ალმასი);

სულფიდები (ქალკოზინი Cu_2S , სფალერიტი ZnS , სინგური HgS , პირიტი FeS_2);

ჟანგები (კუპრიტი Cu_2O , კორუნდი Al_2O_3 , ჰემატიტი Fe_2O_3 , კვარცი SiO_2);

სილიკატები (ოლივინი $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$, ტალკი $Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$,

მუსკოვიტი $KA_1_2(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$, ბიოტიტი $K(MgFe)_3(OH)_2(AlSi_3O_{16})$,

სერპენტინი $Mg_3(OH)_4[Si_2O_3]$, კაოლინიტი $Al_2(OH)_4[Si_2O_5]$, კალიუმის

მინდვრის შპატები $K[AlSi_3O_8]$);

ჟანგბადის მჟავათა მარილები (სულფატები, ვოლ-

ფრამატები, კარბონატები და სხვა (ანჰიდრიტი CaSO_4 , ბარიტი BaSO_4
შეელითი COWO_4 , კალციტი CaCO_3).

ჰალოიდური ნაერთები (ფლორიტი CaF_2 , ჰალიტი
 NaCl , სილვინი KCl).

გარდა ამისა, მინერალებს მათი გენეზისის (წარმოშობის) მიხედვითაც აჯგუფებენ. განასხვავებენ მაგმაგენურ მინერალებს, რომლებიც უშუალოდ მაგმიდან და აგრეთვე მაგმაგენური ცხელი ხსნარებიდან გამოიყოფიან; ეგზოგენურ (დანალექ) მინერალებს, რომლებიც დედამიწის ზედაპირთან ახლოს გამოფიტვის აგენტების (წყლის, ჰაერის, მჟავების და სხვა) მონაწილეობით წარმოიშვნენ, და მეტამორფულ მინერალებს, რომლებიც სხვა მინერალთა სახეცვლილების შედეგად დიდ სიღრმეზე წარმოიქმნენ. აღსანიშნავია, რომ ერთსა და იმავე მინერალს ხშირად შეუძლია სხვადასხვა პირობებში წარმოიქმნას, მაგალითად, ქარსი შეიძლება მაგმაგენურიც იყოს და მეტამორფულიც.

1.2. ქანები—მინერალების აგრეგატები

ქანები მინერალების აგრეგატია და მეტ-ნაკლებად მუდმივი შედგენილობით გამოირჩევიან. ქანების მასივები დამოუკიდებელ გეოლოგიურ სხეულებს წარმოქმნიან. მინერალი თუ ელემენტების ქიმიური ნაერთია, ქანი—მინერალების მექანიკური ნაერთია. სწორედ აღნიშნულ გარემოებასთან არის დაკავშირებული მინერალებისა და ქანების თვისებათა შესწავლის თავისებურებანი. მინერალების თვისებები მათი ქიმიური შედგენილობისა და კრისტალური მესრის აგებულების ფუნქციაა. ქანების თვისებები კი, უწინარეს ყოვლისა, მინერალურ შედგენილობასა და მაკროაგებულებაზეა (სტრუქტურულ-ტექსტურულ ნიშნებზე) დამოკიდებული, პროცენტობით გამოსახულ სხვადასხვა მინერალების შემცველობას ეწოდება ქანის რაოდენობრივი მინერალური შედგენილობა, რომელიც ქანის ერთ—ერთი ძირითადი განმსაზღვრელი ნიშანთვისებაა.

იმის მიხედვით, თუ როგორი ხასიათისაა ცალკეულ მარცვალთა შორის კავშირი, ქანების შემდეგ ტიპებს ასხვავებენ:

ფ ხ ვ ი ე რ ი ქ ა ნ ე ბ ი –სხვადასხვა მინერალთა ან ერთი მინერალის ურთიერთშორის დაუკავშირებელი მარცვლების მარტივი მექანიკური ნარევი (ქვიშა, ხრეში, კენჭნარი),

ბ მ უ ლ ი (თიხოვანი) ქ ა ნ ე ბ ი – ნაწილაკთა შორის კავშირი წყალკოლოიდურია. წყლით გაჟღენთვისას ამ ქანებს მაღალი პლასტიკურობა ახასიათებს, რაც მათი განმასხვავებელი თავისებურებაა. ამ ჯგუფს უმთავრესად ქიმიური გამოფიტვის პროდუქტები (თიხა, თიხნარი, ბოქსიტი) მიეკუთვნება.

მ ყ ა რ ი (კლდოვანი) ქ ა ნ ე ბ ი –მინერალთა ნაწილაკებს შორის კავშირი ხისტია და დრეკადი (ქვიშაქვები, გრანიტები, დიაბაზები, გნეისები). კლდოვან ქანებში მინერალთა მარცვლების ურთიერთკავშირი ყველაზე უფრო მაღალი სიმტკიცით გამოირჩევა.

ქანის აგებულების უმნიშვნელოვანესი ნიშან=თვისება მისი სტრუქტურა და ტექსტურაა.

სტრუქტურა გულისხმობს ამორფულ ან კრისტალურ აგებულებას, მინერალების მარცვალთა ზომას, ფორმას და ურთიერთკავშირის ხასიათს.

ტექსტურა გულისხმობს ქანის სტრუქტურულად ერთნაირი ტიპის ნაწილაკთა ურთიერთგანლაგებას.

ქანების ტექსტურის უმნიშვნელოვანესი ტიპებია:

მ ა ს ი უ რ ი –ქანის ნაწილაკები არაორიენტირებულია და ერთმანეთს მჭიდროდ ეკვრის;

ფ ო რ ო ვ ა ნ ი –ქანის ნაწილაკები მჭიდროდ არ ეკვრის ერთმანეთს, მათ შორის მრავალი მიკროსიცარიელა;

შ რ ე უ ლ ი –ქანის ნაწილაკები ერთმანეთს ენაცვლება, დაფენებასა და დაშრევენებას ქმნის.

თითოეულ ქანს თავისი სახელწოდება აქვს, რაც, ჩვეულებრივ, მის მინერალურ შედგენილობასა და აგებულებაზე საერთო წარმოდგენას გვაძლევს. მაგალითად გრანიტი არის ქანი, რომელიც, ძირითადად, მინდვრის შპატის, კვარცისა (25-30%) და ქარსისაგან

(5-10%) შედგება. თუ კვარცის შემცველობა 25% ზე ნაკლებია, ქარსის შემცველობა 15=ს აღწევს, ხოლო თუ კალიუმის მინდვრის შპატი შენაცვლებულია პლაგიოკლაზით, მაშინ

ასეთ ქანს გრანდიორიტი ეწოდება, მაგრამ, თუ ზემოაღნიშნული მინერალური შედგენილობის ქანი პორფირისებრი სტრუქტურისაა (მინდვრის შპატის მსხვილი გამონაყოფები აქვს), მას უკვე გრანიტული პორფირი ეწოდება.

მინერალ კალციტისაგან შედგენილ დანალექ ქანს კირქვა ეწოდება, დოლომიტისაგან შედგენილს—დოლომიტი, ხოლო შერეული შედგენილობის ქანს—გადოლომიტებული კირქვა (როდესაც კალციტის რაოდენობა ჭარბობს).

ამრიგად, ქანიდან ქანში გადასვლა თანდათანობით ხდება, ცალკეულ ტიპებს შორის მკვეთრი საზღვარი ხშირად არ არსებობს, ეს გარემოება კი მეტად აძნელებს ქანების ყველა ნაირსახეობის ფიზიკური თვისებების შესწავლას და განზოგადობას. ცხადია, რომ მხოლოდ სახელწოდების მიხედვით ქანის თვისებათა განსჯა შეუძლებელია. ფიზიკური თვისებების პროგნოზისათვის აუცილებელია ქანის მინერალური შედგენილობისა და აგებულების ზუსტი ცოდნა.

როგორც მინერალური შედგენილობა, ისე აღნაგობა დამოკიდებულია ქანის წარმოშობაზე (გენეზისზე) და მისი არსებობის მთელი პერიოდის განმავლობაში სხვადასხვა გარეშე ფაქტორების ზემოქმედებაზე (მიწის ქერქის მოძრაობა, წყლისა და ქარის მოქმედება, წნევა, ტემპერატურის ცვლილება).

ქანები მრავალაგრეგატიანი სხეულებია; ეს გარემოება განასხვავებს მათ ერთგვაროვანი ნაერთებისგან და კვლევასაც მეტად აძნელებს. მრავალაგრეგატიანობა ქანის მნიშვნელოვანი ფორიანობისა და ბზარიანობის შედეგია. ფორები და ბზარები ბუნებრივ პირობებში, ჩვეულებრივ, ამოვსებულია აირითა ან სითხით (ნაირგვარი მინერალიზაციის წყლით, ნავთობით და სხვ.). ასეთი ქანი შესაძლოა წარმოვიდგინოთ როგორც სამფაზიანი აგრეგატი: მყარი (მინერალური ჩონჩხი), თხიერი და აიროვანი. აღნიშნული ფაზების შედგენილობისა და თანაფარდობის მიხედვით ქანის თვისებები მნიშვნელოვნად იცვლება.

1.3. ქანთა მასივი

დედამიწის ქერქი შედგება ქანებისა და მინერალებისაგან. მისი ზედა სიზრქის ნაწილს, რომელსაც ადამიანი გამოიყენებს სხვადასხვა მიზნებისათვის (მოიპოვებს სასარგებლო წიაღისეულს, აშენებს სხვადასხვა დანიშნულების მიწისქვეშა ნაგებობებს და სხვა) სამთო ქანთა მასივებს უწოდებენ.

დედამიწის ქერქში ქანების განლაგების ელემენტარული სტრუქტურული ფორმების მორფოლოგიასა და გენეზისს სტრუქტურული გეოლოგია შეისწავლის.

განარჩევენ პირველად, ე.ი. ქანის ჩამოყალიბების პროცესში წარმოქმნილ სტრუქტურებს, და მეორეულ სტრუქტურებს, რომლებიც ძირითადად წარმოიქმნებიან ტექტონიკური პროცესების ზემოქმედებით.

პირველს განეკუთვნება შრე, ფენა, კონსედიმენტაციური ნაპრალები, განწევრება; მეორეს – ნაოჭი, სხვადასხვა ტიპის რღვევები (ნასხლეტი, შესხლეტვა, ნაწევი და სხვა).

ქანების მასივები სხვადასხვაგვარი აგებულებისაა. მასივი შეიძლება იყოს მთლიანი ან დისკრეტული, ერთგვაროვანი ან არაერთგვაროვანი, იზოტროპული ან ანიზოტროპული.

მასივის ამგები ქანები ერთმანეთს ენაცვლებიან სხვადასხვაგვარი თანმიმდევრობით და გააჩნიათ სხვადასხვა ფიზიკურ-მექნიკური თვისებები. დანალექი და მეტამორფული ქანებისაგან აგებული მასივები ხასიათდება შრეობრივი სტრუქტურებით.

ქანის მასივის შრეულობა დანალექი ქანების არაერთგვაროვნების განმეორებითობაა. თვით შრე შეიძლება შედგებოდეს რამდენიმე ფენისაგან. შრეობრიობა ხასიათდება დაქანებითა და განვრცობით.

ქანების შრეები და ფენები სხვადასხვა სისქისაა. ხშირად მათი სისქეები და თვისებები ცვალებადია განვრცობით და დაქანებით. იცვლება თვით ფენის დაქანებისა და განვრცობის პარამეტრები. ზოგჯერ იჭმუჭნება და იქმნება ნაოჭა სტრუქტურები. ტექტონიკური ზემოქმედების შედეგად წარმოიქმნება ტექტონიკური რღვევები და

ხდება შრეთა ურთიერთგადაადგილება. კირქვებისა და სხვადასხვა ხსნადი ქანების სტრუქტურებში წარმოიქმნებიან სიცარიელები, რომლებშიც ხშირად გროვდება წყალი.

მაგმური წარმოშობის ქანთა მასივის აგებულება დამოკიდებულია გამდნარი მასის მიერ მიწისქვეშა სივრცის შევსების პროცესების და კრისტალიზაციის თავისებურებებზე. მისი გაცივების შედეგად წარმოქმნილ ფორმებზე და გარე ზემოქმედების ხასიათზე.

1.4. ქანების ფიზიკური თვისებებისა და მათი განმსაზღვრელი ფაქტორების კლასიფიკაცია

ესა თუ ის ფიზიკური თვისება განსაზღვრავს ქანის სპეციფიკურ ქცევას ფიზიკური ველებით ზემოქმედების დროს. თვისება, ჩვეულებრივ, ხასიათდება რაოდენობრივი მაჩვენებლით, რაც ამ ზეგავლენის სიდიდეს გამოსახავს.

სამთო წარმოება და სამთო მეცნიერება სარგებლობს ქანების თვისებების ერთობლიობით, რომლებიც მიეკუთვნება ქანების მექანიკას, თერმოდინამიკას და ელექტროდინამიკას.

ცალკე გამოყოფენ ქანების ტექნოლოგიურ თვისებებს.

ქანების მექანიკას მიეკუთვნება ყველა ის თვისება, რომელიც ქანზე ძალების სტატიკური ან დინამიკური ზემოქმედების შედეგად გამოვლინდება. ზემოქმედების სიდიდითა და ხანგრძლივობის მიხედვით ამასთანავე შეიძლება გამოვლინდეს დრეკადობის, სიმტკიცისა და რეოლოგიური თვისებები.

ხშირი, ნიშანცვლადი დატვირთვა ქანში დრეკად რხევებს იწვევს. თვისებებს, რომლებიც ამ რხევების გადაცემის უნარს ახასიათებს, აკუსტიკურს უწოდებენ.

სითხეების და აირების სტატიკური ან დინამიკური ზემოქმედების დროს თავს იჩენს ქანის ჰიდრავლიკური და აირდინამიკური თვისებები, რომლებიც აგრეთვე მექანიკას მიეკუთვნება იმის გამო, რომ მექანიკა ფართო გაგებით მოიცავს ყველა იმ თვისებას,

რაც ქანზე ნებისმიერი ძალოვანი ველის (მყარი სხეულების, სითხეების, აირების) ზემოქმედების შედეგად გამოვლინდება.

თერმოდინამიკას მიეკუთვნება ყველა ის თვისება, რომელიც ქანზე სითბური ველის მოქმედებას განსაზღვრავს, ელექტროდინამიკას კი ის თვისებები, რომლებიც ქანზე ელექტრული და მაგნიტური ველების ან ელექტრომაგნიტური რხევების მოქმედების შედეგად გამოვლინდება.

ელექტროდინამიკას შეიძლება პირობითად მივაკუთვნოთ აგრეთვე რადიაციული თვისებები, რომლებიც ქანზე მიკრონაწილაკთა ნაკადის ან მნიშვნელოვანი სიხისტის ელექტრომაგნიტური ტალღების (რენტგენული, გამა სხივები) ზემოქმედებით გამოვლინდება.

ქანების ტექნოლოგიური თვისებებია: სისაღე, აბრაზიულობა, სიმაგრე, ბურღვადობა, ფეთქებადობა, სითბომედეგობა და სხვა პარამეტრები.

ამჟამად, ფართოდ იყენებენ თვისებათა სამ ჯგუფს: მექანიკურს, თერმულსა და ელექტრულს. ისინი შეესაბამება ქანზე ზემოქმედების სამ ძირითად წესს და თანამედროვე წარმოებაში გაბატონებულ ენერჯის სამ სახეობას.

1.5. ქანების თვისებებზე შიგა და გარე ფაქტორების გავლენა

მინერალური შედგენილობა და აღნაგობა საწყისი ფაქტორებია, რომლებზეც ქანის ფიზიკური თვისებებია დამოკიდებული ეს ფაქტორები განუყრელად დაკავშირებულია ქანთან, მისთვის ნიშანდობლივია და ამიტომ შიგა ფაქტორები ეწოდება. ქანის თვისებებზე გავლენას ახდენს აგრეთვე გახურება, წნევა, დატენიანება, ელექტრული და მაგნიტური ველების არსებობა და სხვ. ეს ფაქტორები დაკავშირებულია ქანზე გარემოს ზემოქმედებასთან და ამიტომ გარე ფაქტორები ეწოდება. მათ განასხვავებენ ქანზე მოქმედი ნივთიერი ან ენერგეტიკული ველების ნიშნით: მექანიკური (წნევა), სითბური (ტემპერატურა), ელექტრული და მაგნიტური, ნივთიერი (გარემო, სითხით ან აირით გაჟღენთა, უცხო მინარევი) ველებით.

ქანის ყველა თვისება ერთნაირად არ იცვლება მინერალური შედგენილობისა და აღნაგობის ცვალებადობით. მინერალური შედგენილობის ცვლილება ყველაზე უფრო

მეტ გავლენას ახდენს სტატისტიკურ, დაგროვებითი ხასიათის მაჩვენებლებზე (კუთრი წონა, სითბოტევადობა, დიელექტრიკული და მაგნიტური შეღწეელობა), აღნაგობის ცვლილების მიმართ გრძნობიერებას ამჟღავნებს თვისებები, რომლებიც თავს იჩენს დინამიკურ პროცესში, ქანის ერთი ნაწილიდან მეორეში ენერჯის გადაცემის დროს. ასეთ თვისებებს მიეკუთვნება დრეკადობის, სიმტკიცის და სხვა მაჩვენებლები.

იმისათვის, რომ ქანის თვისებები გამოვიკვლიოთ და პრაქტიკულად გამოვიყენოთ, უწინარეს ყოვლისა, უნდა ვიცოდეთ მინერალური შედგენილობისაგან ამ თვისებების მკაფიო რაოდენობრივი დამოკიდებულება.

მინერალური შედგენილობის გავლენა ყველაზე სრულადაა შესწავლილი მკვრივი, მცირეფორებიანი, ტოლმარცვლოვანი ქანებისათვის, ასეთი ქანის ფიზიკური თვისებები შეიძლება გავუთანაბროთ შემადგენელ მინერალთა სტატისტიკური ნარევის თვისებებს.

ქანის თვისებებს ყველა მინერალი ერთნაირად როდი ცვლის. თუ ქანის შემადგენელი მინერალები ერთმანეთისაგან მცირედ განსხვავდება, მაშინ მათი სხვადასხვაგვარი თანაფარდობა ქანის თვისებებზე პრაქტიკულად გავლენას არ ახდენს. პირუკუ: თუ ერთ-ერთი შემადგენელი მინერალი დანარჩენებისაგან მკვეთრად განსხვავდება, მაშინ მისი შემცველობა ქანის თვისებებზე საგრძნობ გავლენას მოახდენს.

აღნიშნულის გამო შეგვიძლია ზოგიერთი მინერალი ჯგუფებში გავაერთიანოთ, თუ ჯგუფის ფარგლებში მათი თვისებები დაახლოებით ერთნაირია ამასთანავე შესაძლოა გამოვყოთ ერთი წამყვანი მინერალი და მისი საპირისპირო თვისებების მინერალი. ამ მინერალთა შეხამების კვალობაზე შეგვიძლია პრაქტიკულად საკმარისი სიზუსტით ვიმსჯელოთ ქანის ძირითად თვისებებზე. თუ გავითვალისწინებთ შესწორებებს მისი აღნაგობის თავისებურებათა გამო. მინერალებს შეიძლება დაახლოებით ერთნაირი მექანიკური თვისებები ჰქონდეს. მაგრამ ელექტრული ან სითბური თვისებების მიხედვით მკვეთრად განსხვავდებოდეს' ამიტომ მინერალი, რომელიც, მაგალითად, ელექტროგამტარობის სიდიდეს განსაზღვრავს, ქანის სიმტკიცეს ყოველთვის როდი დაახასიათებს. მინერალების ჯგუფებში გაერთიანებისას აღნიშნული გარემოება მხედველობაში უნდა გვქონდეს.

ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ მინერალური შედგენილობა დამოუკიდებლად როდი განსაზღვრავს ქანის თვისებათა უმრავლესობას და რომ იგი ქანის აღნაგობის მაჩვენებლებთან ერთად უნდა განვიხილოთ.

ცხადია, სამთო საქმესა და გეოიჟინერიაში აღნაგობის მრავალი ჯგუფის გამოყოფა არც არის აუცილებელი, ვინაიდან პრაქტიკული მნიშვნელობა მხოლოდ იმ ჯგუფს აქვს, რომელსაც ქანის ფიზიკური თვისებების შეცვლის უნარი შესწევს. ასეთ მაჩვენებლებს მიეკუთვნება: მარცვლების ზომა, ფორმა, ორიენტირება და ერთგვაროვნება, ამორფულობა, შრიანობა, ფორიანობა.

გარდა ამისა, ქანის თვისებებზე გავლენას ახდენს მექანიკური მდგომარეობაც- გამოფიტულობა, ბზარიანობა, განაწევრი, კლივაჟი. ქანის გამოფიტულობა თავს იჩენს მინერალური შედგენილობის შეცვლაში (კაოლინიზაცია) ან ფორიანობის, ბზარიანობის გადიდებაში.

მიახლოებით შესაძლებელია მიკრობზარიანობის გაიგივება ფორიანობასთან. მაშინ, აღნაგობის ზემოჩამოთვლილ პარამეტრებს რაოდენობრივი მაჩვენებლებით იოლად შევაფასებთ. მაგალითად, შრიანობას განვსაზღვრავთ ქანის მოცულობის ერთეულში შუაშრეების რაოდენობით და ა. შ. გამონაკლისს შეადგენს ისეთი პარამეტრები,

როგორც არის მარცვლების, შრეების, ჭორებისა და მატრიცის ფორმა, ქანის ნაწილაკთა ურთიერთკავშირის ხასიათი და სხვა .

მარცვლების ზომისაგან ქანის თვისებების დამოკიდებულება განისაზღვრება კონტაქტის ფართობის ცვალებადობით. იმავე დროს მარცვლების კონტაქტთა თვისებები პრაქტიკულად ყოველთვის განსხვავდება მარცვალშიგა ნივთიერების თვისებებისაგან.

ნალექი და მეტამორფული ქანების შრიანობა განსაზღვრავს მათ ანიზოტროპიულობას. შრიანობის გასწვრივ და განივ განსაზღვრული თვისებები, ჩვეულებრივ, ერთმანეთისაგან საკმაოდ განსხვავდება, ამის მიზეზია შუაშრეების განსხვავებული თვისებები და აგრეთვე ცალკეულ შრეში და კონტაქტებზე ნაწილაკთა ურთიერთკავშირის განსხვავებული ძალები.

შრიანი ქანების ანიზოტროპიულობას ახასიათებენ ანიზოტროპიულობის კოეფიციენტით, რომელსაც გამოითვლიან ფორმულით:

$$k_s = \frac{X_{II}}{X_T},$$

სადაც X_{II} თვისებათა მნიშვნელობაა დაფენებით;

X_T – თვისებათა მნიშვნელობა დაფენების პერპენდიკულარულად.

ანიზოტროპიულია აგრეთვე მინერალები და ქანები, რომლებსაც განსხვავებული შედგენილობის შრეები არა აქვს, მაგრამ გამოირჩევა ტკეჩვადობით (ქარსი), კლივაჟით. ფიქლოვნებით, მიმართული ბზარიანობით (ანტრაციტი). ყველა ამ შემთხვევაში ქანში ჩნდება დასუსტების ორიენტაციული სიბრტყეები, რომელთა გასწვრივ და განივ განსაზღვრული მაჩვენებლები განსხვავებულია.

ქანის ფიზიკურ თვისებებზე დიდ გავლენას ახდენს ფორიანობა. მშრალი ფორიანი ქანი შედგება მინერალური ჩონჩხისა და ჰაერისაგან, რითაც ფორებია ამოვსებული. ჰაერის ფიზიკური პარამეტრები, გარდა კუთრი სითბოტევადობისა (უდრის 1 კჯ/კგ, გრად), ან ნულის ტოლია, ან მას უახლოვდება.

ჰაერი ფორებში ენერგიის ყოველნაირ სახეობას ძალიან ცუდად გადასცემს. აღნიშნულის გამო, ქანში ენერგიის გადაცემა მხოლოდ მინერალური ჩონჩხით ხდება. ფორიანობის (P) გადიდებით ენერგიის გადამცემ არხთა ფართობი მცირდება, მაშასადამე, მცირდება ენერგიის გადაცემასთან დაკავშირებული პარამეტრების მნიშვნელობებიც. მეორე მხრივ, ფორიანობა ადიდება არხთა რაოდენობას, რომლებითაც ნივთიერების (სითხის, აირის) გადაცემა ხდება, აქ ფორიანობა ქანის აღნაგობათა სახეობის როლშია და მხოლოდ მაშინ, როდესაც საქმე გვაქვს დაგროვებასთან დაკავშირებულ თვისებებთან (მაგალითად, სითბოტევადობა), ჰაერით შევსებული ფორები ქანის შედგენილობის მაჩვენებლად გვევლინება.

ფორიანობის გადიდებით ქანების მაჩვენებელთა მნიშვნელობა ერთმანეთს უახლოვდება, მიუხედავად საწყის მნიშვნელობათა განსხვავებებისა, ე. ი ფორიანობის გადიდებით ქანის თვისებებზე მინერალური შედგენილობის გავლენა მცირდება. როდესაც P მაჩვენებლის მნიშვნელობა ნულს უახლოვდება, ქანის თვისებებზე ფორიანობის გავლენა უსასრულოდ მცირდება.

ვინაიდან თვისებები, გარდა ფორების ფარდობითი მოცულობისა, მათ ფორმასა და ქანში გავრცელების ხასიათზეც არის დამოკიდებული, ამიტომ ქანის თვისებებისა და ფორიანობის პირდაპირი ფუნქციური ურთიერთდამოკიდებულება ჯერ კიდევ არ არის დადგენილი.

თუ ქანს მატრიცული აღნაგობა აქვს, ე. ი ერთ=ერთი რომელიმე მინერალისაგან შექმნილია ჩონჩხედი, დანარჩენები კი მასშია ჩართული, მაშინ ქანის თვისება ძირითადად მატრიცის მინერალთა თვისებებით განისაზღვრება, ვინაიდან იგი დატვირთვას იღებს და ძაბვებსა ან ენერგიას გადასცემს. მატრიცა შეიძლება იყოს ერთგვაროვანი მინერალი, მრავალმინერალური მკვრივი ჩონჩხი, მინისებრი მასა ან სხვადასხვაგვარი ცემენტი.

ქანის თვისებებზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ გარე ფაქტორები. ნივთიერი ველი უფრო ხშირად სხვადასხვაგვარი სითხეა (წყალი, ნავთობი) და აირი, რომლებითაც ამოვსებულია ქანის ფორები, ბზარები და სიცარიელები.

ქანის თვისებებზე ნივთიერი ველის გავლენა თავს იჩენს ორი მიმართულებით: ჯერ ერთი, როგორც ქანის შემადგენელი ნაწილი, მეორეც, იგი აქტიური ფიზიკურ=ქიმიური გარემოა, რაც მინერალურ ჩონჩხზე ზემოქმედებას ახდენს.

პირველ შემთხვევაში ქანის თვისებები განისაზღვრება, როგორც მინერალური ჩონჩხის, სითხეებისა და აირების თვისებათა ინტეგრალური მაჩვენებელი; მეორე შემთხვევაში თვისებები გარე ნივთიერი ველისა და ქანის ურთიერთქმედების ფუნქციაც ხდება. აღნიშნულის გამო, გაჟღენთვისას ქანის თვისებები შეიძლება სხვადასხვა მიმართულებით შეიცვალოს. მექანიკური ველი (წნევა) აგრეთვე ცვლის ქანის თვისებებს. აღნიშნულის მიზეზია დატვირთვისაგან ქანის გამკვრივება, ფორების თელვა, მარცვლების კონტაქტთა ფართობისა და, მაშასადამე, ძაბვისა და ენერგიის გადამცემი არხების გადიდება წნევის გადიდების გამო ყველა დინამიკური მაჩვენებლის (სიმტკიცე, დრეკადობა, სითბოგამტარობა და სხვა) ზრდას.

წნევა სხვადასხვაგვარია—ერთღერძული, ორღერძული, ყოველმხრივი თანაბარი (ჰიდროსტატიკური), ყოველმხრივი უთანაბრო და სხვა. წნევის ხასიათის მიხედვით იცვლება თვისებებიც, ვინაიდან შეკუმშული ქანის მოცულობაში მინერალური

მარცვლების სხვადასხვაგვარი გადანაწილება ხდება. ქანი ყველაზე უფრო მეტად ჰიდროსტატიკური წნევის დროს მკვრივდება, დიდ სიღრმეზე კი ქანი სწორედ ასეთ პირობებშია.

ძლიერ დიდი წნევის პირობებში ქანის მარტო მიკროსტრუქტურის გარდაქმნა (გამკვრივება) კი არა ხდება, ატომებისა და იონების შიგა პოტენციალიც იზრდება, რაც, თავის მხრივ, ქანის თვისებებზე დიდ გავლენას ახდენს. სითბური ველი ქანის თვისებებს ცვლის იმ სხვადასხვაგვარი თერმოდინამიკური პროცესების გამო, რაც მასში ტემპერატურის აწევისას ხდება.

ტემპერატურის აწევა კრისტალურ მესერში აძლიერებს ნაწილაკთა რხევების ამპლიტუდას და შესაბამისად მათ ურთიერთკავშირს ასუსტებს, აადვილებს მესრის კვანძებიდან იონების მოწყვეტას; ზოგიერთი მინერალის კრისტალურ მესერში იწვევს გადანაცვლებას (პოლიმორფულ გარდაქმნებს); ცალკეული მინერალის განსხვავებული სითბური გაფართოების გამო იწვევს შიგა თერმულ ძაბვებს, ცალკეული მინერალისა და ქანის შეცხოვას, დაშლას, დნობას, აქროლებას, აორთქლებას.

დაბალი ტემპერატურა აგრეთვე ცვლის ქანების შიგა აღნაგობასა და ცალკეულ ნაწილაკთა ურთიერთკავშირის ძალებს, ამრიგად, სითბური ზემოქმედება ქანის თვისებებს მრავალნაირად ცვლის.

ქანის ელექტრონაგნიტურ თვისებებზე ყველაზე უფრო დიდ გავლენას ახდენს ელექტრული, მაგნიტური და ელექტრულ-მაგნიტური ველების დამაბულობა და სიხშირე. ეს გარემოება აიხსნება ქანის ნაწილაკებზე ენერგეტიკული ზეგავლენით, რის შედეგად ხდება მათი ელექტრული და მაგნიტური ორიენტაცია (პოლარიზაცია და დამაგნიტება), ელექტრონების, და იონების აგზნება და ა.შ. ელექტრული და მაგნიტური ველების ზემოქმედებით ნაწილაკების გადანაცვლება ქანის სითბური და მექანიკური პარამეტრების ცვლილებასაც იწვევს.

ბუნებრივ პირობებში ყველნაირი ქანი შეიძლება განიცდიდეს ზემოხსენებული ველების ზეგავლენას.

პრაქტიკულად ყველა ქანი მეტ-ნაკლებად ტენიანია, მასივში არსებობს სამთო წნევა, რაც ზემდებარე შრეების წონითა და გვერდითი ქანების დაწოლით არის გამოწვეული.

გარდა ამისა, დიდ სიღრმეზე ტემპერატურა მატულობს. წარმოიშობა აგრეთვე ბუნებრივი ელექტრული და მაგნიტური ველები.

გარე ფაქტორები მარტო თვისებების რაოდენობრივ ცვლილებებზე კი არა, თვით ქანების ხარისხობრივ ცვლილებებზეც მოქმედებს. დედამიწის ქერქის მოძრაობის, ქარისა და წყლის მოქმედების, ტემპერატურის ცვალებადობისა და სხვათა შედეგად ქანები ან გამოიფიტება, ფორიანი, ფხვიერი ხდება, ან განმტკიცდება.

1.6. ქანების სპეციალური ტექნოლოგიური მაჩვენებლები

სამთო საქმესა და გეოინჟინერიაში ხშირად ქანების ფიზიკური თვისებების ნაცვლად იყენებენ ცდისეულ მაჩვენებლებს, რომლებიც იარაღისა ან ტექნოლოგიური პროცესის ზემოქმედების დროს ქანის ქცევას ახასიათებს.

ქანების სიმაგრე ყველაზე ფართოდ გავრცელებული სამთო-ტექნოლოგიური პარამეტრია. ეს მაჩვენებელი ახასიათებს ქანების რღვევისადმი ფარდობით წინააღობას, მიუხედავად იმისა, თუ მოსანგრევად რა სახის მანქანები და მექანიზმები გამოიყენება.

პროფ. მ. პროტოდიაკონოვმა შექმნა ქანების კლასიფიკაცია სიმაგრის კოეფიციენტის მიხედვით, რომელიც გამოითვლება ფორმულით:

$$f = \frac{6_3}{100}$$

აღმოჩნდა, რომ ამ მაჩვენებელსა და ქანების მექანიკური რღვევის ყველა სახეობას შორის კარგი კორელაციური კავშირი არსებობს. აღნიშნულის გამო პროფ. მ. პროტოდიაკონოვის კლასიფიკაცია სამთო საქმეში დღესაც ფართოდ გამოიყენება.

ამჟამად სიმაგრის კოეფიციენტის მიხედვით შეარჩევენ საბადოთა დამუშავების თითქმის ყველა მექანიკურ საშუალებას, გამოიანგარიშებენ სამთო გვირაბების მდგრადობას, სამაგრის სახეობას და სხვ.

მ.პროტოდიაკონოვის კლასიფიკაციის მიხედვით ყველა ქანი დაყოფილია 10 კატეგორიად. პირველი კატეგორია შეესაბამება სიმაგრის უმაღლეს ხარისხს (ყველაზე

უფრო მკვრივი და მაგარი ბაზალტები, კვარციტები და სხვა ქანები), მეათე-ყველაზე უფრო სუსტ მცურავ ქანებს. სიმაგრის კოეფიციენტის მაქსიმალური მნიშვნელობა 20-ის ტოლია.

ამრიგად, პრაქტიკულ გამოთვლებში სიმაგრე ცვლის სრულიად გარკვეულ ფიზიკურ პარამეტრს—ქანების სიმტკიცის ზღვარს კუმშვისას. აღსანიშნავია, რომ ა. პროტოდიაკონოვის კლასიფიკაცია შექმნილია ქანებზე ძალოვანი (გრავიტაციული, ტექტონიკური და სხვა) ველების ზემოქმედების შედეგად გამოწვეული რღვევის პროცესებისათვის და ამიტომ იგი არ გამოიყენება ქანებზე ზემოქმედების ფიზიკური მეთოდების გამოსაანგარიშებლად.

ქანების სისაღე - მეორე ტექნოლოგიური პარამეტრია. იგი ახასიათებს ქანის ქცევას რთული დამაბული მდგომარეობის დროს და იარაღის ჩანერგვისადმი ქანის წინაღობას განსაზღვრავს. მინერალების სისაღე მოოსის სკალით განისაზღვრება, რომელშიც 10 ეტალონური მინერალი ისეა განლაგებული, რომ ყოველი მომდევნო წინას ფხაჭნის. უდაბლესი სისაღე აღნიშნული სკალის მიხედვით ერთს (ტალკი) შეესაბამება, უმაღლესი—ათს (ალმასი) **(იხ.დანართის XVI ცხრილი)**.

იმის მიხედვით, თუ როგორ ხდება ქანში იარაღის ჩანერგვა- დატვირთვის თანდათანობით გაზრდით, თუ დარტყმით, განასხვავებენ სტატიკურ სისაღეს H_s და დინამიკურ სისაღეს H_d , თანაც $H_s \neq H_d$.

პლასტიკური ქანების სტატიკური სისაღის განსაზღვრა შეიძლება ლითონების გამოსაცდელი მეთოდებითაც—ბრინელის (ნიმუშში ფოლადის ნაწრთობი ბურთულას ჩაწნევა), ვიკერსის (ალმასის პირამიდის ჩაწნევა), როკველის (ბუნიკის ჩაწნევა ორი თანმიმდევრულად მოდებული დატვირთვის ზემოქმედებით) და სხვ.

სისაღის კრიტერიუმად სხვადასხვა მეთოდიკაში სხვადასხვანაირი მაჩვენებელია მიღებული. მაგალითად, ბრინელის მეთოდიკით სისაღე ხასიათდება მოდებული დატვირთვის შეფარდებით ნიმუშზე მიღებული ანაბეჭდის დიამეტრთან, ხოლო როკველის მეთოდიკით—ბუნიკის ჩანერგვის სიღრმით.

ქანების სისალის განსაზღვრისათვის გამოიყენება მეთოდები, რომლებიც სპეციალურ ტვიფრზე მოდებული დატვირთვის ზემოქმედებით ქანის ზედაპირიდან ღრმულის მყიფე ამოტეხაზეა დაფუძნებული.

თუ ცდის პროცესში დეფორმაცია იზომება, შეიძლება იუნგის მოდულიც განისაზღვროს. მოხერხებულია ე. წ. კონტაქტური სიმტკიცის მეთოდი, რომელიც შემუშავებულია ი. სკოჩინსკის სახ. სამთო საქმის ინსტიტუტში.

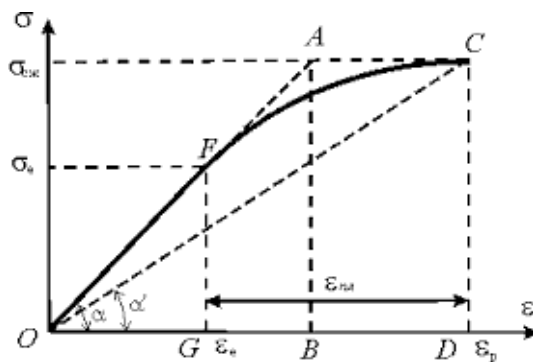
აღნიშნული მეთოდი ითვალისწინებს 2-3 მმ დიამეტრის ბრტყელფუძიანი ცილინდრული ტვიფრის ჩაწნევას ნიმუშის გაუპრიალებელ ზედაპირში. კონტაქტური სიმტკიცის მნიშვნელობას განსაზღვრავენ მყიფე რღვევის მომენტში (ტვიფრის ქვეშ ღრმულის ამოტეხის მომენტი) დატვირთვის სიდიდის შეფარდებით ტვიფრის ბრტყელი ფუძის ფართობთან (იხ' დანართის XVII ცხრილი)¹

დინამიკური სისალის განსაზღვრა შეიძლება შორის მეთოდით. ფიზიკური არსი ამ მეთოდისა ის არის, რომ გამოსაცდელი ქანის ზედაპირზე გარკვეული სიმაღლიდან საცემს ჩამოაგდებენ, რომელსაც აღმასის სფერული ბუნიკი აქვს. სისალის მაჩვენებლად მიღებულია საცემის უკუსხლეტის სიმაღლე. დინამიკური სისალის აღნიშნული მაჩვენებელი საკმაოდ უახლოვდება დრეკადობის პარამეტრებს, ვინაიდან ამ უკანასკნელთა საზომად ზოგჯერ იღებენ უკუსხლეტის კოეფიციენტს, რომელსაც ტარხოვის სკლეროსკოპით განსაზღვრავენ.

ქანის სიმყიფის დასახასიათებლად არსებობს სიმყიფის კოეფიციენტი, რომელიც გამოსახება საკუთრივ დრეკად არეში დეფორმაციის მუშაობის შეფარდებით ნიმუშის დარღვევამდე დახარჯულ საერთო მუშაობასთან.

$$k = \frac{\text{ფართ.OFG}}{\text{ფართ.OCD}}$$

ორივე სახეობის მუშაობათა სიდიდე გრაფიკულად სათანადო ფართობებით განისაზღვრება (ნახ. 1. 1.).



ნახ.1.1.1. OA და OC პუნქტირებით ნაჩვენებია ექსპერიმენტული OFC მრუდის აპროქსიმაციის ვარიანტები.

–სიბლანტე ქანის წინალობაა იმ ძალებისადმი, რომლებიც მისი ნაწილაკების განცალკევებისკენ ისწრაფვის. სიბლანტეს განსაზღვრავს ქანის პლასტიკური თვისებები, კუმშვისა და გაჭიმვის სიმტკიცეთა ურთიერთშეფარდება და აგრეთვე ძვრაზე სიმტკიცის ზღვარი.

პრაქტიკული მიზნებისათვის სიბლანტის დასახასიათებლად იყენებენ ნებისმიერი ქანისა და კირქვის მასივიდან მოცილებისადმი წინალობათა შეფარდებას. ზოგიერთი ქანის სისალის, აბრაზიულობისა და სიბლანტის ფარდობითი მაჩვენებლები მოცემულია დანართის XVIII ცხრილში.

ქანის სიბლანტე გავლენას ახდენს ბურღვა-აფეთქების სამუშაოთა შედეგებზე, ამოსაღები მანქანების აღმასრულებელ ორგანოთა ჩანერგვის უნარზე და სხვა.

ხახუნის დროს იარაღის ცვეთის უნარი ქანის აბრაზიულობით ხასიათდება. აბრაზიულობის შეფასება ხდება ქანის მიერ მასალის ცვეთის მიხედვით.

აბრაზიულობას შემდეგნაირად იკვლევენ: ქანის გამოსაცდელ ნიმუშს მიაკვრავენ იმ მასალისაგან დამზადებულ მბრუნავ რგოლს, რომლის მიმართ ქანის აბრაზიულობის გარკვევა სურთ. რგოლს წონიან ცდის დასაწყისში და ბრუნვათა გარკვეული რაოდენობის შემდეგ. გამოიანგარიშებენ მასალის AV ცვეთას 1 მ მანძილზე. აბრაზიულობის კოეფიციენტს განსაზღვრავენ ფორმულით:

$$k = \frac{\Delta V}{F},$$

სადაც ΔV —ცვეთაა მანძილის ერთეულზე, $\text{სმ}^3/\text{მ}$;

F —ქანზე რგოლის მიჭერის ძალა, კგ.ძ.

ყველაზე უფრო აბრაზიულია პორფირიტები, დიორიტები, გრანიტები და კორუნდ-შემცველი ქანები .

სამთო საქმის პრაქტიკაში არსებობს ქანის რღვევადობის მაჩვენებლები, რომლებიც ამა თუ იმ პროცესით ზემოქმედების მიმართ მის წინააღმდეგობას ახასიათებს. რღვევადობის ყველაზე ზოგადი მაჩვენებელი, რომელიც გარკვეულ პროცესთან არ არის დაკავშირებული ქანების მსხვრევადობაა. იგი ქანის მრავალ მექანიკურ თვისებათა (მათ შორის დრეკადობის, სიმტკიცისა და პლასტიკურობის) განზოგადებული პარამეტრია.

მსხვრევადობა გამოსახავს დინამიკური დატვირთვის ზემოქმედებით ქანის დამსხვრევის ენერგიატევადობას და, როგორც კვლევებიდან ჩანს, რღვევის დინამიკურ მეთოდებთან უკეთესი კორელაციური კავშირი აქვს, ვიდრე კუმშვაზე სიმტკიცეს.

მსხვრევადობის განსაზღვრის თანამედროვე ლაბორატორიული მეთოდები დაფუძნებულია ქანის გარკვეული მოცულობის მსხვრევაზე დახარჯული კუთრი ენერგიის შეფასებაზე.

ბურღვადობა--საბურღი იარაღით რღვევისადმი ქანის წინააღმდეგობაა. იგი მოიცავს ქანის მექანიკურ პარამეტრებს (როგორც არის დრეკადი თვისებები - სიმტკიცე, პლასტიკურობა) და აგრეთვე ტექნოლოგიურ მაჩვენებლებს—სისაღეს და აბრაზიულობას.

ბურღვადობა ტექნოლოგიური პარამეტრია, რაც გულისხმობს სტანდარტულ პირობებში 1 წუთში გაბურღული შპურის სიგრძეს, ან პირუკუ—იმავე პირობებში 1 გრძივი მ შპურის გაბურღვაზე დახარჯულ სუფთა დროს. ბურღვადობა დამოკიდებულია საბურღი მოწყობილობის კონსტრუქციულ თავისებურებასა და მისი მუშაობის რეჟიმზე. ამიტომ ბურღვადობის მიხედვით ქანების ტექნოლოგიური

სკალის შედგენისას აუცილებელია სტანდარტული პირობების ზუსტი დაცვა: სტანდარტული შენადნობით დაარმატურებული გარკვეული იარაღი, შპურის გარკვეული დიამეტრი და მუშაობის რეჟიმი (შეკუმშული ჰაერის წნევა და სხვა).

ცხადია, რომ ბურღვადობის ასეთნაირად შექმნილი სკალა შეიძლება მხოლოდ გარკვეული საბურღი იარაღისადმი გამოიყენონ, ამიტომ ბურღვადობის სკალით სარგებლობენ მხოლოდ მიღებული ტიპის საბურღი დანადგარების საჭირო რაოდენობის გაანგარიშებისათვის, მათი მწარმოებლობის განსაზღვრისა და ბურღვის პროცესის ნორმირებისათვის.

ფეთქებადობა – ქანების აფეთქებისადმი წინაღობის ხარისხია და რაოდენობრივად გამოიხატება მასივში 1 მ³ ქანის დამსხვრევაზე ფეთქებადი ნივთიერების ხარჯით (ფეთქებადი ნივთიერების კუთრი ხარჯი).

ფეთქებადობა შეიცავს ქანის დრეკადობის (იუნგის დინამიკური მოდული), სიმტკიცის (გაჭიმვისა და ძვრის სიმტკიცის ზღვარი) და პლასტიკურ თვისებებს. მას იყენებენ საბადოთა დამუშავებისას ფეთქებადი ნივთიერების ხარჯის. დადგენის, ბურღვა აფეთქებითი სამუშაოების პასპორტის შედგენისა და ამფეთქებელთა შრომის ნორმირებისათვის.

ფეთქებადობის რაოდენობრივი მაჩვენებლები დამოკიდებულია როგორც ქანის თვისებებზე, ისე გამოყენებული ფეთქებადი ნივთიერების ტიპსა და ქანში მისი განლაგების წესზე, ამიტომ ქანების სკალის შექმნა ფეთქებადობის მიხედვით ყველა ამ პირობის ზუსტ მოწესრიგებას მოითხოვს.

პრაქტიკაში იყენებენ დარგობრივ სკალას, რომელშიც ქანები N9 ამონიტის კუთრი ხარჯის მიხედვით გაერთიანებულია 16 კატეგორიაში.

ქანების ჭრისადმი ან ახლეჩისადმი წინაღობას, ჩვეულებრივ, განსაზღვრავენ მრღვევი მექანიზმის (მჭრელი, ამხლეჩი) მუშაობის იმიტაციით. ამასთანავე ადგენენ მუშაობის ხარჯს, მონგრეული ქანის რაოდენობას და მისი დაწვრილმანების ხარისხს.

აღნიშნული ცდების საფუძველზე შექმნილია აგრეთვე ქანების შესაბამისი სკალები, მაგალითად, ჭრის კუთრი ძალვის მიხედვით (იხ. დანართის XXII ცხრილი)

რომელთა მეშვეობით ქანების დამუშავებისას შეარჩევენ საჭირო მექანიზმებს, განსაზღვრავენ მათ სიმძლავრეს, მწარმოებლობას და ადგენენ მუშათა შრომის ნორმას.

2. ქანების აკუსტიკა

თუ ქანებს დავტვირთავთ დინამიკური დატვირთვით ისე, რომ გამოწვეული ძაბვები დრეკადობის ზღვარს არ გადააჭარბებს, ქანის აღნიშნული უბანი დეფორმირდება და ნაწილაკები მოქმედი ძალის მიმართულებით გადაადგილდება. ერთი მათგანის გადაადგილება სხვა, უფრო დაშორებული ნაწილაკების გადაადგილებას გამოიწვევს და მათში დრეკადი ტალღები აღიძვრება. დრეკადი ტალღები ქანის ნაწილაკების გადაადგილების მცირე ამპლიტუდით ხასიათდება. დრეკადი ტალღა, იმისდა მიხედვით თუ როგორია მისი მაინცირებელი ძალების მოქმედების ხასიათი შეიძლება იყოს გრძივი, განივი, ღუნვის და ზედაპირული. ქანებში დრეკადი ტალღების გავრცელების თავისებურებებს მათი აკუსტიკური თვისებები განსაზღვრავს.

2.1. დრეკადი ტალღების გავრცელება ქანებში

ნიუტონის მეორე კანონის თანახმად, ელემენტარული მოცულობის მასისა და მისი აჩქარების ნამრავლი, ამ მოცულობაზე მოქმედი ყველა ძალის ჯამის ΣF ტოლია:

$$\frac{md^2u}{dt^2} = \Sigma dF,$$

სადაც u რხევის ამპლიტუდაა, ანუ მერხევი ნაწილაკის წონასწორობის მდგომარეობიდან გადაადგილების მნიშვნელობა; t – დრო.

კოორდინატთა ნებისმიერი ღერძის გასწვრივ ყველა ძალის ჯამი შეიძლება გამოვსახოთ ყველა ელემენტარული ძაბვის შესაბამის ფართობებზე ნამრავლის ჯამით.

თუ დავუშვებთ, რომ ნორმალური ძალა მართო x ღერძის გასწვრივ მოქმედებს, ხოლო ქანის ნიმუში წვრილი გრძელი ღეროა, რომელშიც მხები ძაბვები არ არსებობს, მაშინ:

$$\Sigma dF = (\partial \sigma_x / \partial x) \Delta x \Delta y \Delta z.$$

რადგან

$$M = \rho \Delta x \Delta y \Delta z,$$

სადაც $\rho = \gamma/g$ - ქანის მოცულობითი მასაა, მაშინ:

$$\rho (d^2u/dt^2) = \partial\sigma_x/\partial x.$$

ეს ქანის რაღაც მოცულობის x ღერძის გასწვრივ მოძრაობის დაბრუნებაში გამოსახული განტოლებაა (იგულისხმება, რომ სხვა ძალები ზემოქმედებას არ ახდენს), დეფორმაციების გამოთვლის შემთხვევაში ჰუკის კანონის განტოლებით ვსარგებლობთ:

$$\sigma_x = \epsilon_x E$$

და ϵ_x ფარდობით დეფორმაციას x ღერძის გასწვრივ სათანადო გადაადგილებით შევცვლით:

$$\epsilon_x = \partial u / \partial x,$$

მივიღებთ ტალღური მოძრაობის განტოლებას:

$$\partial^2 u / \partial t^2 = (E/\gamma) g \partial^2 u / \partial x^2.$$

ეს განტოლება ახასიათებს x ღერძის გასწვრივ ბრტყელი გრძივი ტალღის გავრცელებას, ამასთან ქანის ღეროში კუმშვის დრეკადი ტალღის გავრცელების სიჩქარე ტოლია:

$$V_{გრძ} = \sqrt{(E/\gamma) g}.$$

ქანის დიდი ზომის ნიმუშებში (მასივებში) ვრცელდება მოცულობითი ტალღები, რომლებიც დიფერენციალურ განტოლებათა შემდეგი სისტემით ხასიათდება:

$$\rho (\partial^2 u / \partial t^2) = (\nu + G) \partial \Theta / \partial x + G \nabla^2 u;$$

$$\rho (\partial^2 v / \partial t^2) = (\nu + G) \partial \Theta / \partial y + G \nabla^2 v;$$

$$\rho (\partial^2 w / \partial t^2) = (\nu + G) \partial \Theta / \partial z + G \nabla^2 w,$$

სადაც u , v და w – გადაადგილებებია, შესაბამისად x , y და z ღერძების გასწვრივ;

$\Theta = \partial u / \partial x + \partial v / \partial y + \partial w / \partial z$ – მოცულობითი გაფართოება;

$\nabla^2 = \partial^2 / \partial x^2 + \partial^2 / \partial y^2 + \partial^2 / \partial z^2$ – ლაპლასის ოპერატორი;

$\nu = 2\mu G / (1 - 2\mu)$ – ლამეს პარამეტრი.

დიფერენციალურ განტოლებათა ამ სისტემის ამოხსნით ქანებში ნებისმიერი ტიპის (გრძივი, განივი, ზედაპირული) დრეკადი დეფორმაციების გავრცელება გამოისახება.

ქანებში დრეკად რხევათა გავრცელების ხასიათი მათი აკუსტიკური პარამეტრებით განისაზღვრება ამ უკანასკნელთ მიეკუთვნება დრეკადი ტალღების გავრცელების სიჩქარე, შთანთქმის კოეფიციენტი და ტალღური წინაღობა. ქანები ხასიათდება აგრეთვე დრეკადი ტალღების არეკვლისა და გარდატეხის კოეფიციენტებით. ტალღის სიჩქარეში იგულისხმება დრეკადი რხევების რომელიღაც ფაზის გავრცელების სიჩქარე.

ქანებში, ისევე როგორც ნებისმიერ სხვა ნივთიერებაში, დრეკადი ტალღების გავრცელებას თან ახლავს მათი ინტენსიურობის თანდათანობითი შემცირება მით უფრო მეტად, რაც უფრო დაშორებულია ინიცირების წყაროდან. რხევათა ინტენსიურობის შემცირების მიზეზი უმრავლეს შემთხვევაში ორია: ქანის მიერ დრეკად რხევათა ენერგიის ნაწილის შთანთქმა და მისი სითბურ ენერგიად გარდაქმნა, რასაც ქანის მერხევი ნაწილაკების ურთიერთხახუნის იწვევს;

ქანის არაერთგვაროვნებათა (პორების, ბზარების ჩანაწინწყლებისა და სხვა) მიერ ხდება აკუსტიკური ენერგიის გაბნევა.

დრეკად რხევათა შთანთქმის კოეფიციენტი θ დამოკიდებულია როგორც ქანის თვისებებზე (დრეკად თვისებებსა და შიგა ხახუნის კუთხეზე), ისე რხევათა სიხშირეზეც.

მონოკრისტალებისა და ერთგვაროვანი სხეულებისათვის აკუსტიკური ტალღების შთანთქმა უმნიშვნელოა და სხეულების სიბლანტითა და თბოგამტარობით განისაზღვრება ამ შემთხვევაში შთანთქმის კოეფიციენტის დამოკიდებულება სიხშირეზე f , ისევე როგორც სითხეებისათვის, კვადრატულია:

$$\theta = 2\pi f^2 / \rho V^2 [(4/3\eta + \lambda(c_p - c_v)) / c_p c_v],$$

სადაც V დრეკადი ტალღების გავრცელების სიჩქარეა;

η - სიბლანტის კოეფიციენტი;

λ - ქანის კუთრი თბოგამტარობა;

c_p და c_v - ქანის თბოტევადობები, შესაბამისად მუდმივი წნევისა და მოცულობის დროს.

დრეკადი რხევების შთანთქმისას თბოგამტარობის როლი იმით გამოიხატება, რომ ტალღის გავლის მომენტში ქანის შეკუმშულ (ტემპერატურის აწევა) და გაჭიმულ

(ტემპერატურის დაწვევა) უბნებს შორის ხდება ენერჯის მიმოცვლა. ოღონდ შთანთქმის კოეფიციენტის იმ ნაწილის სიდიდე, რომელიც თბოგამტარობით განისაზღვრება,

მნიშვნელოვანია მხოლოდ ლითონებისათვის, ქანებში იგი შედარებით მცირეა და ამიტომ მას უგულებელყოფენ.

დრეკად რხევათა შთანთქმის განსაზღვრისათვის ჩატარებული ცდები გვიჩვენებს, რომ სიხშირისაგან მისი დამოკიდებულება ქანების უმრავლესობისათვის კვადრატულს კი არა სწორხაზოვანს უფრო უახლოვდება. θ და f (სიმაგრის კოეფიციენტი) შორის სწორხაზოვანი დამოკიდებულება აღნიშნული იყო ქვანახშირის, ქვამარილის, მშრალი ქვიშის, გრანიტებისა და სხვა ქანებისათვის. ეს კი საფუძველს გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ

ქანებში შთანთქმა თბოგამტარობითა და სიბლანტით კი არა, დიფუზიური განბნევით არის გამოწვეული. თიხოვან და თიხნაროვან ქანებში შთანთქმის კოეფიციენტი $\lg f$ - ის პროპორციულია.

შთანთქმის კოეფიციენტი ყოველთვის მეტია იმ ქანებში, რომლებიც დრეკადი რხევების მცირე სიჩქარით გამოირჩევა.

განგარიშებაში ხშირად ხმარობენ სიმკვრივისა და ქანში დრეკადი ტალღის სიჩქარის ნამრავლს. აღნიშნულ მაჩვენებელს **კუთრი ტალღური წინაღობა** (კუთრი აკუსტიკური იმპედანსი) ეწოდება და არსებითად ტალღის წნევისა σ და მერხვე ნაწილაკთა მყისი სიჩქარის u თანაფარდობაა:

$$Z = \sigma \cos \varphi / u = V \gamma / g,$$

სადაც φ ნაწილაკთა წნევისა და სიჩქარის შორის ძვრის ფაზური კუთხეა.

კუთრი ტალღური წინაღობის ერთეულს აკუსტიკური ომი ეწოდება (მისი განზომილებაა გ/სმ²).

ქანების ტალღური წინაღობა დრეკადი ტალღების არეკვლისა და გარდატეხის უნარს განსაზღვრავს. დრეკადი ტალღების არეკვლა და გარდატეხა ხდება ან განსხვავებული აკუსტიკური თვისებების მქონე ქანების საზღვარზე, ან დრეკადი ტალღების გადასვლისას გარემოდან ქანში და პირუკუ.

დრეკადი ტალღების გარდატეხასა და არეკვლას მიახლოებითი გეომეტრიული ოპტიკის საყოველთაოდ ცნობილ კანონებს დაუქვემდებარებენ ხოლმე. ანარეკლი ტალღის ენერგიის W_s დაცემული ტალღის ენერგიასთან W_0 შეფარდებას არეკვლის კოეფიციენტს k_s უწოდებენ:

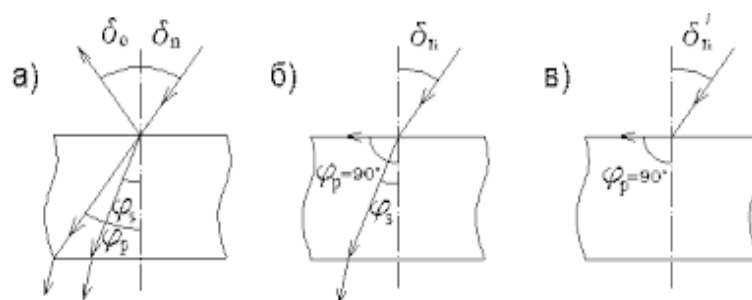
$$k_s = W_s / W_0$$

თანაც, ბგერული ტალღის ვარდნის კუთხე - δ_n გამყოფი საზღვრიდან არეკვლის კუთხის - δ_0 ტოლია (ნახ.2.1).

არეკვლის კოეფიციენტი k_s შეიძლება გამოვსახოთ აგრეთვე კუთრი ტალღური წინაღობით, რაც უფრო დიდია გარემოს ტალღურ წინაღობათა სხვაობა, მით უფრო მეტი ენერგია აირეკლება:

$$k_s = [(Z_1 - Z_2) / (Z_1 + Z_2)]^2$$

თუ ბგერული რხევები განსხვავებული ტალღური წინაღობის ერთი გარემოდან მეორეში გადადის, ბგერული ენერგიის ძირითადი ნაწილი აირეკლება. არეკლილი ნაწილი მაშინ უფრო მეტია, როდესაც რხევები მცირეწინაღობიანიდან დიდწინაღობიან გარემოში გადადის, მაგალითად, დრეკადი რხევების ჰაერიდან წყალში გადასვლისას ტალღურ წინაღობათა შორის სხვაობა - აირეკლება მათი ენერგიის 99,8 %, ხოლო წყლიდან ქანში გადასვლისას-დაახლოებით 85% .



ნახ.2.1. ულტრაბგერული ტალღის გარდატეხა და არეკვლა ორი გარემოს გაყოფის საზღვარზე: ა-საერთო შემოხვევა; ბ-გრძივი ტალღის შიგა არეკვლა; გ-განივი ტალღის შიგა არეკვლა;

ქანში შეღწეული დრეკადი ტალღის ვარდნის კუთხე δ და გარდატეხის კუთხე φ პირველსა და მეორე გარემოში დრეკადი ტალღის სიჩქარეებთან გარკვეულ თანაფარდობაშია:

$$\sin \delta / \sin \varphi = V_1 / V_2,$$

სადაც V_1 —დრეკადი ტალღის სიჩქარეა პირველ გარემოში;

V_2 —დრეკადი ტალღის სიჩქარეა მეორე გარემოში.

$V_1/V_2=n$ ფარდობას პირველი გარემოს მიმართ დრეკადი ტალღის გარდატეხის კოეფიციენტი ეწოდება.

2.2. ქანების დრეკადი თვისებების, შედგენილობისა და აღნაგობის გავლენა

აკუსტიკურ თვისებებზე

ქანის ყველა აკუსტიკური თვისება მათი დრეკადი მახასიათებლებით განისაზღვრება. იუნგის მოდულსა და პუასონის კოეფიციენტის გადიდებით დრეკადი ტალღების სიჩქარეები იზრდება, პუასონის კოეფიციენტის 0,1-დან 0,4-მდე ცვლილებისას ν გრძივი ტალღების სიჩქარე დაახლოებით 45 %-ით იზრდება. იუნგის მოდულის გადიდებით განივი ტალღების სიჩქარე აგრეთვე იზრდება, მაგრამ პუასონის კოეფიციენტის გადიდებით მცირდება (დაახლოებით 1,2-ჯერ, პუასონის კოეფიციენტის მინიმალური მნიშვნელობიდან მაქსიმალურამდე ცვლილებისას), ამიტომ დრეკადი ტალღების მაქსიმალური სიჩქარეები შეინიშნება მუქი მინერალებისაგან შედგენილ მცირეფოროვან ქანებში, რომლებსაც იუნგის დიდი მოდული ახასიათებს. მაგალითად, პერიდოტიტებში, ბაზალტებში, სკარნებში, გაბროებსა და სხვა ანალოგიურ ქანებში სიგრძივი ტალღის სიჩქარე 6000+ 7000 მ/წმ აღწევს.

აღსანიშნავია, რომ, თუმცა ლითონების დრეკადი პარამეტრები მაღალი მნიშვნელობისაა, გასწვრივი ტალღების სიჩქარე ზემოხსენებულ ფარგლებს არა სცილდება. ამ შემთხვევაში შეიმჩნევა ლითონების დიდი სიმკვრივე.

ცნობილია, რომ ქანების ფორიანობა იუნგის მოდულს ძლიერ ამცირებს. დრეკადი რხევების სიჩქარე ქანის ისეთ თვისებებს განსაზღვრავს, როგორც არის კუთრი ტალღური წინაღობა, შთანთქმის კოეფიციენტი, არეკვლის კოეფიციენტი და

გარდატეხის კოეფიციენტი. ამიტომაც, მაგალითად, შრიანობის გასწვრივ დრეკადი ტალღების შთანთქმა ყოველთვის ნაკლებია, ვიდრე შრიანობის განივ, ხოლო ქანების ფორიანობისა და მარცვალთა ზომების გადიდებით შთანთქმის კოეფიციენტი იზრდება.

მიუხედავად იმისა, რომ ლითონების დრეკადი პარამეტრები მაღალი მნიშვნელობისაა, გასწვრივი ტალღების სიჩქარეები ზემოხსენებულ ფარგლებს არა სცილდება. ამ შემთხვევაში შეიმჩნევა ლითონების დიდი სიმკვრივე.

ცნობილია, რომ ქანების ფორიანობა იუნგის მოდულს ძლიერ ამცირებს. ერთნაირი არ არის აგრეთვე სხვადასხვა ტიპის ტალღების შთანთქმა.

ფხვიერი ქანები დამბვრელ ძალებს პრაქტიკულად წინააღმდეგობას ვერ უწევს. ამ ძალების სიდიდე შიგა ხახუნით განისაზღვრება, ამიტომ ფხვიერ ქანებში, სითხეების მსგავსად, მხოლოდ გასწვრივი ტალღები ვრცელდება. აღნიშნულის შესაბამისად, რაც უფრო დიდია ქანების მასივის დაშლილობა (ბზარიანობა, გამოფიტვა და სხვ.), ე. ი. ქანი, რაც უფრო მეტად მიახლოებულია ფხვიერ მდგომარეობასთან. მით უფრო მცირეა განივი ტალღების სიჩქარე და მით უფრო ინტენსიურია ამ ტალღების შთანთქმა.

ამიტომ კლდოვანი ქანების წყლით გაჯერება სიგრძივი ტალღების სიჩქარის ფარდობით გაზრდას იწვევს, მაგრამ ტალღების სიჩქარე მაქსიმალურად გაჯერებულ ქანებშიც კი უფრო დაბალია, ვიდრე მცირეფორიან ქანებში, ვინაიდან წყალში ბგერის სიჩქარე მინერალურ ჩონჩხში სიჩქარეზე ნაკლებია.

განივი ტალღები მხოლოდ მინერალურ ჩონჩხში ვრცელდება. მაშასადამე, ნებისმიერად დატენიანებულ ფორიან ქანებში განივი ტალღების სიჩქარე თითქმის მუდმივი რჩება.

როგორც ცნობილია, ქანზე წნევის გადიდებით (განსაკუთრებით ყოველმხრივი წნევის), ქანის დრეკადი პარამეტრები იზრდება. ამიტომ დამაბულ ქანებში დრეკადი ტალღების სიჩქარე იზრდება.

ქანების შემკვრივების ხარისხი მათზე მოდებულ დატვირთვაზე დამოკიდებული. ამიტომ, თუ ერთი და იგივე ქანი სხვადასხვა სიღრმეზეა განლაგებული და სხვადასხვა წნევას განიცდის, დრეკადი ტალღის სიჩქარე განსხვავებული იქნება.

სიჩქარის დამოკიდებულება შემკვრივებისა და დატვირთვისაგან ფოროვანი და ფხვიერი ქანების შემთხვევაში უფრო მკვეთრად გამოიყვანება ხოლმე. ტემპერატურის აწევა ზუსტად ისევე ცვლის დრეკადი ტალღის სიჩქარეს, როგორც ქანის დრეკად პარამეტრებს, ამასთანავე, უმეტეს შემთხვევაში, სიგრძივი ტალღების სიჩქარე მცირდება, ხოლო შთანთქმის კოეფიციენტი იზრდება.

ყინულში ბგერის სიჩქარე დაახლოებით 3500 მ/წმ შეადგენს. გარდა ამისა. გაყინულ ქანებში განივი ტალღების სიჩქარე მკვეთრად იზრდება. ყველა ეს მოვლენა სამთო საქმის პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება დასამუშავებელი ქანების მდგომარეობისა და თვისებების შესახებ საჭირო ინფორმაციის მიღებისათვის.

დრეკადი რხევები მარტო გარკვეული ინფორმაციის მისაღებად კი არა, ქანზე ფიზიკური ზემოქმედების წყაროდაც შეიძლება გამოვიყენოთ. როდესაც რხევების ინტენსიურობა საკმაოდ დიდია, ამ მხრივ ხელსაყრელია ულტრაბგერული ტალღები. მათი მცირე სიგრძე ხელს უწყობს ტალღების წვრილ კონაში თავის მოყრას. ენერგიის ასეთი კონცენტრაციის გამო მისი გავლისას ნივთიერებაში ჩნდება განსაკუთრებული მექანიკური, სითბური და ქიმიური ეფექტები. სითხეში ულტრაბგერის გავლისას წარმოიქმნება კავიტაცია ულტრაბგერული ტალღები სითხეში ქმნის გაჭიმვისა და შეკუმშვის ზონებს. გაჭიმვის ზონებში ჩნდება კავიტაციური ბუშტულები. დაბალი სიხშირის დროს კავიტაციის გაჩენისათვის ჩვეულებრივ ბგერის ნაკლები ინტენსიურობაა საჭირო. 5 მჰც-ზე მაღალი სიხშირის დროს კავიტაცია არ მჟღავნდება, ვინაიდან ბუშტულების წარმოშობისა და გაქრობის პროცესი დასრულებას ვერ ასწრებს. ულტრაბგერული რღვევის სიჩქარე, უწინარეს ყოვლისა, მყარი სხეულების სიმყიფით განისაზღვრება, რაც უფრო მკვეთრად არის სიმყიფე გამოხატული, მით უფრო მაღალია რღვევის სიჩქარე, ვინაიდან პლასტიკური სხეულის რღვევისას დისპერგაციის თითქმის მთელი ენერგია პლასტიკურ დეფორმაციაზე იხარჯება. მაგალითად, ტყვიის სიმტკიცე და მიკროსისალე გაცილებით უფრო ნაკლებია,

ვიდრე სტიბიუმისა, ამავე დროს, სტიბიუმის რღვევის სიჩქარე ტყვიის რღვევის სიჩქარეს თითქმის 100-ჯერ აღემატება.

ქანები (თაბაშირი, ქარსი, გრაფიტი, გოგირდი), რომლებშიც შეჭიდულობის ძალები მცირეა, ულტრაბგერით ადვილად ირღვევა. დისპერგაციის ეფექტი გაძლიერდება, თუ წყალს ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებებს დავუმატებთ (0,2 %-მდე).

კაპიტაცია იწვევს აგრეთვე სითხეებისა და ნაღნობების დეგაზაციას. დეგაზაცია დაკავშირებულია გაჭიმვის ფაზაში სითხის წნევის შემცირებასთან და აღნიშნულის შედეგად გაზის გამოყოფასთან.

2.3. აკუსტიკური პროცესები სამთო საქმეში

ქანებში დრეკადი რხევების აგზნება შეიძლება აფეთქებით, დარტყმით, მექანიკური ვიბრატორებით, პიეზოელექტრული ან მაგნიტოსტრიქციული გადამწოდებით. აფეთქების წესი გამოიყენება სეისმური რხევების მისაღებად, მექანიკური – ძირითადად ინფრა– და ბგერული სიხშირის რხევების მისაღებად, პიეზოელექტრული და მაგნიტოსტრიქციული გარდამქმნელები–ულტრაბგერული რხევების მისაღებად.

პიეზოელექტრულ გარდამქმნელებში გამოიყენება პიეზოეფექტი–ზოგიერთი კრისტალის უნარი ცვლად ელექტრულ ველში შეიკუმშოს და გაგანიერდეს ველის ცვლილების კვალდაკვალ (კვარცი სეგნეტური მარილი, ბარიუმის ტიტანატი და სხვა კრისტალები).

მაგნიტოსტრიქციული გადამწოდები დაფუძნებულია ზოგიერთი ფერომაგნიტური სხეულის დამაგნიტებისა და განმაგნიტების დროს ზომათა ცვლილების ეფექტზე. აღნიშნული გადამწოდები გაცილებით უფრო დიდი სიმძლავრის გამოსხივებას ქმნის, ვიდრე პიეზოელექტრული გადამწოდები.

სამთო საქმეში ქანებისა და მასივების შესახებ ინფორმაციის მისაღებად, უწინარეს ყოვლისა, აკუსტიკურ მეთოდებს იყენებენ. ეს მეთოდები დაფუძნებულია ქანის აკუსტიკურ თვისებებსა (დრეკადი რხევების სიჩქარე, შთანთქმის, გარდატეხის და არეკვლის კოეფიციენტები) და სხვა პარამეტრებს შორის დამოკიდებულებებზე. ამ

უკანასკნელთ მიეკუთვნება: დანარჩენი ფიზიკური თვისებები (მაგალითად, დრეკადი), მინერალური შედგენილობა (მსხვილი, ჩანართების არსებობა), აღნაგობა (ფორიანობა), გარე მდგომარეობა (ბზარიანობა და აშლილობა, დაძაბულობა, წყლით გაჯერებული ქანების გაყინვის ხარისხი და სხვა).

აკუსტიკური გამოკვლევებისათვის ყველაზე უფრო ფართოდ იმპულსურ ულტრაბგერულ დანადგარებს იყენებენ.

იმპულსებით ულტრაბგერის გენერაცია იმ მიზნით ხორციელდება, რომ გამოირიცხოს გაბგერებულ მასივში მდგარი ტალღების გაჩენა. მდგარი ტალღები კვლევის შედეგებს ამახინჯებს. ლაბორატორიულ პირობებში ულტრაბგერული მეთოდებით ძირითადად ქანების დინამიკურ დრეკად თვისებებს—იუნგის მოდულსა და პუასონის კოეფიციენტს განსაზღვრვენ. ამისათვის სრულიად საკმარისია ნიმუშში ტალღების სიჩქარის გაზომვა.

საწარმოო პირობებში აკუსტიკური მეთოდების მეშვეობით ადგენენ ქანების მასივის მდგომარეობას; ახდენენ გვირაბების ჭერისა და მთელანების დეფექტოსკოპიას; ქვანახშირის შახტებში ქანების გაბგერებას და მოსმენას, ქვანახშირისა და აირის მოახლოებული უეცარი გამოტყორცნის განსაზღვრის მიზნით ფენის სანგრევისპირა ნაწილში ძაბვების შესწავლას და სხვა.

დადგენილია აგრეთვე, რომ ქვანახშირის ნაცრიანობის მომატებით ულტრაბგერის გავრცელების სიჩქარე იზრდება. აღნიშნული მოვლენა საშუალებას გვაძლევს ქვანახშირის ნაცრიანობა ისე განვსაზღვროთ, რომ შრომატევადი ქიმიური გამოკვლევები არ ჩავატაროთ.

ქანების გამოკვლევის ზემოთ აღნიშნული მეთოდი დაფუძნებულია მასივის გაბგერებაზე. ამასთან ულტრაბგერის გადამცემსა და მიმღებს გამოსაკვლევი ობიექტის საპირისპირო მხარეებზე ათავსებენ. იმ შემთხვევაში, როდესაც გამოსაკვლევად ხელმისაწვდომია მასივის მხოლოდ ერთი ზედაპირი, საჭიროა გამოვიყენოთ გასწვრივი და პროფილების მეთოდი, რომლის დროსაც გადამცემსა და მიმღებს ათავსებენ ერთსა და იმავე ზედაპირზე. სხვადასხვა ტიპის ქანებს შორის საზღვრის დასადგენად, დასამუშავებელ მასივში სიცარიელების, დიდი ბზარების ან უცხო

ჩანართების გამოსავლენად იყენებენ ეგრეთ წოდებულ ექომეთოდს, რომელიც დაფუძნებულია ორი გარემოს გაყოფის საზღვარზე ულტრაბგერული სხივების გარდატეხისა და არეკვლის კანონებზე. ულტრაბგერული გადამწოდით ზომავენ სისტემის „ქვანახშირი-ქანი“ გაყოფის სიბრტყიდან არეკლილი პირდაპირი ტალღების გავლის დროს, რომლის მიხედვით ადგენენ საზღვარს ნახშირსა და შემცველ ქანს შორის. ეს გარემოება საშუალებას გვაძლევს გადამწოდი ქვანახშირის ლავებში კომბაინების მოძრაობის ავტომატიზაციისათვის გამოვიყენოთ.

ანალოგიური პრინციპით შექმნილია გადამწოდებისა და მიმღებების განთავსების სქემები, რომლებიც დედამიწის ზედაპირიდან ქანთა მასივებში სასარგებლო წიაღისეულის ფენების ჩაწოლის ელემენტების შესწავლის საშუალებას იძლევა (ნახ.2.2.).

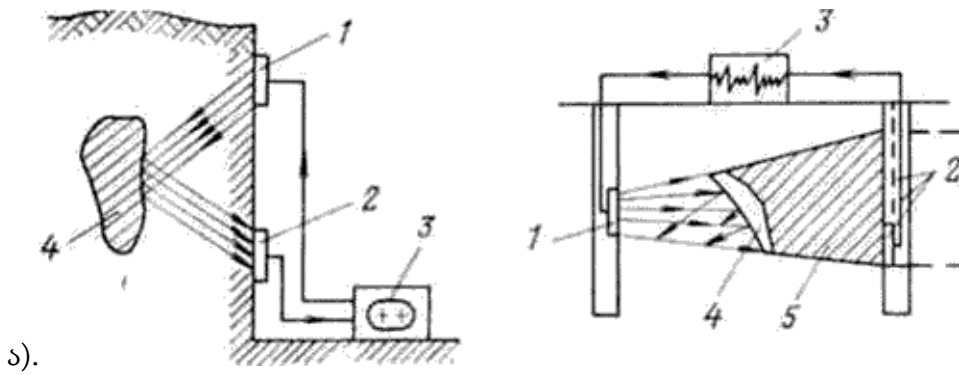
სიღრმეში გავრცელებისას დრეკადი ტალღები სხვადასხვა შემხვედრ ქანში გარდატყდება, აირეკლება და ზედაპირს უბრუნდება. დრეკადი ტალღის გავლის დრო უმარტივეს შემთხვევაში განისაზღვრება ტოლობით:

$$T=S/V,$$

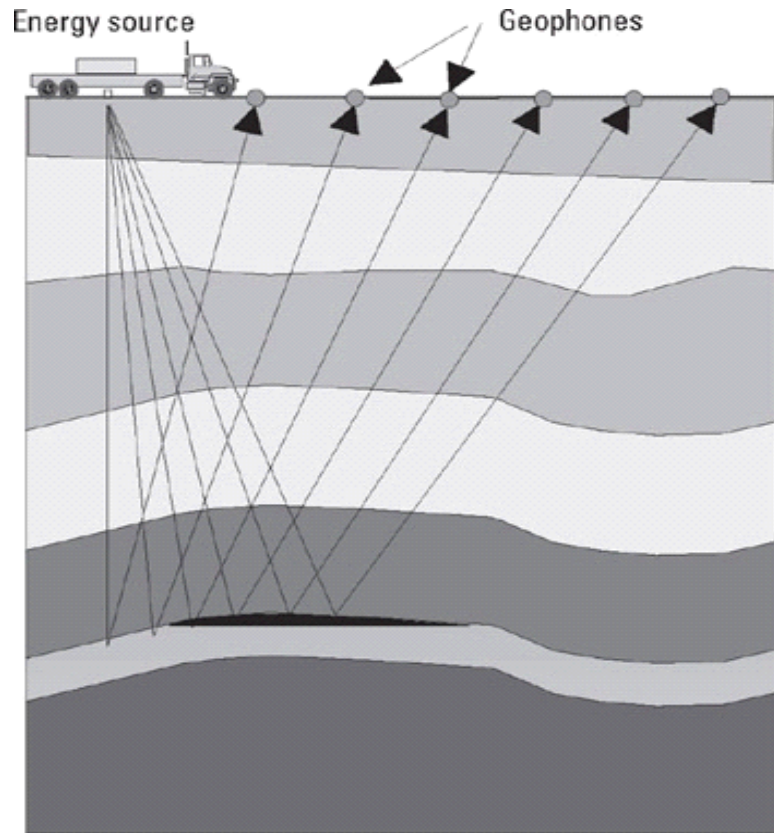
სადაც S ტალღის მიერ გავლილი გზაა არეკვლის საზღვრამდე. თუ h -ასარეკლი შრის განლაგების სიღრმეა, ხოლო l დრეკადი ტალღის ინიცირებისა და მიღების წერტილთა შორის მანძილი, მაშინ:

$$H=0,5\sqrt{(t^2v^2-l^2)}.$$

თუ ქანების გამოსაკვლევ მასივში სეისმური ტალღის გავრცელების სიჩქარე v უცნობია, მაშინ რამდენიმე მიმღებში აფიქსირებენ გაზომვის შედეგებს და პოულობენ შრეთა გამყოფი ზედაპირის იმდენივე წერტილს (ნახ.2.2.-ზე ნაჩვენებია 6 მიმღები და შრეთა გამყოფი ზედაპირის 6 წერტილი).



ა).



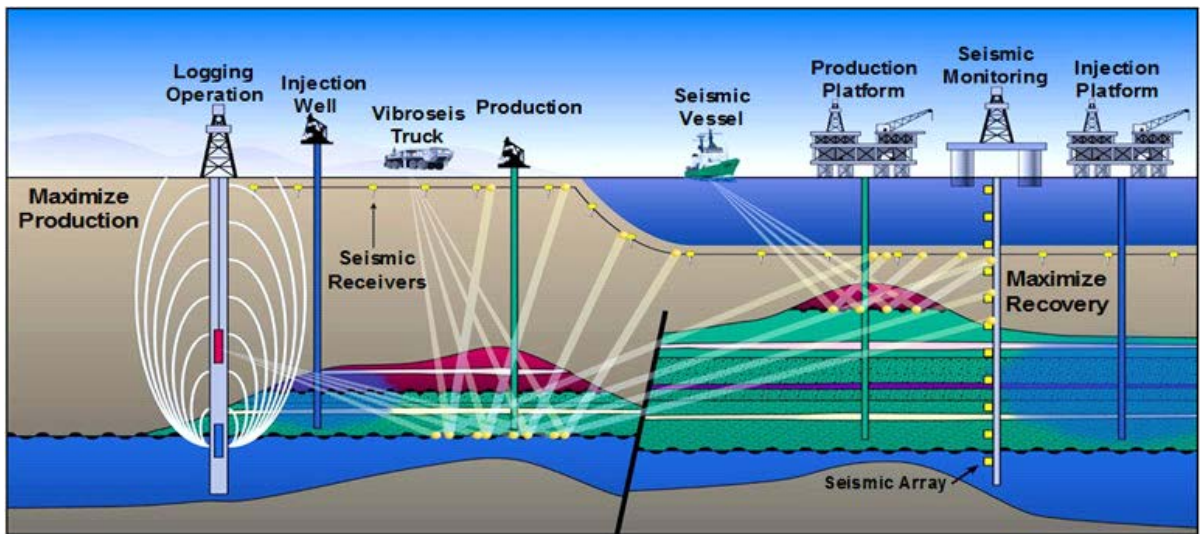
ბ).

ნახ.2.2.: ა).ქანთა მასივში სხვა წარმოშობის ჩანართის აღმოჩენა: 1-გადამცემი; 2-მიმღები; 3-ოსცილოგრაფი; 4-გამოვლენილი ჩანართი; 5-აკუსტიკური ჩრდილის არე. ბ). ფენის განლაგებისა და კონფიგურაციის განსაზღვრა: ნახაზზე ნაჩვენებია 6 მიმღები და შრეთა გამყოფი ზედაპირის 6 წერტილი.

ხშირად საჭირო ხდება ქანთა მასივების დიდი მოცულობების დეტალური გამოკვლევა მათი აგებულებისა და სასარგებლო წიაღისეულის მოძიების მიზნით. ასეთ შემთხვევებში გადამცემები და მიმღებები განთავსებულია როგორც ხმელეთზე,

წყალსაცავებსა, ზღვებსა და ოკეანეებში (სპეციალურ გემებსა და პლატფორმებზე), ასევე თვით გამოსაკვლევ ქანთა მასივებში. დღეს შექმნილია ინოვაციური ტექნოლოგიები, რომლებიც უზრუნველყოფს მონაცემთა ხელმისაწვდომობას და დროულად ახდენს მრავალჯერადი მონაცემების ინტეგრირებას თანმიმდევრული მონაცემების პაკეტზე.

ნახ. 2.3-ზე ნაჩვენებია მოწყობილობათა კომპლექსის გამოყენების ერთ-ერთი თანამედროვე სქემა.



ნახ.2.3.

ქანების გამოკვლევის ყველა შემთხვევაში უმჯობესია გამოვიყენოთ დრეკადი ტალღების მაქსიმალურად დასაშვები სიხშირე. ეს გამოყენებული მეთოდების უნარიანობას და მიღებული შედეგების სიზუსტეს ამაღლებს.

იმისდა მიხედვით, თუ რა მდგომარეობაშია მასივი, ულტრაბერული რხევების გამოყენება ხდება 0,2-10 მ ბაზაზე.

3. თერმული პროცესები

ქანების თერმოდინამიკა ჰეტეროგენული სისტემის თერმოდინამიკის კერძო შემთხვევაა.

ერთგვაროვან მყარ სხეულებში სითბო ვრცელდება ან ელექტრონთა ღრუბლის გადაადგილებით (ელექტრობის მსგავსად), ან კრისტალური მესრის რხევათა ერთი ნაწილაკიდან მეორეზე თანდათანობითი გადაცემით, რადგანაც ამ ნაწილაკთა ურთიერთკავშირის ძალები საკმაოდ დიდი მნიშვნელობისაა.

თბოგამტარობის პირველ ტიპს ელექტრონული ეწოდება. იგი დამახასიათებელია უპირატესად დენგამტარი გარემოსათვის, ე.ი. ლითონებისა და ნახევარგამტარებისათვის.

თბოგამტარობის მეორე ტიპი გაიგივებულია კრისტალური მესრის ნაწილაკთა დრეკადი რხევების განსაკუთრებულ სახეობასთან. ელექტრომაგნიტური ველის თეორიაში მიღებული ცნების ფოტონის მსგავსად მესრული თბოგამტარობის შემთხვევაში იყენებენ **ფონონის** ცნებას. ფონონი სითბური ენერგიის მატარებელია ამიტომ თბოგამტარობის მეორე ტიპს ხშირად ფონონურს უწოდებენ.

ქანებში სითბოგადაცემა ძირითადად ფონონურია, თუმცა ლითონშემცველ ქანებში თბოგამტარობის ელექტრონულ მდგენელსაც არსებითი მნიშვნელობა აქვს.

3.1. ქანების სითბური პარამეტრები

ქანების სითბური პარამეტრები ახასიათებს სითბოს დაგროვებისა და გამტარობის უნარს, აგრეთვე სითბოს ზემოქმედებით გამოწვეულ ცვლილებებს. ქანის ცვალებადობას ახასიათებს სითბური გაფართოების კოეფიციენტი, დნობის ტემპერატურა და სითბო. სამთო სამუშაოთა წარმოებისას ხმარობენ აგრეთვე ცდისეულ ტექნოლოგიურ მაჩვენებლებს -ყინვამედეგობას, თერმომედეგობას. თერმობურღვალობას და სხვა.

ქანების თბოგამტარობა. მყარი სხეულები ფრიად განსხვავებული თბოგამტარობით გამოირჩევა. უდიდესი და უმცირესი თბოგამტარობის მაჩვენებელთა შეფარდება

ათეულ ათასებს აღწევს. სითბოს საუკეთესო გამტარია ვერცხლი (418 ჯ/მ.წმ.გრად), ყველაზე ცუდი—ხელოვნური მყარი სხეული, კვარცის აეროგელი (3,0.10'2 ჯ/მ.წმ.გრად).

ქანები, ჩვეულებრივ, სითბოს ცუდი გამტარია, თანაც თბობამტარობის მნიშვნელობა შედარებით ვიწრო ფარგლებში მერყეობს (0,1-7 ჯ/მ.წმ.გრად).

ქანების თბოგამტარობა გაცილებით უფრო მცირეა, ვიდრე ლითონების, ვინაიდან ლითონებს ელექტრონული თბოგამტარობა ახასიათებს, ქანებს კი, ძირითადად, ფონონური. აღნიშნულის გამო მადნეული მინერალების (მაგნეტიტი, ჰემატიტი, პირიტი და სხვ.) თბობამტარობა მაღალია (10+40 ჯ/მ.წმ.გრად-მდე).

განსაკუთრებულად მაღალი თბოგამტარობა აქვს ალმასს (200 მდე ჯ/მ.წმ.გრად), რაც აიხსნება კრისტალურ მესერში დეფექტების მცირე რაოდენობით, მესრის მაღალი ენერგიითა და ფონონების თავისუფალი გარბენის დიდი მანძილით.

ქანთმაშენი მინერალებიდან დიდი თბოგამტარობით გამოირჩევა კვარცი (7-12 ჯ/მ.წმ.გრად), ამიტომ მცირეფოროვან მკვრივ არამადნეულ ქანებში კვარცის შემცველობის გადიდებასთან ერთად თბოგამტარობა მატულობს. არამადნეული მინერალებიდან შედარებით მაღალი თბოტევადობა ახასიათებს ჰიდროქიმიურ ნალექებს (ქვამარილს, სილვინს, ანჰიდრიტს), დაბალი კი—ქვანახშირს, აზბესტსა და სხვა ქანებს.

კრისტალური მესრის აღნაგობის აშლისას სითბური ენერგიის გადაცემა გამწვანებულია. ამიტომ მონოკრისტალური მინერალების თბოგამტარობა გადიდებულია, პოლიკრისტალურისა კი შემცირებული.

უმეტეს შემთხვევაში ქანი სხვადასხვა მინერალთა სტატისტიკური ნარევიანია. მინერალთა პარალელურ თუ თანმიმდევრულ განლაგებებს კი თანაბარი ალბათობა აქვს, ამიტომ ბიმინერალური ქანებისათვის საშუალო თბოგამტარობას გაიანგარიშებენ ფორმულით:

$$\lambda_b = \frac{\lambda_1[3\lambda_2 - 2\nu_1(\lambda_2 - \lambda_1)]}{[3\lambda_1 + 2\nu_1(\lambda_2 - \lambda_1)]},$$

სადაც λ_1 და λ_2 ქანის შემადგენელი ორი მინერალის თბოგამტარობაა ($\lambda_1 > \lambda_2$);

ν_1 იმ მინერალის შემცველობა, რომლის თბოგამტარობა λ_1 -ის ტოლია.

თუ ქანი მადნის მინერალებს შეიცავს მაშინ თბოგამტარობის ჯამური სიდიდე მათი განლაგების ხასიათზე იქნება დამოკიდებული. თბოგამტარობის მნიშვნელობა უდიდესია იმ შემთხვევაში, როდესაც მადნის მინერალები ქანის ბუდეს შეადგენს.

კრისტალური და ამორფული (მინისებრი) მინერალების თბოგამტარობა ფრიად განსხვავებულია. ჩვეულებრივ $\lambda_{\beta} > \lambda_{\alpha}$. ამორფული მინერალების თბოგამტარობა 1,5 ჯ/მ.წმ.გრად არ აღემატება. ამიტომ მინისებრი მასის ჩანართები ქანების თბოგამტარობას ამცირებს.

ქანების თბოგამტარობა დამოკიდებულია აგრეთვე შემადგენელ მარცვალთა ზომაზე. მარცვალთა ზომების შემცირებასთან ერთად ქანების თბოგამტარობის შემცირებაც დაკავშირებულია სითბური ნაკადის გზაზე მარცვალთა შორის კონტაქტთა რაოდენობის გაზრდასთან. კონტაქტებს უფრო მაღალი სითბური წინაღობა აქვს, ვიდრე კრისტალებს.

ანიზოტროპული ქანების თბოგამტარობა დამოკიდებულია სითბური ნაკადის მიმართულებაზე.

ანიზოტროპია მარტო სხვადასხვაგვარი შრეებისაგან შედგენილ ქანებს კი არა, ფიქლისებრ ქანებს და კარგი ტკეჩადობის მინერალებსაც ახასიათებს. მაგალითად; ქარსის თბოგამტარობა ტკეჩადობის გასწვრივ აღემატება ტკეჩადობის განივ თბოგამტარობას; გრაფიტისათვის ეს შეფარდება 2 და მეტს აღემატება. აღნიშნული მოვლენის ფიზიკური არსი ის არის, რომ მინერალის კრისტალურ მესერში შემავალი ნაწილაკების ურთიერთქმედება შრეულობის გასწვრივ უფრო ინტენსიურია და პირუკუ. ტკეჩადობის სიბრტყის მართობულად მოლეკულური მოძრაობა გაცილებით უარესად გადაეცემა.

ფოროვან ქანებში სითბური ენერგიის გადაცემა შეიძლება მოხდეს როგორც თბოგამტარობის გზით, ისე ფოროვანი სივრცის შემავსებელთა კონვექციით. მაგრამ, თუ გამოსაკვლევ მოცულობასთან შედარებით ფორების ზომები მცირეა, კონვექციის მოვლენა შეიძლება არ გავითვალისწინოთ. შეიძლება აგრეთვე არ გავითვალისწინოთ გამოსხივებით სითბოს გადაცემის მოვლენა, თუ ქანის გახურების ტემპერატურა 1000°C არ აღემატება.

ცნობილია რომ, ჰაერის თბოგამტარობა ძლიერ დაბალია; ამიტომ მშრალი ფოროვანი ქანების თბოგამტარობა ყოველთვის ნაკლებია არაფოროვანი ქანების თბოგამტარობაზე, მაგალითად, ქვიშის თბოგამტარობა 6—7-ჯერ ნაკლებია მკვრივი ქვიშაქვის თბოგამტარობაზე.

ზემოხსენებული თავისებურებანი თვალსაჩინოს ხდის ქანის სითბურ თვისებებზე ბზაროვნობის, აშლილობის სიბრტყეთა და გამოფიტვის გავლენას. ყველა ეს ფაქტორი მშრალი ქანების თბოგამტარობას მკვეთრად ამცირებს.

ვინაიდან ფორიანობის მომატებით ქანების მოცულობითი წონა იკლებს, მრავალ შემთხვევაში შეიძლება თბოგამტარობასა და მოცულობით წონას შორის ერთგვარი პორელაციური დამოკიდებულება დავადგინოთ, რაც მოცულობითი წონის გაზრდით თბოგამტარობის მომატებას გამოხატავს. განსაზღვრული ქანებისათვის დადგენილი ასეთი დამოკიდებულება შესაძლებლობას მოგვცემს მოცულობითი წონების მიხედვით მიახლოებით შევაფასოთ თბოგამტარობა, ისე რომ რთული ექსპერიმენტი არ ჩავატაროთ.

მცირეფოროვან ქანებშიც შეიძლება გამოვლინდეს მოცულობითი წონის გაზრდით თბოგამტარობის გადიდება. მაგრამ ამ შემთხვევაში თბოგამტარობის ზრდა უკვე სხვა ფაქტორით იქნება გამოწვეული, სახელდობრ, ქანში მადნის მინერალთა შემცველობის გადიდებით.

ფოროვანი ქანების დატენიანება იწვევს მათი თბოგამტარობის მომატებას, მაგრამ, რადგანაც წყლის თბოგამტარობა მინერალთა თბოგამტარობაზე დაბალია, დატენიანებული ფოროვანი ქანის თბოგამტარობა არასოდეს მიუახლოვდება ან გაუტოლდება ასეთივე მცირეფოროვანი ქანისას.

ტემპერატურის აწევისას ტენიანი ქანებიდან ტენი ორთქლდება. ამიტომ მათი თბოგამტარობის მრუდს $100+120^{\circ}\text{C}$ გახურებისას მაქსიმუმის წერტილი აქვს: თავდაპირველად, რადგანაც ტემპერატურის აწევისას წყლის თბოგამტარობა დიდდება, მთლიანად ქანის თბოგამტარობა იზრდება, ხოლო შემდეგ, ტენის აორთქლების პროცესის გაძლიერებასთან ერთად, თბოგამტარობა იკლებს.

ქანის ტემპერატურის ნულს ქვემოთ დაწვეა წყლის გაყინვას იწვევს, რაც მის თბოგამტარობას მკვეთრად ზრდის (რადგანაც ყინულის თბოგამტარობა წყლის თბოგამტარობაზე მეტია). გაყინული და ტენიანი ქანების თბოტევადობათა შორის განსხვავებას იყენებენ მარადიული გაყინულობის ზონაში გაყინული ქანის ფენების გამოსაკვლევად.

გარემოს ტემპერატურის ცვლილებასთან ერთად მკვერივი ქანების თბოგამტარობაც იცვლება.

ტემპერატურის აწევა თითქმის ყველა კრისტალური მინერალისა და ქანის თბოტევადობას ამცირებს, ხოლო ამორფული მინერალებისა და ქანების (ობსიდიანი, კვარცის ამორფული ნაირსახეობანი) თბოტევადობას ამაღლებს. თბოგამტარობის ერთგვარი ზრდა თავს იჩენს აგრეთვე ანორთოზიტებში, თიხებსა და ქვანახშირებში.

ტემპერატურის დაწვეა ქანების თბოგამტარობას ადიდებს, თანაც აბსოლუტური ტემპერატურის $5+30^{\circ}\text{K}$ არეში თავს იჩენს მისი მაქსიმუმი.

მადნის მინერალების კუთრი თბოტევადობა, ჩვეულებრივ, დაბალია, ამიტომ მადნიანი ქანების თბოტევადობა უფრო მცირეა, ვიდრე არამადნიანი ქანების. თბოტევადობა ქანების მდგომარეობაზე არ არის დამოკიდებული, სულ ერთია, ამორფული იქნება იგი, თუ კრისტალური. მაგალითად, კრისტალური და მდნარი კვარცის თბოტევადობა ერთნაირია. თბოტევადობა არ არის დამოკიდებული ქანების აღნაგობის ყველა სხვა პარამეტრზეც (მარცვლოვნება, მიწეულობა და ა. შ.).

ქანის გახურება მარტო შიგა ენერჯის გაზრდასთან კი არა, გარე მუშაობის შესრულებასთანაც არის დაკავშირებული, ამიტომ მუდმივი წნევისას განსაზღვრული თბოტევადობა, ჩვეულებრივ, მუდმივი მოცულობისას განსაზღვრულ თბოტევადობას აღემატება.

ტემპერატურის აწევისას მკვერივი ქანების თბოტევადობა, ჩვეულებრივ, იზრდება. მყარი სხეულის ფიზიკის თეორიულ დებულებათა თანახმად დაბალი ტემპერატურის დროს თბოტევადობა დაახლოებით T^3 , პროპორციულია (სადაც T -აბსოლუტური ტემპერატურაა).

ქანების კუთრი თბოტევადობა ფორიანობაზე პრაქტიკულად არ არის დამოკიდებული, ხოლო მოცულობითი თბოტევადობა ფორიანობის გაზრდით მცირდება. ზუსტად ასევე მცირდება ქანის მოცულობითი სიმკვრივე. წყლის თბოტევადობა (4,18 ჯ/გ. გრად) მნიშვნელოვნად აღემატება ნებისმიერი მინერალის თბოტევადობას. ამიტომ ფოროვანი და წყალნაჯერი ქანების თბოტევადობის მაჩვენებელს სხვა ქანებთან შედარებით უდიდესი მნიშვნელობა აქვს. მაქსიმალურად ტენიანი თუ ტენიანი ქანი გაიყინა, მისი თბოტევადობა რამდენადმე დაიწვეს (გაუყინავ ქანთან შედარებით), მაგრამ მაინც მკვრივი ქანების თბოტევადობაზე მაღალი რჩება.

ქანების ტემპერატურაგამტარობა. ტემპერატურაგამტარობის სიდიდეზე გავლენას ახდენს იგივე ფაქტორები. ქანების ტემპერატურაგამტარობის ცვლილება გაცილებით უფრო ფართო საზღვრებში ხდება, ვიდრე თბოტევადობის. ქანების ტემპერატურაგამტარობის მაჩვენებელი 10^{-5} - 10^{-7} მ²/წმ რიგისაა.

სიმკვრივის გაზრდით ტემპერატურაგამტარობა მცირდება, მაგრამ, ვინაიდან ამ დროს ქანის თბოგამტარობა მატულობს, ტემპერატურაგამტარობის დაკლება უმნიშვნელოა.

მცირე დატენიანების დროს ქანის ტემპერატურაგამტარობა თბოგამტარობის გაზრდის გამო მატულობს.

იმის გამო, რომ ქანის თბოტევადობაც იზრდება, ტენიანობის გადიდება ტემპერატურაგამტარობის შემცირებას იწვევს.

ქანების ტემპერატურის გაზრდა უმეტეს შემთხვევაში მათ ტემპერატურაგამტარობას ამცირებს. რაც შეეხება ამორფულ ქანებს, აგრეთვე ნახშირებს, თიხებს და ა.შ. გახურებასთან ერთად მათი ტემპერატურაგამტარობა იზრდება.

თბოგამტარობისა და ტემპერატურაგამტარობის კოეფიციენტები ქანების თბოიზოლაციურ თვისებებს ახასიათებს. სტაციონარული სითბური რეჟიმის დროს უმცირესი თბოგამტარობის ქანები კარგი თბოიზოლაციით გამოირჩევა. არასტაციონარული სითბური რეჟიმის დროს ქანების იზოლაციურ თვისებათა განმსაზღვრელი ნიშანი მათი ტემპერატურაგამტარობაა.

ქანების სითბური გაფართოება. ქანების წრფივი და მოცულობითი სითბური გაფართოების კოეფიციენტები უმნიშვნელოვანესი თბოფიზიკური მახასიათებლებია.

ეს მაჩვენებლები განსაზღვრავენ ქანების გარდაქმნას უნარს სითბურიმექანიკურად, ანუ შიგა მუშაობად, რაც დაკავშირებულია ქანის რღვევასთან. წრფივი გაფართოების კოეფიციენტი-ა კრისტალური მესრის ენერჯის გაზრდისას მცირდება. ამიტომ, თუ მინერალების სიმკვრივე გაიზარდა, მთლიანობაში ქანისათვის წრფივი გაფართოების კოეფიციენტი ერთგვარად მცირდება.

სითბური გაფართოების მაღალი მაჩვენებლით ხასიათდება გოგირდი, ქვამარილი, ქარსის ფლუორიტი, კვარცი.

წრფივი გაფართოების კოეფიციენტის ჭეშმარიტი მნიშვნელობა ფორიანობაზე არ არის დამოკიდებული, რადგან მისი სიდიდე მხოლოდ ქანის მინერალურ ჩონჩხთან არის დაკავშირებული.

მინების წრფივი გაფართოების კოეფიციენტი $16 \cdot 10^{-6}$ - $38 \cdot 10^{-8}$ შუალედში იცვლება, ცალკეული კრისტალებისა $2 \cdot 10^{-6}$ – $89 \cdot 10^{-6}$, ე.ი მინებისა და კრისტალების თერმული გაფართოების კოეფიციენტები ერთიმეორისაგან პრაქტიკულად არ განსხვავდება. კრისტალებისა და შრეული ქანების სითბური გაფართოება სხვადასხვა მიმართულებით სხვადასხვანაირია. კალციტის მონოკრისტალები გახურების დროს მხოლოდ ერთი მიმართულებით გრძელდება, დანარჩენი მიმართულებით კი მოკლდება. კვარცი ერთი მიმართულებით ორჯერ უფრო მეტად ფართოვდება, ვიდრე სხვა მიმართულებებით.

ქანების გაფართოებაზე გარე ფაქტორებიც ახდენს გავლენას. წრფივი გაფართოების კოეფიციენტი ყველაზე უფრო მნიშვნელოვან ცვლილებას სხვადასხვა ტემპერატურის პირობებში განიცდის. ტემპერატურის 600° =მდე აწევსას მისი მნიშვნელობა ძლიერ იზრდება.

ფოროვანი ქანების დატენიანება რამდენადმე ზრდის მათი სითბური გაფართოების კოეფიციენტს. ამ უკანასკნელის სიდიდეზე გავლენას ახდენს ტენის მარტოოდენ ის ნაწილი, რომელიც დახურულ სივრცეშია და წნევის გამო თავისუფლად გადაადგილება არ შეუძლია.

ყოველმხრივი წნევის ამალელებასთან ერთად თერმული გაფართოების კოეფიციენტის მნიშვნელობა მცირდება.

- ცხოხადობით, ანუ თვისებით, ჰაერის შეულწევლად დარბილდეს გახურების დროს. 350-470° C ტემპერატურის ინტერვალში პლასტიკურ მდგომარეობაში გადავიდეს და შეცხოილი მყარი ნატეხი წარმოქმნას;
- კოქსვადობით, ანუ გახურების დროს კოქსის წარმოქმნის თვისებით;
- აქროლად ნივთიერებათა გამოსვლით, ანუ ჰაერის შეულწევლად ნახშირის გახურების დროს გამოსული გაზის რაოდენობით.

ნახშირის ეს თერმული პარამეტრები სპეციალური ტექნოლოგიური მაჩვენებლებია. მათი მეშვეობით განსაზღვრავენ ნახშირის სამრეწველო ხარისხს და, გარდა ამისა, იყენებენ მოპოვების გეოტექნოლოგიური წესების, მაგალითად ნახშირის მიწისქვეშა გაზიფიკაციის გამოსათვლელად.

ტექნოლოგიურ პარამეტრებს მიეკუთვნება აგრეთვე ქანების თერმომედეგობა და ყინვამედეგობა.

თერმომედეგობა ქანის უნარია წინააღმდეგობა გაუწიოს თერმულ(გახურებისას წარმოქმნილი თერმოდაძაბულობისაგან) რღვევას. თერმომედეგობა ხასიათდება განსაკუთრებული (k_m) კოეფიციენტით.

ყინვამედეგობა ახასიათებს ტენიანი ქანის გამძლეობას და ფასდება გაყინვისა და ლლობის ციკლთა რიცხვით, რის შედეგადაც ნიმუში თავის მექანიკურ სიმტკიცეს კარგავს ამ მაჩვენებელს ითვალისწინებენ საინჟინროტექნიკურ ნაგებობებში გამოყენებული საშენი ქვის შესაფასებლად.

ყინვამედეგობას იყენებენ აგრეთვე სამთო საქმეში, მაგალითად, კარიერებზე გვერდის მდგრადობის გამოსათვლელად.

ქანის სხვა სითბური თვისებები. ზემოთ განხილული ყველა სითბური პარამეტრი ქანების ფაზურ ცვლილებებთან არ არის დაკავშირებული, ამავე დროს ქანის ტემპერატურის გაზრდა იწვევს მინერალების პოლიმორფულ გარდაქმნებს, დნობას, აორთქლებას და ა.შ.

პოლიმორფული გარდაქმნები (ნივთიერების კრისტალური მესრის კვლავაწყობა მაღალი ან დაბალი ტემპერატურების ზემოქმედებით) ნიშანდობლივია მრავალი მინერალისათვის. ყველაზე უფრო ფართოდ ცნობილია მაღალი ტემპერატურის დროს

კვარცის პოლიმორფული გარდაქმნები, რომლებსაც თან ახლავს მოცულობის მნიშვნელოვანი ზრდა.

ქვანახშირები ხასიათდებიან ზოგიერთი განსაკუთრებული თერმული თვისებით:

- დაწვის სითბოთი, ანუ სითბოს იმ რაოდენობით, რომელიც 1 კგ ნახშირის სრული დაწვის დროს გამოიყოფა;
- თერმოქიმიური მეთოდებით, ანუ გახურების დროს ქიმიური დაშლისადმი წინააღმდეგობის უნარით. განახშიროვნების ხარისხის გაზრდასთან ერთად ნახშირის თერმოქიმიური მედეგობა მატულობს.
- ცხოხადობით, ანუ თვისებით ჰაერის შეუღწევლად გახურების დროს დარბილდეს. 350-470 C ტემპერატურის ინტერვალში პლასტიკურ მდგომარეობაში გადავიდეს და შეცხოვრილი მყარი ნატეხი წარმოქმნას;
- კოქსვადობით, ანუ გახურების დროს კოქსის წარმოქმნის თვისებით;
- აქროლად ნივთიერებათა გამოსვლით, ანუ ჰაერის შეუღწევლად ნახშირის გახურების დროს გამოსული გაზის რაოდენობით.

ნახშირის ეს თერმული პარამეტრები სპეციალური ტექნოლოგიური მაჩვენებლებია. მათი მეშვეობით განსაზღვრავენ ნახშირის სამრეწველო ხარისხს და, გარდა ამისა, იყენებენ მოპოვების გეოტექნოლოგიური წესების, მაგალითად ნახშირის მიწისქვეშა გაზიფიკაციის გამოსათვლელად.

ტექნოლოგიურ პარამეტრებს მიეკუთვნება აგრეთვე ქანების თერმომედეგობა და ყინვამედეგობა.

თერმომედეგობა ქანის უნარია წინააღმდეგობა გაუწიოს თერმულ(გახურებისას წარმოქმნილი თერმოდამაბულობისაგან) რღვევას. თერმომედეგობა ხასიათდება განსაკუთრებული (k_m) კოეფიციენტით.

ყინვამედეგობა ახასიათებს ტენიანი ქანის გამძლეობას და ფასდება გაყინვისა და ღებობის ციკლთა რიცხვით, რის შედეგადაც ნიმუში თავის მექანიკურ სიმტკიცეს

კარგავს ამ მაჩვენებელს ითვალისწინებენ საინჟინროტექნიკურ ნაგებობებში გამოყენებული საშენი ქვის შესაფასებლად.

ყინვამედეგობას იყენებენ აგრეთვე სამთო საქმეში, მაგალითად, კარიერებზე გვერდის მდგრადობის გამოსათვლელად.

3.2. თერმოდინამიკური პროცესები სამთო საქმეში

სამთო წარმოებაში თერმოდინამიკურ მოვლენებს ძირითადად ორი მიმართულებით იყენებენ. ერთი მხრივ, ეს ქანების შესახებ აუცილებელი ინფორმაციის მიღებაა და მეორე მხრივ, სასარგებლო წიაღისეულზე ზემოქმედება იმ მიზნით, რომ მისი ამოღების ტექნოლოგია სრულყონ.

3.2.1. ქანების შესახებ ინფორმაციის მიღება.

მასივების თერმული გამოკვლევის ძირითადი მეთოდი ტემპერატურის გაზომვას როგორც სიღრმეზე (დრმა ჭაბურღილებში), ისე გარკვეულ ფართობზე.

ქანების ტემპერატურა გარკვეულად არის დამოკიდებული ქანების თვისებებსა და მასივის მდგომარეობაზე.

გეოფიზიკურ გამოკვლევებში გამოიყენება როგორც დედამიწის ბუნებრივი ტემპერატურული ველები, ისე ხელოვნური ველებიც, რომლებსაც ჭაბურღილებში ცხელი ლამის დაჭირხნით ქმნიან.

დამყარებული ტემპერატურის ზონაში (20-30 მ სიღრმის ქვემოთ) ქანის ტემპერატურა შიგამიწისეული ფაქტორების ფუნქციაა, სახელდობრ დიდი სიღრმიდან ამომავალი სითბოსი, რადიოაქტიური პროცესებისა ან ქიმიური რეაქციების შედეგად გამოყოფილი სითბოსი და სხვ. სიღრმის გაზრდასთან ერთად, ტემპერატურა იზრდება. ამასთან, მასივისათვის განსაზღვრულ ბუნებრივ ტემპერატურათა გრადიენტს გეოთერმული გრადიენტი ლ'ეწოდება:

$$\lambda^* = \frac{q}{gradT}$$

მუდმივი სითბოს ნაკადების ($q=const$) დროს შეიძლება ჩავთვალოთ:

მაშასადამე, ჭაბურღილის თერმოკაროტაჟის შედეგად შეიძლება, ჯერ ერთი, გეოთერმული გრადიენტი დავადგინოთ, მეორეც, მასივი სხვადასხვა სითბური თვისებების მქონე ქანებად:

$$q/\text{grad}T = \text{const.}$$

თბოგამტარობის მიხედვით მრავალი ქანი ერთიმეორისაგან არსებითად განსხვავდება, ამიტომ შეიძლება გარკვეული ტიპის ქანები გამოვყოთ. მაგალითად, თერმოკაროტაჟის მეშვეობით იკვლევენ მრავალწლიანი გაყინულობის ზონაში გაყვანილ ჭაბურღილებს და ადგენენ გაყინული ქანების საზღვარს, გაღობის ზონას, გაყინვის ხარისხსა და სხვ. თერმოკაროტაჟის მეშვეობით ჭაბურღილებში განსაზღვრავენ წყლის მოდინების ადგილებს და შეაფასებენ მასივში წყლის ფილტრაციის სიჩქარეს. ეს გარემოება იმასთან არის დაკავშირებული, რომ წყლის ნაკადი სითბოს გადამტანია, თერმოგრამებზე კი წყლის მოდინების ადგილები ანიმალიებით გამომჟღავნდება, ხოლო ანომალიების სიდიდით ფილტრაციის სიჩქარეს იკვლევენ.

ზოგიერთი სასარგებლო წიაღისეული გეოტემპერატურულ ანომალიას წარმოქმნის (სულფიდური მადნები და ქვანახშირები ჟანგვის პროცესის შედეგად **ორშესცემდი** ფენები გოიმების ეფექტის შედეგად და სხვა) აირშემცველი ფენები გაცივების ეფექტის შედეგად და სხვა). ამიტომ თერმოგრამებზე აღნიშნული ანომალიების გამომჟღავნებამ შეიძლება მადნეულთა ახალი საბადოები გამოავლინოს.

შესაბამისი სითბური ანომალიის გამოსავლენად გეოთერმულ დაკვირვებებს ახდენენ აგრეთვე, სამთო გვირაბების გაყვანისა და წმენდითი სამუშაოების დროს, რისთვისაც წინმსწრებ შპურებს იყენებენ. ამ ანომალიათა ინტერპრეტაცია საშუალებას გვაძლევს ვიმსჯელოთ თუ რა შეგვხვდება წინ: მიწისქვეშა წყლები, დაგროვებული აირები, მადნის ჩანართები და ა.შ.

გეოთერმული გამოკვლევების დროს სამთოელები გამოითვლიან განიავების სწორ რეჟიმს, უზრუნველყოფენ ადამიანებისა და მოწყობილობების მუშაობის ნორმალურ პირობებს და აიცდენენ უბედურ შემთხვევებს. ყოველივე აღნიშნულს განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს აირისა და მტვრის მხრივ საშიშ შახტებში. მინერალოგიისა და

პეტროგრაფიაში თერმულ გამოკვლევებს მიმართავენ მინერალების დიაგნოსტიკისა და ქანების მინერალური შედგენილობის განსაზღვრისათვის.

3.2.2. თერმული ძაბვები

ძაბვები ქანებზე სითბურ ზემოქმედებას განსაკუთრებით ფართოდ იყენებენ. ეს იმით აიხსნება, რომ მაღალი ტემპერატურა ქანის ფიზიკურ თვისებებს მკვეთრად ცვლის. არსებობს ქანებზე სითბური ზემოქმედების ორი პრაქტიკული მიმართულება: თერმოდინამიკური და თერმოქიმიური. პირველის შედეგად ქანი სითბურ ენერგიას მექანიკურად გარდაქმნის და შესაბამისად შეიცვლის თავის მექანიკურ თვისებებსა და მდგომარეობას. მეორის შედეგად წარმოიქმნება თერმოქიმიური ეფექტი: ქანების დაშლა, წვა, დნობა და ა. შ.

სითბური ენერგიის მექანიკურად გარდაქმნის უნარი ხასიათდება ქანის სითბური გაფართოების კოეფიციენტისა და დრეკადობის მაჩვენებლებით.

ქანის ღეროს სითბურ გაფართოებას შემდეგი ფორმულით გამოითვლიან:

$$\Delta L = \beta \Delta T L.$$

თუ ღერო ორივე მხრიდან ხისტად არის დამაგრებული, გახურებისას მასში წარმოიქმნება თერმული ძაბვები, რომელთა სიდიდე საკმარისია წაგრძელებული ღეროს საწყის ზომებამდე შესაკუმშად:

$$\sigma_{\text{თ}} = \frac{E \Delta L}{L} = E \beta \Delta T.$$

ზუსტად ასევე გამოითვლება თერმული ძაბვები ქანის რომელიღაც გახურებულ მოცულობაში, რაც მასივის შიგნით არის მოთავსებული და გაფართოების შესაძლებლობა არ გააჩნია:

$$\sigma_{\text{თ}} = \alpha K \Delta T.$$

ქანის ზემოხსენებული მოცულობა კუმშვის დაძაბულობას განიცდის, მისი გარემომცველი ნაწილები კი, მდებარეობის მიხედვით—როგორც კუმშვის ასევე გაჭიმვის დაძაბულობას.

ვინაიდან თერმული ძაბვების სიდიდე βE ნამრავლით განისაზღვრება, ამიტომ შიგა და გარე ფაქტორებისაგან აღნიშნული ძაბვების, გაუხურებელი ნაწილების იუნგის და წრფივი გაფართოების კოეფიციენტის დამოკიდებულება ერთი და იმავე ხასიათისაა. მაგალითად, ქანის ფორიანობის გადიდებით თერმული ძაბვები მცირდება.

ტენიანობა თერმულ ძაბვებზე არსებით გავლენას არ ახდენს, ვინაიდან ქანის გახურების ტემპერატურა ჩვეულებრივ 100°C აღემატება (ე. ი. ქანი გამომშრალ მდგომარეობაშია). გამონაკლისს ის ტენი შეადგენს, რომელიც დახურულ ფორებშია, ასეთი ქანის ჩვეულებრივი გახურებისას ტენის აორთქლება ხდება, რის შედეგადაც დამატებითი თერმული ძაბვები წარმოიშობა.

იმ მომენტში, როდესაც თერმული ძაბვები ქანის სიმტკიცის ზღვარს გადააჭარბებს, იგი დაირღვევა, მაშასადამე, ქანის რღვევის პირობა ასე გამოისახება:

$$\sigma_{\theta} \geq [\sigma_{\theta}].$$

თერმული ძაბვებით ქანების რღვევა სამთო წარმოებაში სითბური ზემოქმედების გამოყენების უპირველესი და ყველაზე უფრო ფართო არეა.

ვინაიდან ქანებისათვის $\sigma_{\theta} \ll \sigma_{\theta}$, ამიტომ მათი რღვევისათვის ყველაზე უფრო მიზანშეწონილია გამჭიმავი თერმული ძაბვები გამოვიყენოთ.

მძვრელი და გამჭიმავი ძაბვები მაშინ წარმოიქმნება, თუ ქანის გასახურებელი მოცულობის (მუშა სხეულის) ადგილმდებარეობას შესაბამისად შევარჩევთ. რღვევა ყველაზე უფრო ეფექტურია, თუ მუშა სხეული დასარღვევი მოცულობის შიგნით მოექცევა. ამ დროს ქანი გამჭიმავი ძაბვების შედეგად ირღვევა. მაგრამ უმეტეს შემთხვევაში გახურებისათვის მხოლოდ ქანის ზედაპირია ხელმისაწვდომი. მუშა სხეული რომ მასივში ჩავადრმავოთ, საჭიროა სითბოს წყაროც შესაბამისად ჩადრმავდეს, აღნიშნულის განსახორციელებლად მასივში გარკვეულ სიღრმეზე ჭაბურღილებსა და შპურებს ბურღავენ.

ქანების თერმული რღვევა სითბოს ნებისმიერი წყაროთი ზედაპირიდან ან სიღრმიდან (შპურიდან) გახურებით, არაგაბარიტის გაპობა ქანის თერმული რღვევის ერთ-ერთი უძველესი ხერხია.

ყველაზე უფრო ეფექტურად ისეთი ქანები ირღვევა, რომელთა შემადგენელი მინერალები გამოირჩევა განსხვავებული სითბური გაფართოების კოეფიციენტებით, βE პარამეტრის მაღალი მნიშვნელობითა და არაპლასტიკური ცემენტით, რომელიც მარცვლების გაფართოებას წინააღმდეგობას უწევს.

რბილ და ფხვიერ ქანებში მცირე თერმული ძაბვები წარმოიქმნება. რკინოვანი ქანები მაღალი თბოგამტარობითა და დნობისადმი მიდრეკილებით გამოირჩევა. ბზაროვანი ქანები აირის ჭკლით დიდ სიღრმეებზე ადვილად ხურდება, რაც სხვადასხვა შრის გახურების ხარისხს ათანაბრებს და თერმულ ძაბვებს ამცირებს; ასეთი ქანების თერმული რღვევა გაძნელებულია.

თერმობურღვადობის კრიტერიუმები დაფუძნებულია წარმოქმნილი ძაბვებისა და ქანის სიმტკიცის თვისებათა ურთიერთშედარებაზე. ქანების თერმობურღვადობას აფასებენ Π პარამეტრით:

$$\Pi = \beta E / \sigma_{\text{с}} \gamma \nu',$$

სადაც ν' მაჩვენებელია, რომელიც ქანის გახურებისას მის ფარდობით პლასტიკურობას ახასიათებს.

პარამეტრი Π თერმობურღვის სიჩქარის გამოსახულების შემადგენელი ნაწილია და მას (სიჩქარეს) ქანის ფიზიკური თვისებებით ახასიათებს. რაც უფრო ნაკლებია Π მნიშვნელობა, მით უფრო ძნელია ქანის თერმული რღვევა. ბურღვადი ქანებისათვის Π მნიშვნელობა $5 \cdot 10^{-2}$ -დან $1,5 \cdot 10^{-2}$ -მდე მერყეობს. ცდებით დასტურდება, რომ კვარცხემცველი ქანები თერმული წესით კარგად იბურღება, ვინაიდან კვარცი გამოირჩევა βE პარამეტრის მაღალი მნიშვნელობით და დნობის მაღალი ტემპერატურით. საგულისხმოა აგრეთვე ის გარემოება, რომ ტემპერატურის აწევისას კვარცი თავის სიმყიფეს არ კარგავს ($\nu' = 1$).

ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა, რომ თერმული ბურღვის დროს ქანის ნაწილაკების ახლეჩა ხდება ზედაპირის მარტოოდენ $300-600^{\circ}\text{C}$ გახურებისას. ე.ი. უმეტეს შემთხვევაში კვარცის რღვევა მის პოლიმორფულ გარდაქმნებთან არ არის დაკავშირებული, თუმცა ამ უკანასკნელთა მნიშვნელობა ამით არა მცირდება,

ვინაიდან სწორედ პოლიმორფული გარდაქმნების არეში წარმოიშობა მაღალი თერმული ძაბვები, რომლებიც ხელს უწყობს ქანის რღვევას.

თერმული ბურღვის სიჩქარე დამოკიდებულია აგრეთვე რეაქტიული სანთურის მახასიათებლებსა და მისი მუშაობის რეჟიმზე, დიდ გავლენას ახდენს კუთრი სითბური ნაკადი q , ანუ სითბოს იმ რაოდენობა, რომელიც სახურებელი ზედაპირის ერთეულს გადაეცემა.

თერმულ ბურღებში აირის ნაკადის სიჩქარე 1600-2000 მ/წმ აღწევს, ხოლო კუთრი სითბური ნაკადები შესაბამისად 10^5 - 10^6 ჯ/მ². წვის კამერაში წნევის გადიდებით სითბური ნაკადები იზრდება.

საწვავის წამური ხარჯისა და წვის კამერაში წნევის გასადიდებლად ზოგიერთ შემთხვევაში ქანგბადის ნაცვლად მჟანგავად აზოტმჟავას იყენებენ. ცდებით დადგენილია, რომ პლაზმური სანთურებით მაგარი ქანების ბურღვა შესაძლებელია. პლაზმური სანთურები მაღალ ტემპერატურას ქმნის, რაც აირის სანთურის ტემპერატურას ათეულჯერ აღემატება.

ქანების თერმულ რღვევას მნიშვნელოვანი პერსპექტივა აქვს. ქანების სითბური თვისებებისა და თერმული პროცესების გამოკვლევები, ალბათ, თერმული ბურღვის გამოყენების არეს გააფართოებს. ამჟამად თერმულ ბურღვას მხოლოდ ღია სამთო სამუშაოების პირობებში იყენებენ, თუმცა მისი განხორციელება მიწისქვეშა პირობებშიც შეიძლება. შესაძლებელია აგრეთვე შეიქმნას გვირაბგასაყვანი მანქანები, რომლებიც დაფუძნებული იქნება თერმული და მექანიკური რღვევის ერთობლივ ზემოქმედებაზე—აირის სანთურით გვირაბის სანგრევს დაანაწევრებენ, ხოლო მექანიკური ორგანოთი ქანის ნაწილებს მასივიდან საბოლოოდ მოანგრევენ.

თერმოდინამიკა გამოიყენება აგრეთვე დამხმარე პროცესებში. პრაქტიკაში მარტო თერმულ ძაბვებს კი არა, ქანზე სითბური ზემოქმედების ყველა დანარჩენ პროცესსაც იყენებენ. სითბურ პროცესებს არსებითი მნიშვნელობა აქვს ისეთი სამუშაოების წარმოებისას, როგორც არის ქანის გაყინვისაგან დაცვა, გაყინული ქანის გაღობა, სამთო გვირაბებში კედლების გაყინვა და სხვ.

ყველა ამ შემთხვევაში გვიხდება ტემპერატურათა განაწილების, საჭირო სითბური ნაკადებისა და სხვა ამოცანათა ამოხსნა.

საბადოთა ღია დამუშავების დროს ზამთარში როტორული ექსკავატორებით მუშაობის უზრუნველსაყოფად ხშირად საჭიროა ქანის ზედა შრე გაყინვისაგან დავიცვათ. თუ ქანს გაყინვისაგან არ დავიცავთ, მაშინ აუცილებელია ზედა შრის გაღებობა. ეს ოპერაცია სხვადასხვა მეთოდებით ხორციელდება: გასაღებობ ზედაპირზე საწვავის (კოქსის) უშუალო დაწვით, ამ ზედაპირზე სხვადასხვა სითბომატარებლების (ცხელი აირის ან ორთქლის) ზემოქმედებით და სხვა.

ყველა ამ შემთხვევაში იყენებენ ნახევრად უსასრულო მყარ სხეულში სითბოს გავრცელების კანონზომიერებებს. ქანის გახურების სიღრმე და ტემპერატურა დამოკიდებულია მის ტემპერატურაგამტარობაზე, ხოლო გათბობის დრო გაყინული შრის სისქის h კვადრატის უკუპროპორციულია, ამიტომ h დიდი მნიშვნელობის დროს ქანის ზედაპირიდან გახურება ნაკლებად მწარმოებლური და ძვირია. მაგალითად, ნიადაგის 45 სმ სიღრმემდე გასაღებობად საჭიროა ქანის ზედაპირზე დაახლოებით 10 საათის განმავლობაში 800°C ტემპერატურის უწყვეტად შენარჩუნება.

თბოგამტარობით სითბოგადაცემის ყველა აღნიშნულ შემთხვევას სითბოს კონვექცია ახლავს. გარდა ამისა, სითბოს გადატანასთან ერთად თვით ნივთიერების გადატანაც ხდება. მაგალითად, ტენი გახურებული უბნიდან თანდათან უფრო გაციებული უბნისაკენ გადაინაცვლებს. ამ პროცესების შედეგად ტემპერატურათა განაწილების კანონები საკმაოდ რთულდება. სითბოსა და ნივთიერების ერთობლივი გავრცელების პროცესებს მასისა და სითბოგადატანის თეორია იხილავს.

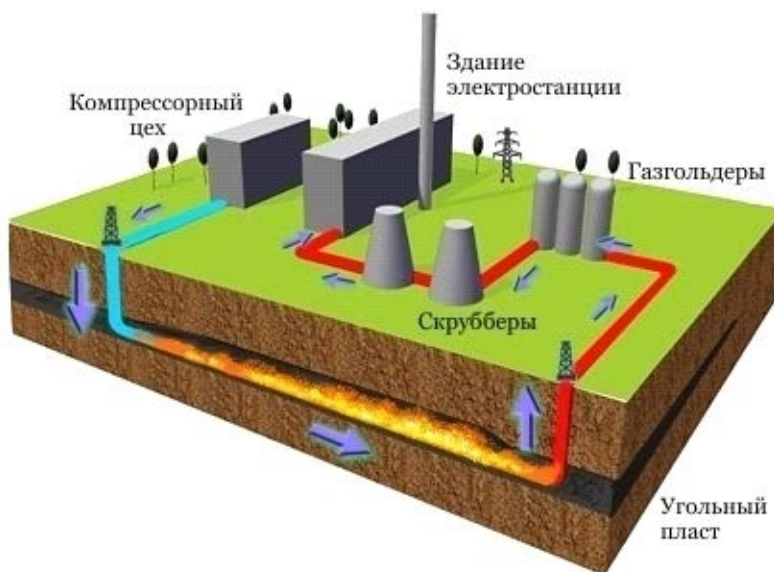
მასისა და სითბოგადატანის კანონზომიერებებს ექვემდებარება აგრეთვე ისეთი პროცესები, როგორც არის სატრანსპორტო ჭურჭლებში ქანების გაღებობა, გვირაბების გაყვანისას ქანების გაყინვა და სხვა.

მაღალი ტემპერატურის ზეგავლენით თიხოვანი ქანების შეცხოვადობა ხელს უწყობს გვირაბების მდგრადობასა და წყალშეუღწევობას. ეს გარემოება განსაკუთრებით საგულისხმოა მეწყეროვან, მზურცავ და მცურავ ქანებში გვირაბების გაყვანისას.

3.2.3. სითბური პროცესები გეოტექნოლოგიურ მეთოდებში.

სითბური პროცესების გამოყენებაზე სასარგებლო წიაღისეულთა მოპოვების მრავალი ახალი გეოტექნოლოგიური მეთოდია დაფუძნებული. ამჟამად უდიდეს ინტერესს იწვევს ქვანახშირებისა და მურა ნახშირების მიწისქვეშა გაზიფიკაცია, ფიქლების მიწისქვეშა გამოხდა, მადნეულთა მოპოვება დნობით, აქროლებით, აღდგენით და ა. შ.

ნახშირების გაზიფიკაციის არსია მათი მიწისქვეშა დაწვა და მიღებული საწვავი აირის ამოტუმბვა, უმარტივეს შემთხვევაში ამისათვის ბურღავენ ორ ჭაბურღილს, რომლებითაც საგაზიფიკაციო ფენას გახსნიან. ჭაბურღილებს ერთიმეორესთან აერთებენ და ქმნიან არხს, რომელშიც აირი და ჰაერი გაივლის. შემდგომ ფენას ცეცხლს უკიდებენ, ერთი ჭაბურღილით განუწყვეტლივ ჰაერს აწვდიან, მეორით კი საწვავ აირს ამოტუმბავენ (ნახ.3.1.).



ნახ.3.1.ნახშირის მიწისქვეშა გაზიფიკაციის სქემა.

ბერვის რეჟიმისაგან დამოკიდებულებით განსხვავებული ქიმიური შედგენილობის აირს იღებენ.

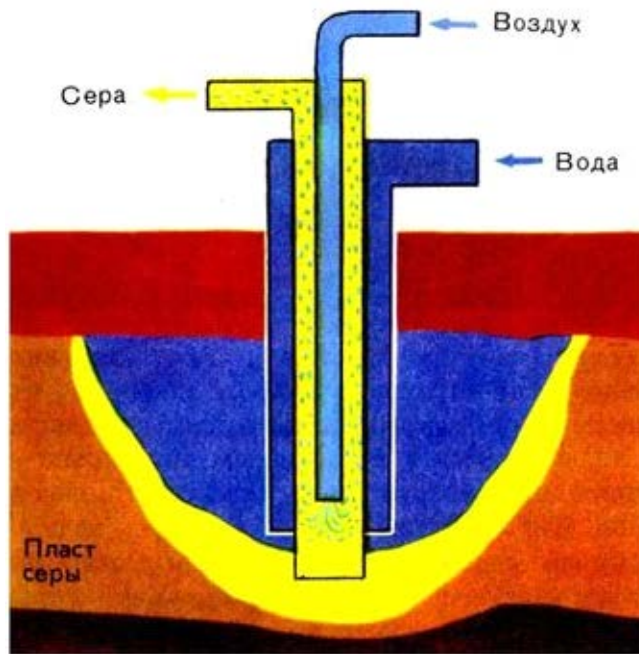
გაზიფიკაციის პირველი სამრეწველო ცდები დაიწყო დონეცკისა (ლისიჩანსკის, გორლოვკისა და სხვა სადგურები) და მოსკოვის ქვანახშირის აუზებში.

არსებობს პროექტები, რომლებიც ითვალისწინებს ქვანახშირის გაზიფიკაციას ღია დამუშავების პირობებში. ერთ-ერთი ასეთი პროექტის თანახმად, სანგრევში ამოსაღები ექსკავატორის ნაცვლად სპეციალური დანადგარი მუშაობს, რომელიც ნახშირს ინტენსიური რეჟიმით წვავს (მაღალი ტემპერატურისა და დაშლის რეაქციის დიდი სიჩქარის პირობებში).

თხიერი საწვავის უშუალო მისაღებად ფიქლები ს გამოხდა თავდაპირველად შვეციაში განხორციელდა. ამისათვის მიწის ზედაპირიზე ბურღავდნენ ჭაბურღილებს, რომელთა განლაგებას გეგმაზე ექვსკუთხედის ფორმა ჰქონდა. ექვსკუთხედის გვერდები 13 მ უდრიდა.

თითოეულ ჭაბურღილში უშვებდნენ ელექტროსაბურებელს, რაც ფენის ტემპერატურას $400+500^{\circ}\text{C}$ -მდე ზრდიდა. აღნიშნული ტემპერატურის დროს ფიქალი იმლება. ფიქლის გამოხდის პროდუქტები ცენტრალური ჭაბურღილიდან ამოჰქონდათ.

გოგირდის მიწისქვეშა გამოდნობის მეთოდი 1903წ. ინჟინერმა ფრაშმა შეიმუშავა. ნახ.3.2-ზე ნაჩვენებია გოგირდის მიწისქვეშა გამოდნობის სქემა.



ნახ.3.2. ნაჩვენებია გოგირდის მიწისქვეშა გამოდნობის სქემა.

ამ მეთოდს ფართოდ იყენებენ ამერიკის შეერთებულ შტატებში, სადაც მიწისქვეშა გამოდნობით მთელი გოგირდის თითქმის 80 % მოიპოვებენ. ფრაშის მეთოდის თავდაპირველი ვარიანტი ასეთია. გოგირდშემცველ ფენაში იბურდება 250-300 მმ დიამეტრის ვერტიკალური ჭაბურღილი, რომელშიც მილების კომპლექტს ათავსებენ. ერთ-ერთი მილით გადახურებული წყალი (160-170° C) მიეწოდება. წყალი ფენაში შეაღწევს და გოგირდს გამოადნობს. გამდნარი გოგირდი მოედინება ჭაბურღილში, შედის მილში, რომლითაც შეკუმშული ჰაერის მეშვეობით ზედაპირზე ამოდის და საწყობში გადაიზიდება.

ერთი ჭაბურღილით ფენის სრულ გამოფიტვამდე 4000-5000 ტ-ზე მეტ გოგირდს მოიპოვებენ (თუ ფენის სიმძლავრე დაახლოებით 30 მ უდრის), თანაც გოგირდის გამოდნობა უზრუნველყოფილია 20-30 მ დიამეტრის უბნიდან.

თუ რაოდენ ხელსაყრელია გეოტექნოლოგიური მეთოდებით მადნეულთა მოპოვება, თვალნათლივ დასტურდება ასეთი მაგალითით: ამერიკის შეერთებული შტატების ერთ-ერთ მადაროში, რომლის წლიური მწარმოებლობა 1,5 მლნ. ტ გამომდნარი

გოგირდი იყო, მხოლოდ 150 კაცი მუშაობდა, ე. ი. ნაკლები, ვიდრე მსხვილ კარიერებზე.

ბოლო დროს ფრაზის მეთოდი მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდა. რეკომენდებულია, მაგალითად, მრუდწირული ჭაბურღილების გამოყენება, რომელთა მეშვეობითაც წყალსატევების ქვეშ შეაღწევენ. აღნიშნულის შედეგად იზრდება ჭაბურღილის მოქმედების რადიუსი (ერთ ჭაბურღილს შეუძლია 100 000 ტ-ზე მეტი გოგირდი მოგვცეს). სარგებლობენ აგრეთვე ორი ჭაბურღილით, რომელთა შორის ცხელი წყლის ან აირის ცირკულაცია ხდება. ერთი ჭაბურღილით სითბომტარებელი მიეწოდება, მეორით კი გამდნარ გოგირდს ამოიღებენ. გოგირდის გამოსადნობად იყენებენ აგრეთვე გოგირდშემცველი ფენების ელექტროგახურებას.

გოგირდის გამოსადნობად რეკომენდებულია აფეთქებაც. გაანგარიშებიდან ჩანს, რომ მცირე აფეთქებით შეიძლება დაახლოებით 100000 ტ გოგირდი გამოვადნოთ.

ზოგიერთ ნივთიერებას, მაგალითად, დარიშხანოვან, სტიბიუმოვან და სხვა შენაერთებს აქროლების უნარი აქვთ. ეს ნივთიერებები გარკვეულ ტემპერატურამდე გახურებისას მყარი მდგომარეობიდან ორთქლად გადაიქცევა. აღნიშნული გარემოების გათვალისწინებით მათ მოსაპოვებლად ასეთ ხერხს მიმართავენ.

საბადოში ცხელ ინერტულ აირს გაატარებენ და ამრიგად, ნივთიერებას აიროვან

მდგომარეობაში გადაიყვანენ; შემდგომ ჭაბურღილით ზედაპირზე ამოიტანენ, გააციებენ და კვლავ მყარ ნივთიერებად გადააქცევენ.

ცნობილია უშუალოდ საბადოში ლითონის აღდგენის მეთოდი. ეს ხერხი გამოსადეგია ვერცხლისწყლის მოსაპოვებლად, რადგან იგი სინგურიდან (ვერცხლისწყლის მადანი) 450°C ტემპერატურამდე გახურებისას გამოიყოფა. აღდგენის მეთოდი მიწისქვეშა დამუშავებასთან შედარებით ორჯერ უფრო ეკონომიურია. იგი ისეთ საბადოთა დამუშავების საშუალებას გვაძლევს, რომელთა ვერცხლისწყლის მარაგი 100-500 ტ არ აღემატება. ასეთ საბადოთა მიწისქვეშა ან ღია წესით დამუშავება მიზანშეწონილი არ არის.

ქანებში სითბური პროცესების შესწავლა ხელს უწყობს სასარგებლო წიაღისეულთა მოპოვების სხვა გეოტექნოლოგიური მეთოდების განვითარებას.

მშვიდობიანი მიზნებისათვის ატომური ენერჯის გამოყენებასთან დაკავშირებით შესაძლოა რეალისტური აღმოჩნდეს აზრი იმის შესახებ, რომ გამოვადნოთ გოგირდზე გაცილებით უფრო ძნელდნობადი მადნეული. ჩვეულებრივი გზით სითბოს დიდი რაოდენობის გადაცემა, მაგალითად, რკინის მადნის გასადნობად, ალბათ, განუხორციელებელია, ვინაიდან მადანთან ერთად შემცველი ქანებიც გადნება. მაგრამ, თუ სითბური ენერჯის წყაროდ ატომურ აფეთქებას გამოვიყენებთ, მაღალ ტემპერატურას სწორედ მუხტის განლაგების ზონაში, ე. ი. მადნის სხეულში შევქმნით. აფეთქებით მიღებული სითბოს რაოდენობა კი, უდავოდ, ყველაზე უფრო ძნელდნობადი მინერალების გასადნობადაც საკმარისი იქნება. ამერიკის შეერთებულ შტატებში, მაგალითად, მცირე ატომური აფეთქების დროსაც კი წნევამ 7000000 ატმიალწია, ხოლო ტემპერატურამ 15000° C. ერთი ასეთი აფეთქების შედეგად 450 000 მ³ ქანი მოანგრის.

შესაძლებელია აგრეთვე რომ აფეთქების ადგილზე წარმოქმნილმა უზარმაზარმა წნევამ და ტემპერატურამ სასარგებლო წიაღისეული და შემცველი ქანი სრულიად შეცვალოს, ამასთანავე ქანის ახალი, მრეწველობისათვის ძვირფასი ნაირსახეობა შექმნას.

ცნობილია, რომ გრაფიტი მაღალი ტემპერატურისა და წნევის დროს ალმასად გარდაიქმნება. უკანასკნელ დრომდე ქანებში სითბური პროცესების გამოკვლევები უპირატესად მაღალი ტემპერატურების დიაპაზონში ტარდებოდა. ქანებზე ღრმა გაცივების ზემოქმედების შესწავლა მეტად საინტერესოა როგორც თეორიული, ისე პრაქტიკული თვალსაზრისით.

ჯერჯერობით საკმაოდ არ არის შესწავლილი ქანებზე მაღალ და დაბალ ტემპერატურათა ცვლადი ზემოქმედების პროცესები, შეუსწავლელია აგრეთვე თერმული და მექანიკური პროცესების კომბინირებული ზემოქმედება.

4. ელექტრომაგნიტური ველები ქანთა მასივებში

ქანებისა და მასივების ელექტრული მეთოდებით გამოკვლევის ძირითადი პრინციპია მინერალური შედგენილობის, აღნაგობის, ბუნებრივი მდგომარეობის,

დატენიანების, დამაბულობის, ტემპერატურისა და სხვა ფაქტორებისაგან ელექტრომაგნიტურ თვისებათა დამოკიდებულების გამოყენება.

4.1. ელექტროდინამიკის გამოყენება ქანთა მასივების შესახებ ინფორმაციის მისაღებად

ელექტრომაგნიტურ გამოკვლევათა ყველა არსებული მეთოდი გამოსაკვლევით ობიექტის მოცულობის მიხედვით შეიძლება სამ ჯგუფად დაიყოს:

რეგიონული გამოკვლევები ლითოსფეროს მსხვილმასშტაბური გამოკვლევებია როგორც შესასწავლი მასივების სიღრმის, ისე მათი ფართობის მიხედვით და მიეკუთვნება გეოფიზიკას-მეცნიერებას დედამიწის შესახებ.

ლოკალური გამოკვლევები ქანების შეზღუდული (სიღრმისა და ფართობის მიხედვით) გამოკვლევებია. ტარდება სასარგებლო წიაღისეულთა გეოფიზიკური მეთოდებით დაზვერვის, აგრეთვე ადგილის საინჟინრო-გეოლოგიური შესწავლისა და მალარობში სამთო გვირაბების გარემომცველ მასივთა მდგომარეობის შეფასებისათვის.

ლაბორატორიული გამოკვლევების მიზანია ნიმუშებზე ელექტრული პარამეტრების გაზომვით ქანების თვისებებისა და მდგომარეობის განსაზღვრა.

რეგიონულ გამოკვლევებში, ჩვეულებრივ იყენებენ ელექტრულ და მაგნიტურ ბუნებრივ ველებს. გამოკვლევების ამოცანაა დედამიწის აღნაგობის, მისი ისტორიის, მათი წარმოქმნის პროცესებისა და სხვა საკითხების შესწავლა.

ქანების ელექტრული და მაგნიტური თვისებების ცოდნა საშუალებას გვაძლევს გამოვიკვლიოთ ქანთა მასივების აგებულება, მოვახდინოთ მათზე ელექტროდინამიკური ზემოქმედება და დავშალოთ ისინი ან მოვახდინოთ მათი გამდიდრება და სხვა.

ლოკალური გამოკვლევები ტარდება როგორც ადგილობრივი ბუნებრივი ველების ბაზაზე, ასევე ქანებში ელექტრომაგნიტური ველების ხელოვნური აგონებით. ამისათვის მეთოდების ორ ძირითად ჯგუფს იყენებენ-სტატიკურსა და დინამიკურს. სტატიკური მეთოდები დაფუძნებულია ელექტრომაგნიტურ ველებში

ანომალიების გამომჟღავნებასა და შესწავლაზე, დინამიკური-ქანებში ელექტრომაგნიტურ ტალღათა გავლის, შთანთქმის, არეკვლისა და გარდატეხის კანონზომიერებათა გამოყენებაზე.

ამჟამად ელექტროდინამიკის მეთოდებით ქანების შესახებ ინფორმაციის მიღება გეოფიზიკაში ფართოდ გამოიყენება. ეს მეთოდები ასევე პერსპექტიულია სამთო წარმოების სფეროშიც. ეს გარემოება შემდეგი ფაქტორებით აიხსნება:

- ელექტრული ველებისა და ნებისმიერი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ტალღების გენერაცია იოლად ხორციელდება;
- ელექტრომაგნიტური ველები ქანებში მნიშვნელოვან სიღრმეზე შეაღწევს, ხოლო ჩანართებიდან არეკვლის შემდეგ მიმღებს უბრუნდება:

ქანების ელექტრომაგნიტურ თვისებებსა და სამთო წარმოებისათვის მნიშვნელოვან მრავალ პარამეტრს შორის (მაგალითად, რკინის შემცველობა) მკვეთრად გამოსახული დამოკიდებულება აღინიშნება.

ბუნებრივი **ელექტრული ველის** გამოყენებაზე დაფუძნებული გეოფიზიკური მეთოდებით თანმიმდევრულად ზომავენ ცენტრალური წერტილებისადმი (M და N) სწორხაზოვნად განლაგებული წერტილების (A და B) პოტენციალს (ნახ. 4.1.). ამრიგად გამომჟღავნებული პოტენციალის ანომალია, ჩვეულებრივ, მიუთითებს ლოკალური დენების რომელიღაც წყაროს არსებობაზე. ცნობილია, რომ ასეთ წყაროდ შეიძლება მივიჩნიოთ სულფიდური ან ქვანახშირის საბადოები. აგრეთვე ფიქლებსა და თიხებში განლაგებული ქვიშაქვის ფენები, მიწისქვეშა წყლების გაძლიერებული ფილტრაციის ადგილები და სხვ.

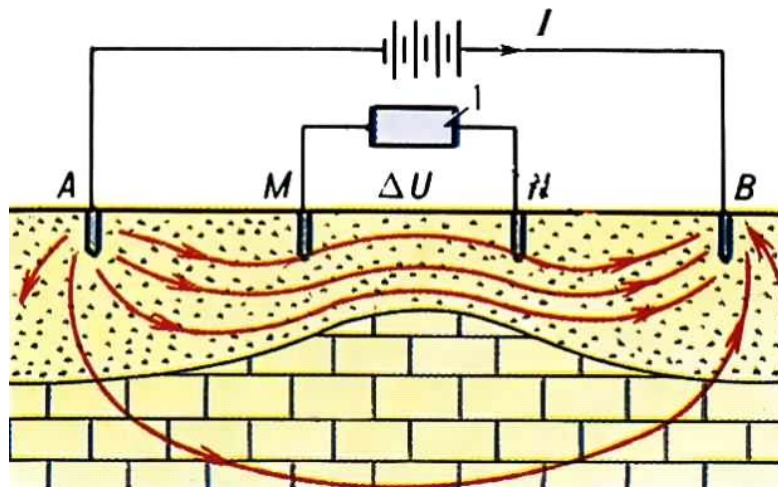
ბუნებრივი ელექტრული ველის ანომალიათა მიხედვით მარადი გაყინულობის ზონაში გამოყოფენ ლლობილ უბნებს, კირქვებში-დაკარსტულ არეებს, სამთო გვირაბებში-წყლის მოდინების ადგილებს და სხვა.

საბადოთა დამუშავებისას შესაძლოა ისეთი ელექტრული ველების აღძვრა, რომლებიც გამოწვეულია ქანების თანმხლები მექანიზმებისა და მოწყობილობის კოროზიით (მილსადენები, ლითონის ბიგები და სხვა). ამ ველების გამოკვლევა

საშუალებას იძლევა გამოავლინონ კოროზიისადმი ყველაზე უფრო მეტად მიდრეკილი ადგილები და დროულად მიიღონ გამაფრთხილებელი ზომები.

ბუნებრივი ველების გამოკვლევას არსებითი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე ბურღვა აფეთქებითი სამუშაოების დროს ავარიის აცდენისათვის. თუ აფეთქება ელექტრული წესით ხდება, პოტენციალთა გაუთვალისწინებელმა ბუნებრივმა სხვაობამ შესაძლოა ზოგჯერ თვითნებური აფეთქება გამოიწვიოს.

გეოფიზიკაში ფართოდ გამოიყენება აგრეთვე ელექტროწინალობათა მეთოდის სხვადასხვა ვარიანტი. მეთოდი ითვალისწინებს სპეციალური პოტენციომეტრით ქანების კუთრი წინალობის გაზომვას. მას მიმართავენ, მაგალითად, სხვადასხვანაირი კუთრი წინალობის ქანებს შორის კონტაქტების გამომჟღავნების გამოკვლევისათვის.



ნახ.4.1. ელექტროდაძიების პრინციპული სქემა: 1-პოტენციომეტრი.

თუ არახელსაყრელი პირობების გამო ქანებში ბუნებრივი ელექტრული ველები არ არსებობს, მათი აგზნება შესაძლებელია გამოსაკვლევ უბანზე განსაზღვრული დროის განმავლობაში ელექტრული დენის გატარებით. ამ დროს ხდება ელექტროქიმიური პოლარიზაცია და დენის წყაროს გამორთვის შემდეგ აღინიშნება პოლარიზაციის დენი, რომლის სიდიდე გამოსაკვლევი ქანის თვისებებზეა დამოკიდებული

გამოწვეული პოლარიზაციის ასეთი მეთოდით შესაძლებელია იმავე ობიექტების გამომჟღავნება და -გამოკვლევა, რომლებსაც ბუნებრივი ველების მეთოდით იკვლევენ.

პოტენციალის გაზომვით ანომალიების გამომჟღავნება წარმოებს აგრეთვე დამუხტული სხეულისა და ეკვიპოტენციალური ხაზების მეთოდებით. დამუხტული სხეულის მეთოდის არსი ასეთია: მაღალი ელექტროგამტარობის ბუდობთან დენს მიიყვანენ, რის შედეგადაც ბუდობი დაიმუხტება და გარემომცველ ქანებში მუდმივი ელექტრული ველის წყაროდ გადაიქცევა.

ელექტროწინალობათა მეთოდს იყენებენ აგრეთვე ჭაბურღილების ელექტროკაროტაჟისათვის.

ქანების ელექტროგამტარობის მიხედვით შეიძლება მათი დატენიანების ხარისხის დადგენა, განსაზღვრა ბზარების არსებობისა და მიმართულების, დასამუშავებელ მასივებში წყლოვანი შრეებისა და წყლით შევსებული კარსტული სიღრუეების გამომჟღავნება. რადგანაც ელექტროგამტარობა დამოკიდებულია წნევაზე, პირველის ცვალებადობით შეიძლება დადგინდეს მთელანების, კარიერთა გვერდების, ნაყართა და სხვა დამაბულობის მდგომარეობა. დატენიანებული და გაყინული ქანების ელექტროწინალობათა განსხვავებით გაყინვის წესით გვირაბების გაყვანისას ყინულქანის კედლის წარმოქმნას აკონტროლებენ.

დაახლოებით ერთნაირი შედგენილობის მონგრეული და დასაწყობებული მადნის ელექტროგამტარობის მიხედვით მსჯელობენ მისი შემჭიდროებისა და მსხვრევის ხარისხზე. ხშირად ქანების ელექტროგამტარობით სარგებლობენ მასივებში მადნის მინერალთა შემცველობის კონტროლისათვის.

დაზვერვის გეოფიზიკურ მეთოდებში მიმართავენ აგრეთვე სხვადასხვა სიხშირის ელექტრომაგნიტურ ტალღებს. ყველაზე უფრო გავრცელებულია შემდეგი რადიოტალღური მეთოდები:

გაჭვირვის მეთოდი (ჩრდილის მეთოდი), დაფუძნებულია ქანების შთანთქმის კოეფიციენტთა განსხვავებაზე:

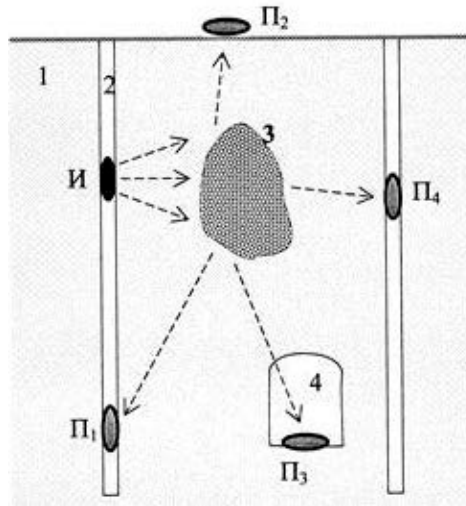
ინტერფერენციული მეთოდი, რომლის დროსაც იყენებენ განსხვავებული ელექტრული თვისების ორი ქანის გაყოფის ზედაპირიდან ტალღების-Vარეკვლას

სხივური მეთოდი აგრეთვე დაფუძნებულია სხვადასხვა ქანის ზედაპირიდან ტალღათა არეკვლის მოვლენაზე.

გაჭვირვის მეთოდის არსი შემდეგია: ორ ან რამდენიმე ჭაბურღილს (გვირაბს) შორის ქანის მასივს რადიოტალღებით გაჭვირავენ. კარგი გამტარი მადნის სხეულები ელექტრომაგნიტური ტილღებისათვის პრაქტიკულად შეუღწევადია. ამის გამო, ქანის მისივში გასული ელექტრომაგნიტური ტალღის მიღებისას გამომჟღავნდება მისი მაქსიმალური შთანთქმის არეები, რომლებიც მადნის სხეულთა საზღვრებს შეესაბამება (ნახ.4.2).

გაჭვირვის მეთოდით კავკასიისა და ალტაის მრავალ საბადოზე აღმოჩენილია მადნის დამატებითი სხეულები, ხოლო სოლიკამსკის მარილის საბადოებზე დადგენილია კარგი გამტარობის მარილის ხსნარით შევსებულ სიღრუეთა მდებარეობა. აღნიშნული მეთოდით გამოამჟღავნებენ აგრეთვე ღლობილ არეებს მრავალწლიანი გაყინულობის ზონებში, წყალქანების უბნებს ქვიშებში და სხვა.

ინტერფერენციული მეთოდი დაფუძნებულია მიწის ზედაპირიდან ან ჭაბურღილიდან (ნახ.4.2.) გამოსხივებული და ორ ქანს შორის გაყოფის საზღვრიდან არეკლილი რადიოტალღების მიღებაზე. ამასთან იგულისხმება, რომ ქანებს ρ და ϵ სიდიდეთა განსხვავებული მაჩვენებლები აქვს. მიმღებში ხდება ორი სახის ტალღათა მიღება და ინტერფერენცია ანარეკლისა და პირდაპირის. ინტერფერენციის შედეგი დამოკიდებულია ამრეკლი ზედაპირის სიღრმეზე. არეკლილი და პირდაპირი ტალღების ფაზათა მიხედვით მიღების ინტენსიურობა ან გაძლიერდება, ან შესუსტდება, ტალღათა სიხშირის ცვლილებისას გარკვეულ სახშირეზე გამომჟღავნდება ინტერფერენციული მაქსიმუმები და მინიმუმები.



ნახ.4.2. 1- ქანთა მასივი; 2-ჭაბურღილები; 3-შესასწავლი მადნის სხეული; И- რადიოტალღების გამოსხივების წყარო (გენერატორი); П₁ , П₂ ,П₃ და П₄ მიმღებებია.

მიმღებში დაძაბულობის მაქსიმუმები განისაზღვრება სიხშირეთა სხვაობით Δf , რომლის დადგენის შემდეგ გამოითვლიან ამრეკლი შრის სიღრმეს:

$$h = v / 2v_0 \sqrt{[1 - (v/v_0)^2]d^2 + v_0 (2d + v_0/\Delta f) / \Delta f},$$

სადაც v_0 და v ჰაერში და ქანში ელექტრომაგნიტური ტალღები სიჩქარეებია;

d - მიმღებსა და გამომსხივარს შორის მანძილი (გაზომვის ბაზა),

ამ შემთხვევაში ქანში ორჯერ გავლილი ტალღა მიიღება, ამიტომ მისი, მიღევა უფრო მნიშვნელოვანია და გაჭვირვის შესაძლო სიღრმეც ჩრდილის მეთოდთან შედარებით მცირდება. არეკლილი ტალღის სარწმუნო მიღება მხოლოდ მაშინ არის შესაძლებელი, როდესაც არეკლილი ველის ინტენსიურობა პირველადი ველის არა ნაკლებ 5-10% შეადგენს.

ცნობილია, რომ სიხშირის გადიდება ელექტრომაგნიტური ტალღების მიღევას აძლიერებს. ამიტომ დიდ სიღრმეებზე ქანების გამოკვლევისას მაღალი სიხშირის ტალღებს ვერ მიმართავენ. ამავე დროს დიდი სიგრძის ელექტრომაგნიტური ტალღების გამოყენება, დიფრაქციული მოვლენების გამო კვლევის სიზუსტეს ამცირებს.

დიფრაქციული მოვლენები იმ შემთხვევაში წარმოიქმნება, როდესაც მადნის სხეულის გეომეტრიული ზომები ტალღის სიგრძის თანაზომადი ხდება.

ამჟამად გეოფიზიკური დაზვერვისათვის იყენებენ 10^7 ჰც-მდე სიხშირეებს.

ინტერფერენციული მეთოდი შეიძლება მაშინ გამოვიყენოთ, როდესაც ქანების ზედა შრეები მაღალი წინაღობისაა (ე.ი. რადიოტალღების შთანთქმა ნაკლებია), თუმცა ინტერფერენციულ მეთოდს ჩრდილის მეთოდთან შედარებით არსებითი უპირატესობა აქვს. ის იმ შემთხვევაშიც შეიძლება გამოვიყენოთ, როდესაც გამოსაკვლევ მასივში მხოლოდ ერთი გაშიშვლებული ზედაპირია.

სხივურ (რადიოლოკაციურ) მეთოდში გამოიყენება ულტრამოკლე რადიოტალღები.

მიმღების გადაადგილებით სხივის გამოსვლის წერტილს პოულობენ. კუთხეების სიდიდის, გენერატორისა და მიმღების განლაგების მიხედვით განსაზღვრავენ ამრეკლი ზედაპირის მდებარეობას. გეოფიზიკურ პრაქტიკაში აღნიშნულ წესს, მოკლე ტალღათა შეღწევის მცირე სიღრმის გამო, ფართოდ ვერ იყენებენ.

სამთო საქმეში სხვადასხვა სახის პროგნოზისათვის (სამთო მანქანების მუშაობის დროს მადნის სხეულის ან ქანის შუაშრეებისა და ჩანართების საზღვრების დადგენა, აირისა თუ სითხის დაგროვებათა ადგილების განსაზღვრა და სხვა) ეს წესი საკმაოდ პერსპექტიულია. მართლაც, დამუშავების პროცესში ხშირად სრულიად საკმარისია სანგრევის მხოლოდ 1,5-2 მ გაჭვირვა. ამისათვის გამოდგება ულტრამოკლე ტალღები, რომლებსაც რადიოლოკაციურ ტექნიკაში იყენებენ.

პრაქტიკულად დადგენილია შახტების საწმენდ სანგრევეებში რადიოტალღების გამოყენების შესაძლებლობა (ქვანახშირის დასტათა სისქის კონტროლისათვის). სამთო მანქანების ავტომატური მართვის დროს აუცილებელია გადამწოდი, რომელიც კონტროლს უწევს მდებარეობს თუ არა მანქანა და მისი მუშა ორგანო ქვანახშირისა და ქანის საზღვარზე. ამით თავიდან აიციდნენ ქანში მუშა ორგანოს შეჭრასა და მის დარღვევას.

რადიოტალღური მეთოდები გამოდგება აგრეთვე საწმენდ სანგრევეებში ქვანახშირის მთელანების სიგანისა და მდგომარეობის კონტროლისათვის. ამასთანავე კონტროლი მაშინაც კი შესაძლებელია, როდესაც მთელანებთან მხოლოდ ცალმხრივი

მისასვლელია. მთელანების სისქეს ამოწმებენ გამომსხივარი და მიმღები ანტენების წინაღობათა ცვალებადობით, ხოლო ანტრაციტის მთელანებს აკონტროლებენ ინდუქციებული დენების სიდიდით.

აღსანიშნავია, რომ ელექტრომაგნიტური ველის პარამეტრების შერჩევა დამოკიდებულია კვლევის ამოცანაზე.

ზემოთ განხილულ შემთხვევაში კვლევის ამოცანა ობიექტის გეომეტრიული ზომების განსაზღვრა იყო. ამიტომ რადიოტალღების გავლაზე ტენიანობის გავლენა ამ მეთოდებში დამაბრკოლებელი ფაქტორია. ამ დაბრკოლების შესამცირებლად იყენებენ მაღალი სიხშირის ელექტრომაგნიტურ ველებს, რომლებიც ტენიანობაზე ქანების ϵ და $\text{tg}\delta$ დამოკიდებულებას პრაქტიკულად აქრობს.

პირიქით, თუ საჭიროა ისეთი გადამწოდის შექმნა, რომელიც კონტროლს გაუწევს ქანის ტენიანობას, მიზანშეწონილია ნაკლები სიხშირის რადიოტალღების გამოყენება. ამჟამად ნივთიერებათა ტენიანობის კონტროლისათვის მრავალი სხვადასხვანაირი რადიოტალღური მეთოდი არსებობს. უმრავლეს შემთხვევაში ეს მეთოდები ვარგისია ერთგვაროვანი და უცვლელი შედგენილობის ნივთიერებათა ტენიანობის გასაზომად. ვინაიდან ქანები შედგენილობითა და აღნაგობით მნიშვნელოვნად განსხვავდება, მასივში მათი ტენიანობის გასაზომად იყენებენ რადიოტალღური გამომსხივარის ორ რეჟიმს. მაგალითად, ქანის დიელექტრიკულ შეღწევადობას განსაზღვრავენ ჯერ მაღალი სიხშირის დროს, რაც შეესატყვისება პრაქტიკულად მშრალი ქანის მაჩვენებელს ϵ_2 , შემდგომ–ელექტრული ველის დაბალი სიხშირისას მიიღებენ ϵ_1 მნიშვნელობას, თანაფარდობა ϵ_1/ϵ_2 ქანის ტენიანობასთან არის დაკავშირებული.

გეოფიზიკური მეთოდებით დაზვერვის პრაქტიკაში სარგებლობენ აგრეთვე მაგნიტური ანომალიებით, ვინაიდან ეს ანომალიები თითქმის ყოველთვის დაკავშირებულია რკინის მადნის საბადოებთან. გარდა ამისა, მაგნიტური მეთოდებით გამოიკვლევენ ჭაბურღილებსაც, მათი უკერნო გაყვანის დროს (მაგნიტური კაროტაჟი).

კვარცის ძარღვებისა და პიეზოელექტრული მინერალებისაგან შედგენილი სხვა ქანების გამოსავლენად იყენებენ პიეზოეფექტის მოვლენას.

ქანის მასივში ააგზნებენ დრეკად რხევებს და აღნუსხავენ საპასუხო ელექტრომაგნიტურ ტალდას, რომელიც გამოჩნდება გიშო ელექტრული სხეულის დრეკადი დეფორმაციების შედეგად იმის მიხედვით, თუ რამდენი დრო გაივლის დრეკად რხევათა აგზნების მომენტიდან. ელექტრომაგნიტური ტალღის მიღების ელექტრული წესით ქანების კვლევის ლაბორატორიული მეთოდები, ისევე როგორც საველე მეთოდები, მაშინ გამოიყენება, როდესაც შესასწავლ პარამეტრსა და ელექტრულ თვისებათა შორის ნათლად გამოხატული დამოკიდებულება არსებობს. მაგალითად, ქანის დიელექტრიკული შეღწევადობისა ან ელექტრო-გამტარობის გაზომვით მის ტენიანობას განსაზღვრავენ.

ქანების ნიმუშთა ელექტროგამტარობის გაზომვით ადგენენ ელექტროდინამიკისათვის მეტად მნიშვნელოვან მაჩვენებელს - დენგამტარი არხების უწყვეტობის პარამეტრს π :

$$\pi = \zeta_8 / \zeta_6 ,$$

სადაც ζ_8 გაზომილი კუთრი ელექტროგამტარობაა;

ζ_6 - გაანგარიშებული კუთრი ელექტროგამტარობა, რომელიც მიღებულია ქანის შემდგენი მინერალების ცნობილი გამტარობისა და კარგი გამტარი ჩანართების პროცენტული შემცველობით იმ პირობით, რომ ჩანართები ერთიმეორისაგან იზოლირებულია. ამავე მეთოდით საზღვრავენ ქანების ღია ფორიანობას. ქვანახშირების დიელექტრიკული შეღწევადობა მათი მეტამორფიზმის გაზრდისას მატულობს. ამ მოვლენას ქვანახშირების ხარისხის განსაზღვრისათვის იყენებენ.

ქანების ტენიანობა შეიძლება განისაზღვროს აგრეთვე მაგნიტური მეთოდებით. ამისათვის იყენებენ მაგნიტური რეზონანსის მოვლენას. ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის არსი შემდეგია. თუ მძლავრი მუდმივი მაგნიტის მაგნიტურ ველში წყალს შევიტანთ და ერთდროულად მაღალი სიხშირის მაგნიტური ველით ვიმოქმედებთ, წყლის პროტონები რხევით მოძრაობას დაიწყებს. ცვლადი ველის გარკვეული სიხშირისას პროტონები რეზონანსის მდგომარეობაში აღმოჩნდება. ამ მომენტს მაგნიტური ველის ენერჯიის უდიდესი შთანთქმა შეესაბამება. თუკი მაგნიტურ ველში ტენიან ქანს შევიტანთ და მაგნიტური რეზონანსის მდგომარეობამდე მივიყვანთ, ქანის

მიერ შთანთქმული ენერჯის სიდიდე წყლის პროტონთა რაოდენობის ანუ ნიმუშის ტენიანობის პირდაპირპროპორციული იქნება.

ფართოდ გამოიყენება ქანების კვლევის ოპტიკური მეთოდები. მაგალითად, ინფრაწითელი სინათლის სპეციალური მიკროსკოპებით განსაზღვრავენ გაუმჭვირი მადნის მინერალების ოპტიკურ მუდმივებს და მათი მიხედვით ზუსტად დაადგენენ მინერალის ქიმიურ შედგენილობას.

ქვანახშირების არეკვლის უნარი გამოიყენება მათ თვისებებთან დაკავშირებული მრავალი საკითხის გამოსაკვლევად. სახელდობ, მათი გენეზისის გარკვევის, ქვანახშირების. ტიპისა და დაბრიკეტების უნარის დადგენის, რბილი მურა ნახშირების კოქსვადობისა და მათში ბითუმის შემცველობის გამორკვევის, ნახევრადკოქსვის ფისის გამოსავლისა და გრაფიტიზაციის ხარისხის განსაზღვრისათვის.

4.2. ქანებზე ელექტროდინამიკური ზემოქმედება

სამთო საქმეში ელექტროდინამიკურ მოვლენებს იყენებენ ქანების დასუსტებისა და რღვევის, გვირაბებისა და ფერდობის განმტკიცების, მადნეულთა გამდიდრების, დამხმარე ოპერაციების განხორციელებისა (მაგალითად, გაღობისათვის) და გეოტექნოლოგიის ელექტროქიმიური მეთოდებისათვის.

ელექტროდინამიკური მეთოდებით ქანების რღვევა. ელექტროდინამიკური მეთოდებით ქანში ელექტრული ენერჯის გადაცემა უშუალოდ ხორციელდება, წინასწარ მას მექანიკურ ან სითბურ ენერჯიად არ გარდაქმნიან. თანაც ელექტრული ენერჯის გარდამქმნელის როლს თვით ქანი ასრულებს! იმის მიხედვით, თუ როგორ ხდება ქანების მიერ შთანთქმული ელექტროენერჯის მექანიკურში გადასვლა-უშუალოდ თუ წინასწარ სითბურად გარდაქმნით-რღვევის ელექტროდინამიკური მეთოდების ორ ჯგუფს გამოყოფენ: ელექტრულს ან მაგნიტურსა და ელექტრომაგნიტურ=თეთერმულს.

ხსენებული მეთოდების პირველ ჯგუფში ელექტრული ან მაგნიტური ველი ქანს უშუალოდ არღვევს. ქანის ნგრევა დაკავშირებულია ან მაგნიტოსტრიქციასთან, ან

პიეზოეფექტთან, ანდა ელექტრულ გარღვევასთან. ამათგან უმთავრესი მნიშვნელობა ელექტრულ გარღვევას აქვს.

ელექტრული გარღვევით ქანის ნგრევისათვის მუდმივ ან იმპულსურ ძაბვებს იყენებენ. ძაბვის სიდიდე დამოკიდებულია მოსანგრევი ქანის ზომებსა და ელექტრულ სიმტკიცეზე. ამასთან, არსებითი მნიშვნელობა აქვს დამაბულობის მინიმალურ სიდიდეს, რასაც ელექტროდების ფორმის შეცვლითა და ქანის შესაბამის გარემოში მოთავსებით აღწევენ. ელექტრული გარღვევა გამოიყენება ქანის ნატეხების გასაპობად, საბურღად და მასივიდან ქანის მოსანგრევად (უკანასკნელ შემთხვევაში რამდენიმე გაშიშვლებული სიბრტყე უნდა არსებობდეს), მაგრამ ელექტრული გარღვევისათვის აუცილებელია მუდმივი ან იმპულსური დენის მაღალი ძაბვები, რაც მომსახურე პერსონალისათვის სახიფათოა. ელექტრული სიმტკიცის შემამცირებელი ფაქტორები ქანის რღვევას აადვილებს. კრისტალური მესრის ენერჯის, ყოველმხრივი კუმშვის მოდულისა და მინერალთა მიკროსისალის გადიდებისას ქანის ელექტრული სიმტკიცე იზრდება. ტენიანობა, ფორიანობა და წნევა ქანის ელექტრულ სიმტკიცეს ამცირებს.

ელექტრული რღვევის დადებითი მხარეა მისი მეყსეულობა, ე.ი. რღვევა პრაქტიკულად მაშინვე ხდება, როგორც კი ძაბვა გამრღვევ მნიშვნელობას გადააჭარბებს.

სითხის ელექტრულ გარღვევას ითვალისწინებს ე.წ. ელექტრო-ჰიდრავლიკური ეფექტი (ეჰე). მაღალძაბვიანი იმპულსური განმუხტვის დროს სითხეში ჩნდება კავიტაციური სიღრუე, რომელიც, დახურვისას ახლომდებარე სხეულებს არღვევს. ელექტროჰიდრავლიკური ეფექტის გამოყენება შეიძლება ქანის სამსხვრევად და საბურღად.

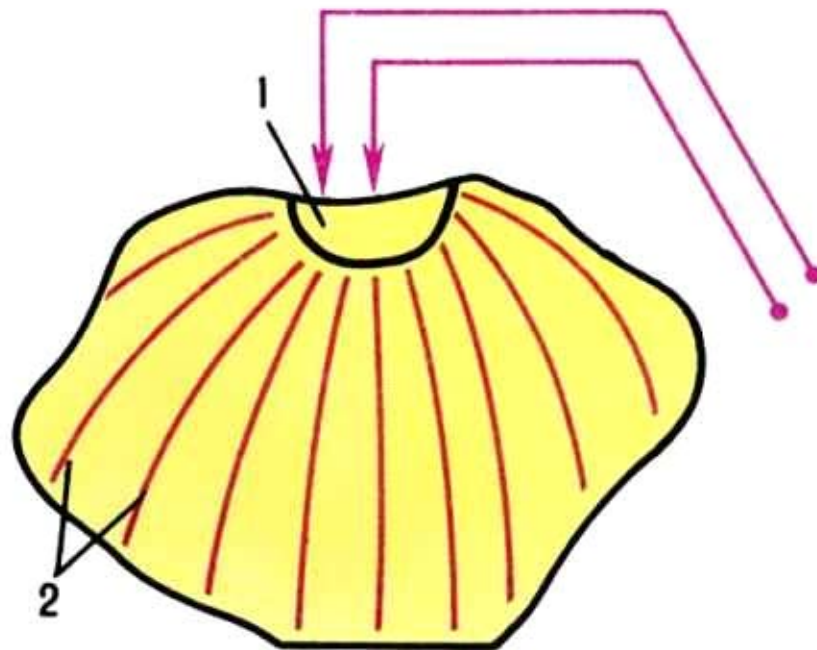
ამ მეთოდს მიმართავენ აგრეთვე გამდიდრების პროცესში მადნიდან სასარგებლო კომპონენტების (მაგალითად, ურანის) ამოსაკრეფად იმის გამო, რომ კავიტაცია ხელს უწყობს მინერალთა განცალკევებას ქანის მსხვრევის დროს და ქიმიურ რეაქციებსაც აძლიერებს.

ს ი თ ბ უ რ ი გ ა რ დ ვ ე ვ ი ს მოვლენაზე დაფუძნებული ქანის რღვევის ელექტრული მეთოდები რამდენიმე ჯგუფად იყოფა:

- მუდმივი დენისა და სამრეწველო სიხშირის დენის მეთოდები;
- მაღალსიხშირული კონტაქტური მეთოდები;
- მაღალსიხშირული მაგნიტური ველის მეთოდები;
- რადიოტალღური მეთოდები.

მ უ დ მ ი ვ ი დ ე ნ ი ს მეთოდები დაფუძნებულია მადნეულთა უნარზე გაატარონ გასახურებლად საკმარისი დენი, ამრიგად, ამ მეთოდებით სარგებლობის აუცილებელი პირობაა ქანის მნიშვნელოვანი საწყისი გამტარობა. მუდმივი დენის მეთოდით მადნეულთა მსხვილ ნატეხებს შლიან.

უმარტივეს შემთხვევაში გამტარი ნატეხის გასაპობად მის მოპირდაპირე გვერდებზე მოათავსებენ ელექტროდებს, რომლებიც მუდმივი ან სამრეწველო სიხშირის დენის წყაროდან იკვებება (ნახ.4.3.).



ნახ.4.3. დაბალსიხშირიანი ელექტროთერმული რღვევა: 1- ქანის არაგაბარიტი; 2-ელექტრული ველის პალხაზეები

ზემოხსენებული მიზეზების გამო ნატეხის სითბური გარღვევა მოხდება ელექტროდების შემაერთებელი არხით, ხოლო არხის გარემომცველი გახურებული ზონა გამოიწვევს გამჭიმავ თერმულ ძაბვებს, რომლებიც ქანს არღვევენ. ქანში გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა

$$Q=tU^2/R,$$

ამიტომ ძაბვის ამაღლების პროცესი უფრო ეფექტურად მიმდინარეობს. ქანთან მიყვანილი ელექტრული ენერგია სითბოდ გარდაიქმნება. სითბო იხარჯება, ერთი მხრივ, ქანის ნაწილის დნობის ტემპერატურამდე გახურებაზე, მის გადნობასა და მდნარი მდგომარეობის შენარჩუნებაზე, მეორე მხრივ, ქანის რომელიღაც მოცულობის გახურებაზე.

ვინაიდან თერმულ ძაბვებს მხოლოდ ქანის გახურებული მოცულობა წარმოქმნის, ენერგია, რომელიც დნობაზე იხარჯება, დანაკარგებს მიეკუთვნება. ამიტომ უნდა ვეცადოთ, რომ მაქსიმალური სიმძლავრე ქანის გახურებაზე მოდიოდეს, ე. ი.

$$N=lgradTS,$$

სადაც s -ქანის ზედაპირის გახურებული ფართობია.

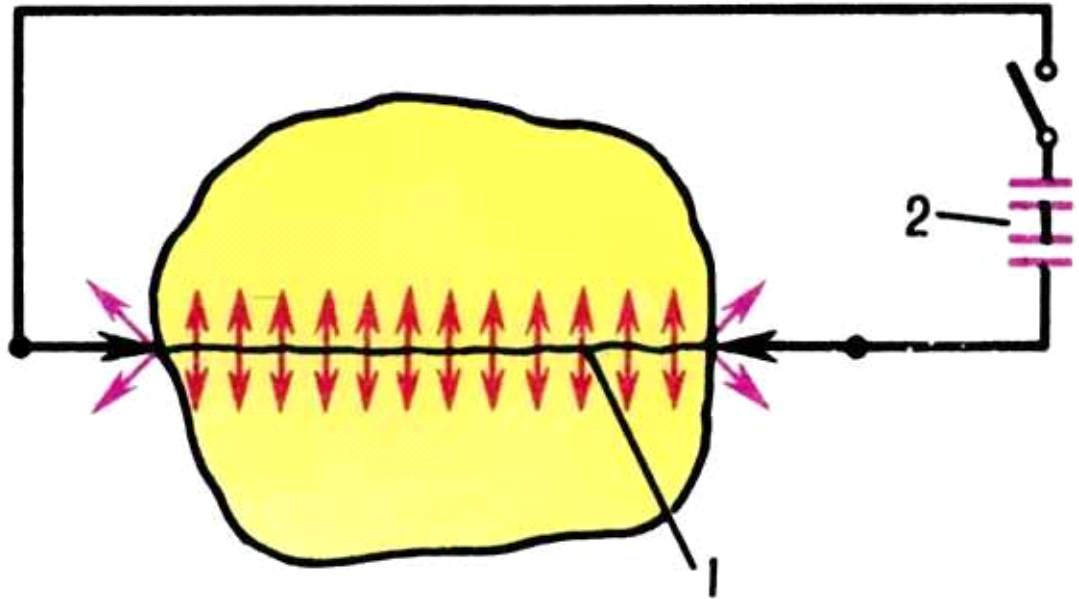
ამრიგად, რღვევის ეფექტურობის ასამაღლებლად დანადგარის მხოლოდ სიმძლავრის გადიდება როდია საკმარისი, საჭიროა ერთდროულად ქანის გახურებული ფართობის გაზრდაც. ცვლადი ელექტრული ველის შემთხვევაში ქანის აქტიური გამტარობა ζ ტოლია:

$$\zeta=2\pi f\epsilon\epsilon_0 \operatorname{tg}\delta,$$

ე. ი. სიხშირის ამაღლებისას ζ იზრდება, ამიტომ მაღალსიხშირულ ელექტრულ ველებში ქანის გახურება გაცილებით უფრო სწრაფად ხდება, თანაც გახურების უნარს ცუდი გამტარი ქანებიც კი ამჟღავნებენ.

ამ მოვლენით სარგებლობენ ცუდი გამტარი ქანების ელექტროთერმული რღვევისათვის.

300 მჰც-მდე სიხშირის ელექტროენერგიას საკონტაქტო ელექტროდებით დასარღვევ ქანის ნატეხთან მიიყვანენ. მაღალსიხშირული კონტაქტური ხერხით ქანის გახურებისა და რღვევის დარღვევის პროცესი ზემოთ აღწერილის ანალოგიურია (ნახ.4.4.).



ნახ.4.4. მაღალსიხშირიანი ელექტრული რღვევა: 1- დენგამტარი არხი; 2 -კონდენსატორების ბატარეა.

ამ შემთხვევაში მაღალი სიხშირის დენების გამოყენების მიზანია მარტოოდენ სითბური გარღვევის მთელი პროცესის გაძლიერება. ელექტროდებს შეიძლება მეტად განსხვავებული ფორმა ჰქონდეს (მარწუხი, მანჭვალი სოლი, ფირფიტა და სხვ.) ელექტროდების ფორმისა და ურთიერთგანლაგების მიხედვით ქანში წარმოიქმნება გარკვეული კონფიგურაციის ელექტრული ველი. ამგვარად, შეგვიძლია შევქმნათ მიმართული ელექტრული ველით ქანის გარკვეულ ადგილებში მისი კონცენტრაცია და სხვ.

თუ ქანთან მიდგომა შესაძლებელია მხოლოდ ერთი სიბრტყიდან, ელექტროდებს ერთ ზედაპირზე ათავსებენ. ამასთან რღვევა, ისევე, როგორც მუდმივი დენის შემთხვევაში, ნაკლებ ეფექტური იქნება. აღსანიშნავია, რომ მაღალსიხშირული წესით ქანი შეიძლება

დაირღვეს ჯერ კიდევ სითბური გარღვევის მიღწევამდე, მარტოოდენ თერმული დაზვების გამო, რომლებიც ქანის გახურებულ და ცივ უბნებს შორის ჩნდება. ქანის ცალკეული მარცვლების განსხვავებული გახურება მარცვლებსა და მათ საზღვრებში თერმული დაზვების აღძვრას იწვევს.

ჩატარებული ცდები უჩვენებს, რომ ქანების რღვევის ეფექტურობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ქანთამაშენი მინერალების სიმსხოზე. რაც უფრო წვრილია მინერალთა მარცვლები, მით უფრო მეტი გახურების სიჩქარეა საჭირო.

მსხვილმარცვლოვანი ქანების, მაგალითად, ქვიშაქვებისა და გრანიტების სიმაგრე 2-4-ჯერ მცირდება ჯერ კიდევ მათ რღვევამდე.

წვრილმარცვლოვანი ქანების ზედაპირი მაღალსიხშირული ველით ზემოქმედების შემდეგ უფრო მყიფე ხდება. შრეული ქანები, უწინარეს ყოვლისა, დაფენების სიბრტყეებზე ირღვევა.

მაღალსიხშირული კონტაქტური წესით შეყინული რკინისა და მანგანუმის მადნებსაც არღვევდნენ.

დაბალი ელექტროწინალობის ქანების დასარღვევად სარგებლობენ ელექტრული ველებით, რომელთა სიხშირე 0,5 მჰც არ აღემატება. უფრო დიდი წინალობის ქანების გახურების და შემდგომი რღვევისათვის საჭიროა გაცილებით უფრო მაღალი სიხშირეები.

რღვევის ელექტრულ მეთოდებში ძირითად როლს ქანისა და მისი შემდგენი მინერალების ელექტრული თვისებები ასრულებს, ამიტომ მაგარი ქანების რღვევის ენერგოტევადობა ხშირად უფრო ნაკლებია, ვიდრე რბილი ქანებისა. მაგალითად 1 ტ ქვარქის ($\sigma=2000$ კბ/სმ²) მონგრევაზე იხარჯებოდა 11,4 კვტ.სთ, ხოლო 1 ტ ქვიშაქვის ($\sigma=1100$ კბ/სმ) მონგრევაზე--28,1 კვტ.სთ.

მაღალსიხშირული ელექტრული რღვევა, თავისი ფიზიკური არსით თერმული რღვევისაგან პრინციპულად განსხვავდება, თუმცა ქანის გაპობა სითბური ეფექტის შედეგია. როგორც ცნობილია, თერმული მეთოდის დროს სითბური ნაკადი მოქმედებს უშუალოდ ქანის ზედაპირზე, ამიტომ ხდება ქანის ზედაპირული აქერცვლა. ელექტრული ველით ზემოქმედებისას კი ქანი ხურდება გარკვეულ სიღრმემდე,

რომელიც დამოკიდებულია ველის პარამეტრებზე (სიხშირეზე) და ქმნის ელექტრულ თვისებებზე რღვევის ეფექტურობა იზრდება, ენერგოტევადობა კი მცირდება .

ქანების მაღალსიხშირული ელექტროთერმული რღვევის აუცილებელი, მაგრამ არასაკმარისი პირობა ელექტრულ ველში მათი გახურების უნარია. ეს უნარი შეიძლება შეფასდეს ერთგვარი პარამეტრით:

$$b = cy / \epsilon t g \delta , \text{ჯ/მ}^3\text{გრად.}$$

რომელსაც ეწოდება მაღალსიხშირული გახურებისადმი წინაღობის მაჩვენებელი. პარამეტრი b ელექტრული ველის ენერგიის იმ რაოდენობის ტოლია, რომელიც საჭიროა l მკ ქანის 1°C გასახურებლად. რაც უფრო ნაკლებია b , მით ეფექტურია ქანის გახურება. მეორე პირობაა, ისევე როგორც თერმული რღვევის ყველა მეთოდის დროს, ქანის უნარი, გარდაქმნას დაგროვილი სითბური ენერგია მექანიკურ ენერგიად. ამ უნარს, როგორც ცნობილია, E და β პარამეტრით შეაფასებენ. საბოლოოდ შეიძლება გამოიყოს ერთგვარი კრიტერიუმი Π_1 , რომელიც ქანის ფიზიკურ თვისებებს აერთიანებს და ელექტროთერმული წესით მისი რღვევის ეფექტურობას განსაზღვრავთ:

$$\Pi_1 = E_0 \beta \epsilon t g \delta a / cy \sigma_0 (1 - \nu).$$

ქანი მით უფრო ადვილად ირღვევა ელექტროთერმული მეთოდით, რაც უფრო მეტია Π_1 პარამეტრის მნიშვნელობა.

ქანი, რომელიც მაღალ ტემპერატურას ვერ უძლებს და იშლება (კირქვა, მარმარილო), აგრეთვე ფოროვანი ქანები, ელექტროთერმული წესით ძნელად ირღვევა.

ელექტროთერმულ რღვევაზე გარე ფაქტორების გავლენა მაშინ შეინიშნება, როდესაც მათ შესწევთ უნარი შეცვალონ ქანის ფიზიკური თვისებები, რომლებიც მისი გახურებისა და რღვევის პროცესთა რეგულაციას ახდენენ.

მაღალი სიხშირის არეში ტენიანობა ქანების ელექტრულ წინააღობათა და დიელექტრულ დანაკარგთა კუთხის ტანგენსს არ ცვლის, იმავე დროს cy და λ მკვეთრად დიდდება. ამიტომ ქანების დატენიანება Π_1 კრიტერიუმს ამცირებს და ელექტროთერმულ რღვევას აუარესებს.

ტემპერატურის ამაღლება ქანების β, ϵ და $t_{\text{გ}}$ პარამეტრების ზრდას იწვევს და ამიტომ რღვევის პირობებს აუმჯობესებს. ოღონდ, მაღალი სიხშირისას ϵ და $t_{\text{გ}}$ ზრდა 300-400 °C ტემპერატურამდე არ აღინიშნება. ე. ი. მაღალსიხშირული ენერჯის შთანთქმა დაახლოებით მუდმივ სიდიდედ რჩება. თუმცა Π_1 კრიტერიუმი E და β ზრდის გამო მატულობს.

მაღალსიხშირულ ველში ქანის გახურება გაძლიერდება, თუ ზედაპირზე ელექტროდისა და ქანის კონტაქტში ინტენსიური მაღალსიხშირული გვირგვინი წარმოიქმნა. მაგრამ, რადგანაც გვირგვინი ქანს მხოლოდ ზედაპირიდან ახურებს, ზოგიერთ შემთხვევაში (როდესაც საჭიროა რაღაც სიღრმეზე ენერჯის კონცენტრაცია) ხსენებული მოვლენა არ არის სასურველი.

მაღალსიხშირული კონტაქტური მეთოდებით ამჟამად ფართოდ სარგებლობენ ქანების მსხვილი ნატეხების დასაშლელად. მათ იყენებენ აგრეთვე ქანის მასივიდან მოსანგრევად (მით უფრო ეფექტურად რაც უფრო მეტია გაშიშვლებული სიბრტყე), ამ შემთხვევაში მიმართავენ საღრმავებელი ელექტროდის მეთოდს, რომლის არსი შემდეგია მაღალპოტენციური ელექტროდი თანხების ადგილზე ქანს ადნობს და მასში ინერგება. ელექტროდის ჩაღრმავებასთან ერთად ქანის გახურების ზონაც იზრდება. ეს კი საშუალებას იძლევა მასივიდან ქანის ნატეხები გამჭიმავი ძაბვებით აიხლიჩოს. 300 მჰც მეტი სიხშირის ელექტრომაგნიტური რხევები ქანების რღვევის რ ა დ ი ო ტ ა ლ ლ უ რ მეთოდებში გამოიყენება ამასთან ქანსა და გამომსხვიარ ელექტროდს შორის უშუალო კონტაქტი არ არსებობს. მასივზე ელექტრომაგნიტურ ტალღას თავმოყრილი სხივის სახით ანტენით ან რუპორით მიმართავენ. რადიოტალღის შეღწევის სიღრმე დამოკიდებულია ქანის თვისებებსა და ტალღის სიხშირეზე. ამ სიღრმეზე ხდება ელექტრომაგნიტური ენერჯის პრაქტიკულად სრული შთანთქმა, ამის გამო ქანი ხურდება და აღიძვრება თერმული ძაბვები, რომლებსაც ქანის რღვევის უნარი შესწევთ.

რადიოტალღის სიხშირის ცვლილებით ელექტრომაგნიტური ენერჯის კონცენტრაციას ცვლიან იმის მიხედვით, თუ როგორია ქანის გახურების რეჟიმი, მისი ელექტრული თვისებები, ელექტრომაგნიტური ტალღის სიხშირე და სიმძლავრე. რღვევის ხასიათის შეცვლა ველის მაღალი სიხშირისას იწვევს სწრაფი გახურებით ქანის

ზედა შრის აქერცვლას, ხოლო დაბალი სიხშირისას ნელი გახურებით-მსხვილი ნატეხების მონგრევას.

ელექტრომაგნიტური ტალღით ქანების შემოსხივების დროს მისი ენერგიის მნიშვნელოვანი ნაწილი იკარგება „ჰაერი-ქანის“ საზღვრიდან არეკვლის გამო. სიმძლავრის განსაკუთრებით დიდი დანაკარგები აღინიშნება ქანის დიელექტრიკული შეღწევადობისა და ელექტროგამტარობის მაღალი მნიშვნელობისას.

იმავე დროს ქანის დაბალი ელექტროგამტარობა შემოსაზღვრულ მოცულობაში ელექტროენერგიის კონცენტრაციას აბრკოლებს. ენერგია მასივში ვრცელდება და იკარგება. ამიტომ გენერატორის სიხშირისა და მუშაობის რეჟიმის სწორ შერჩევას არსებითი მნიშვნელობა აქვს. სახელდობრ, ეს არჩევანი ქანის ელექტრული თვისებების შესაბამისად უნდა მოხდეს. როგორც ჩანს, არეკვლის კოეფიციენტის kn შესამცირებლად საჭიროა ქანისა და გარემოს, საიდანაც ტალღა გამოსხივდება (ჩვეულებრივ შემთხვევაში ჰაერის), ტალღურ წინაღობათა შორის სხვაობა მაქსიმალურად შემცირდეს. ამ მიზნით იყენებენ მაგნეტონისა და ქანის შუალედურ გარემოს (მაგალითად, კვარცს), რომლის ტალღური წინაღობა ქანისას აღემატება, მაგრამ ჰაერისაზე ნაკლებია. ეს შორისული რგოლი რადიოტალღებს კარგად უნდა ატარებდეს და მუშაობის პროცესში არ უნდა ხურდებოდეს.

როგორც გაანგარიშებიდან ჩანს, ტალღას გადაეცემა უშუალოდ ჰაერიდან სანგრევზე, სადაც ქანების დიელექტრიკული შეღწევადობა $\epsilon=9$, დაკავშირებულია ენერგიის დაახლოებით 50% არეკვლასთან. თუ გარემოს $\epsilon=4$, მაშინ იმავე ქანებიდან ენერგიის მხოლოდ 20% აირეკლება. აღსანიშნავია, რომ ქანების მაღალი მაგნიტური შეღწევადობა აგრეთვე ხელს უწყობს რადიოტალღის ნაკლებ არეკვლას. თუ იმავე ქანის $\mu=3$, მაშინ k_p - 26,6%.

რღვევის მაგნიტური (ინდუქციური) მეთოდები ფერომაგნიტური ქანების მიერ მაგნიტური ენერგიის შთანთქმავა დაფუძნებული. გახურების გამო ქანში აღიძვრება თერმული ძაბვები, რომლებიც მის რღვევას იწვევენ.

ინდუქციური გრიგალური დენები და გადამაგნიტების პროცესზე სიმძლავრის დანაკარგები მაღალსიხშირულ მაგნიტურ ველში მოთავსებულ მაგნეტიტის ნიმუშში სითბოს გამოყოფას იწვევს.

სიმძლავრე $N_{\text{გ}}$, რომელიც გრიგალური დენების გამო სითბოს სახით გამოიყოფა, ქანის ელექტროგამტარობაზეა დამოკიდებული და სიხშირის კვადრატის პირდაპირპროპორციულია:

$$N = B^2 f^2 / \rho.$$

გადამაგნიტების პროცესში გამოყოფილი სიმძლავრე (დანაკარგები ჰისტერეზისზე) ველის სიხშირის პირდაპირპროპორციულია:

$$N_{\text{ჰ}} = B^2 f.$$

მაგნეტიტური მადნების რღვევისათვის მთავარი მნიშვნელობა აქვს მაგნიტურ დანაკარგებს. თანაფარდობა:

$$N_{\text{ჰ}} / N_{\text{გ}} = 15 \text{--} 30.$$

გრიგალურ დენებს არსებითი მნიშვნელობა აქვს მარტოოდენ მაღალი ტემპერატურის დროს, როდესაც ქანების კუთრი წინაღობა კლებულობს, ხოლო დანაკარგები ჰისტერეზისზე კიურის წერტილს ზემოთ პრაქტიკულად ქრება.

ქანების ინდუქციური გახურებისათვის იყენებენ ჩვეულებრივ საწრთობ გენერატორებს (სიხშირე დაახლოებით 0,2 მჰც, $H = 90 \text{--} 200$). ინდუქციურ ხვეულს ათავსებდნენ ფერომაგნიტური ქანის ზედაპირზე, რის შედეგადაც მადნის ნატეხები ($\mu = 3$; $\rho = 102 \text{--} 10 \text{G}$ ომი.სმ) მაგნიტური ველით ორწუთიანი გახურების შემდეგ იპობა; ქანის ეფექტური გახურების სიღრმე კი 6--8 სმ შეადგენს.

არსებობს რამდენიმე პროექტი აღნიშნული წესით კარიერში ღარიბი რკინოვანი ქანების (ტაკონიტების) რღვევისა. კარიერში ინდუქციურ ხვეულას სპეციალური საწევრით გადაადგილებენ. ინდუქტორის ქვეშ ქანი ხურდება და ირღვევა.

რეკომენდებულია აგრეთვე გამამდიდრებელ ფაბრიკებში რკინის მადნის მაგნიტური რღვევის წესი. კონვეიერი ქანის ნატეხებით გაივლის ინდუქტორის რამდენიმე ხვეულს, სწრაფცვლადი მაგნიტური ველის ზემოქმედებით კი ქანი წვრილ ნაწილებად იპობა.

ქანების რღვევის ელექტრომაგნიტური მეთოდები სხვადასხვაგვარია და მათი გამოყენება შეიძლება განსხვავებული თვისებების ქანებისათვის.

მრავალი დადებითი მხარე, რაც ამ მეთოდებს ახასიათებს (მიმართული ელექტროენერგიით ქანებზე ზემოქმედება, წინასწარ გარკვეულ ადგილებში ენერჯის კონცენტრაცია და სხვ), მეტყველებს მათ პერსპექტიულობასა და მასივების რღვევისათვის ფართო გამოყენებაზე.

ერთი ან ორი გაშიშვლებული სიბრტყის არსებობისას მასივიდან ქანის ახლეჩა მაშინ არის შესაძლებელი, როდესაც ქანში გაჩენილ ბზარს მრუდხაზოვანი ფორმა აქვს და ამ ბზარით მოსანგრევი ნატეხი მთლიანად იზოლირებულია მასივიდან. ამავე დროს ელექტროთერმული რღვევისას ნებისმიერი ბზარის გაჩენა თერმული ძაბვების მკვეთრ დაცემას იწვევს. ბზარების შემდგომი განვითარებისათვის საჭიროა დამატებითი ხანგრძლივი გახურება, რაც, ხშირად, დადებით შედეგს არ იძლევა—სანგრევი დასკდება, სუსტდება, მაგრამ საბოლოოდ რღვევის პროდუქტები მასივს არ შორდება, ამისათვის საჭიროა სანგრევზე დამატებითი მექანიკური ზემოქმედება. მიზანშეწონილია ისეთი მექანიზმის შექმნა, რომელიც გააერთიანებს ელექტროთერმულსა და მექანიკურ ზემოქმედებას—ელექტრომაგნიტური ველი ქანს მოამზადებს, ხოლო მექანიკური მოწყობილობა მას საბოლოოდ მოანგრევს.

ელექტროთერმული პროცესი ელექტრულ გარღვევასთან შედარებით ხანგრძლივია, ამიტომ ამ პრინციპით მომუშავე მექანიზმების მწარმოებლობა ობიექტურად შეზღუდულია და დამოკიდებულია ქანის თვისებებსა და ველის პარამეტრზე. თუ მოპოვების ტექნოლოგიის თვალსაზრისით ზემოაღნიშნული შესაძლებელია, ჯობს ქანის გარკვეული უბნები წინასწარ შესუსტდეს ელექტრული ველის ხანგრძლივი ზემოქმედებით, შემდგომ კი მექანიკური წესით მოინგრეს. სწრაფმოქმედი ელექტრული მექანიზმები მიზანშეწონილია ელექტრული წარდგენის ბაზაზე შეიქმნას.

ოპტიკური დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური ტალღებით ქანების რღვევა ამჟამად მხოლოდ გამოცდის პროცესშია. ადვილი შესაძლებელია, რომ მომავალში ოპტიკურ კვანთურ გენერატორებს (ლაზერებს) პრაქტიკულად გამოიყენებენ. მათი მუშაობის პრინციპი დამყარებულია ზოგიერთი კრისტალისა (ლალი) და სითხის უნარზე-

სინათლით აგზნებისას წარმოქმნას განსაკუთრებული კონცენტრაციის ძლიერი სხივი. ცდებმა გვიჩვენა, რომ ასეთ სხივს შეუძლია წამის მემილიონედ ნაწილში გახვრიტოს უმაგრესი მინერალი ალმასი და მყარი სხეულები დაარღვიოს.

ელექტროდინამიკური მეთოდებით ქანების გამდიდრება. ქანების გამდიდრების დროს სარგებლობენ მადნეულთა და შემცველი ქანების ელექტრული თუ მაგნიტური თვისებების განსხვავებით. ამასთან, მიმართავენ როგორც სტატიკურ ისე ცვლად ველებს.

პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება მინერალების დიელექტრიკული სეპარაცია, რაც დიელექტრიკული შეღწევადობით მინერალთა გაყოფაზეა დაფუძნებული. როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა ამ მეთოდით შეიძლება ისეთი მინერალების დაყოფა, რომელთა დიელექტრიკული შეღწევადობა ერთეულით მაინც განსხვავდება.

დიელექტრიკული სეპარაცია ერთ-ერთი წესის მიხედვით ხორციელდება სატრანსპორტო ლითონის ლენტზე, რომელიც ერთ-ერთი ელექტროდია; მეორე ელექტროდი კი დამაგრებულია ლენტის ზემოთ. მინერალები მოძრაობენ სითხეში, რომელსაც გარკვეული სიდიდის ϵ აქვს. ის მინერალები რომელთა ϵ სითხისას აღემატება, ლენტზე მიიზიდება და მის ბოლოს მიმდებში განიტვირთება. მინერალები, რომელთა ϵ სითხისაზე ნაკლებია, ველიდან გამოვარდება.

სასარგებლო წიაღისეულთა გაწმენდისა და გამდიდრების მაგნიტური ხერხები დაფუძნებულია მადნებსა და შემცველი ქანების განსხვავებულ ნარჩენ დამაგნიტურობასა და მაგნიტურ შეღწევადობზე. ელექტრომაგნიტური სეპარატორები მაგნიტურ ფრაქციას არამაგნიტურისაგან გამოყოფს. მაგნიტურ სეპარაციას ფართოდ იყენებენ რკინისა და მანგანუმის მადნების გასამდიდრებლად და აგრეთვე კალის, ვოლფრამისა და სხვა ქვიშებიდან ილმენიტის გამოსაყოფად.

გამდიდრებაში იყენებენ აგრეთვე ქანების ოპტიკურ თვისებებს, მაგალითად, არეკვლის უნარს. ბარიტის მადანი, მზის ენერჯის შთანთქმის გამო, ძლიერ ხურდება. ჩრდილოეთის რაიონებში ამ მოვლენით სარგებლობენ ბარიტის იაფი გამდიდრებისათვის. ბარიტის მადანს შრეებად ყრიან თოვლზე. გახურებული ნატეხები თანდათანობით თოვლში ღრმად ჩაიწევის, უმადნო ქანი კი ზედაპირზე რჩება.

ცნობილია ქანების გამდიდრების თერმოადგიური მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია მინერალების მიერ ინფრაწითელი სხივების სხვადასხვანაირად შთანთქმის თვისებებზე. ამგვარად იწმინდება მაგალითად, ქვამარილი დოლომიტისა და ანჰიდრიტის მინარევებისაგან. ქვამარილი მინარევებთან ერთად თავსდება სპეციალურ პლასტიფიცირებულ ლენტზე, რომელიც განათებულია ინფრაწითელი გამოსხივების ნათურით. დოლომიტის გაუმჟვარი და ანჰიდრიტის ნახევრად გამჟვრვალე ნატეხები ინფრაწითელი სხივების ზემოქმედებით ხურდება და ლენტს მიეკვრება. ქვამარილი კონვეიერიდან გაწმენდილი ჩამოდის. ეს მეთოდი სხვა მინერალთა გასაწმენდადაც გამოიყენება.

სასარგებლო წიაღისეულის სელექციური ამოღებისა და გამდიდრების დროს იყენებენ ქანების ლუმინესცენციას. მაგალითად, ვოლფრამის მადანი–შეელითი შეუიარაღებელი თვალთ ქანში ძნელად გამოიცნობა. თუ სანგრევს ულტრაიისფერი გამოსხივების ნათურით გავანათებთ, შეელითი ნათებას იწყებს, ე. ი. შესაძლებელია მადნის სელექციური ამოღება.

ელექტროდინამიკური მეთოდები დამხმარე ოპერაციებში. ქანების ამოსაშრობად (განსაკუთრებით დისპერსიული, თიხოვანი და სხვა ქანების) გამოიყენება ელექტროსმოსი.

მუდმივი ელექტრული დენის მოქმედებით (ძაბვა დაახლოებით 40 ვ, დენის ძალა 20-30 ა.) ქანში არსებული წყლის მოლეკულები კათოდისაკენ მოძრაობს და ანოდის ზონას თანდათანობით აუწყლოებს.

ელექტროსმოსური ამოშრობა ტუმბოებით ამოშრობასთან ერთადაც გამოიყენება. ელექტროსმოსი გამოიყენება კარიერებზე ტრანშეებისა და აგრეთვე სხვა სამთო გვირაბების გაყვანისას.

გაყინული ქანების ელექტრონემსებით გაღობისას სარგებლობენ ლღობილი ქანის მიერ ელექტროდენის გატარების უნარით.

კარიერის გაღობილ უბანზე ბურღავენ შპურებს, რომლებშიც ელექტროდებს ათავსებენ ისე, რომ ბოლოები ლღობილ ქანში ჰქონდეთ. დენის ჩართვისას წარმოიქმნება შეკრული ელექტრული წრედი ლღობილ ქანში (ვინაიდან ლღობილი ქანის

ელექტროგამტარობა გაცილებით უფრო მაღალია, ვიდრე გაყინულის). შრე, რომელშიც დენი გადის, ხურდება და სითბოს გადასცემს ზემდებარე გაყინულ შრეს, რაც გაღობის შემდეგ თმით იწყებს დენის გატარებას. ამრიგად, გაღობის პროცესი თანდათანობით კარიერის ზედაპირს აღწევს.

ყველაზე უფრო საინტერესოა მაღალსიხშირული დენით გაღობის მეთოდები, რომლებიც არ საჭიროებს შპურების ბურღვასა და ელექტროდების დიდ რაოდენობას. ქანების განმტკიცების, გაჯირჯვებისადმი მათი მიდრეკილებისა და წყლის მოდინების შესამცირებლად იყენებენ გვირაბების კედლების, კარიერისა და ნაყარის გვერდებისა და სხვ. ელექტროდნობას. ამისათვის ვარგისია ზემოგანხილული კანონზომიერებანი ელექტროდენის ზემოქმედებით ქანებში სითბოს გამოყოფის შესახებ.

ელექტროდინამიკა შეიძლება აგრეთვე გამოვიყენოთ ქანების ჰიდროტრანსპორტის დროს, სახელდობრ, სასარგებლო წიაღისეულთა გზადაგზა გასამდიდრებლად შეწონილ მდგომარეობაში ქანების გადასაზიდად (ელექტროსტატიკური ან მაგნიტური მიზიდულობის ძალების ზემოქმედებით) და სხვ.

ელექტროფორეზით სარგებლობენ ჰიდრონაყარებში წყლის დაწმენდის ინტენსიფიკაციისათვის, მაღაროს ატმოსფეროს გაუმტკვრებისათვის და სხვა.

ქანების ელექტროდინამიკის გამოყენება პერსპექტიულია გეოტექნოლოგიური მეთოდებით სასარგებლო წიაღისეულთა ამოღებისათვის, სახელდობრ, ასეთი მეთოდების ინტენსიფიკაციისათვის.

გეოტექნოლოგიის განვითარებას უმთავრესად მასივების სუსტი შეღწევადობა აბრკოლებს. ქანებზე მაღალი სიხშირის ელექტრული ველებით ზემოქმედება ხელს უწყობს ბზარების გაჩენასა და რღვევას.

გარკვეული კონფიგურაციისა და დამაბულობის ელექტრულ ველებს შეუძლია ქანებში ხსნარებისა და ნადნობების მოძრაობა მიმართოს, ქიმიური გამოტუტვა გააძლიეროს და სხვ.

ქანების იონური და ელექტროლიზური გამტარობა შეიძლება უშუალოდ გამოვიყენოთ, როგორც გეოტექნოლოგიური მეთოდი. გახსნილი მინერალების ელექტროლიზით უშუალოდ მადნის სხეულში მზა ლითონს იღებენ (სპილენძს, თუთიას, კალასა და სხვა).

ქანების იონური გამტარობა ხელს უწყობს აგრეთვე წინასწარ მინერალების გაუხსნელად ელექტროდების ახლოს სასარგებლო ელემენტების გამოყოფას ან კონცენტრაციას.

როგორც ცნობილია, იონური გამტარობა ახასიათებს მინებს, ჰალოიდურ ნაერთებს, ნიტრატებს, სულფატებს, სხვადასხვა ლითონთა მარილებს. ამათგან უმრავლესობას უნიპოლარული გამტარობა აქვს, ე. ი. გადაადგილდება ან კატიონი, ან ანიონი. ნივთიერების იონური გადატანის პროცესი ნელია, ამიტომ სასურველი შედეგი რომ მივიღოთ, მასივში დენი ხანგრძლივად უნდა გადიოდეს.

გარდა ამისა, იონური გამტარობა მარტო ერთ-ერთ ელექტროდთან სასარგებლო ელემენტთა კონცენტრაციას კი არა, ქანების მასივის მნიშვნელოვან შესუსტებასაც იწვევს. მართლაც, ქანიდან იონების ნაწილობრივი მოცილება კრისტალურ მესერში დეფექტებს ზრდის, ქანის ფორიანობასა და შეღწევადობას აძლიერებს. ასეთი მომზადების შედეგად ქანი სუსტდება და მექანიკური საშუალებებით იოლად ირღვევა.

5. რადიაციული პროცესები ქანებში

ამჟამად ქანებისა და მინერალების გამოსაკვლევად ყველაზე უფრო ხშირად რენტგენის სხივებით სარგებლობენ.

ფართოდ გამოიყენება აგრეთვე შთანთქმის, ინტერფერენციისა და სპექტრული ანალიზის მეთოდები. შთანთქმის მეთოდი (დეფექტოსკოპია) იმ მოვლენებზეა დაფუძნებული, რომ ნივთიერების აღნაგობის, მინერალური შედგენილობის, სიმკვრივისა და სხვათა არაერთგვაროვნება რენტგენის სხივებს ასუსტებს. ლითონდასამუშავებელ მრეწველობაში დეფექტოსკოპიას იყენებენ მეტალებში სიღრუეთა და ჩანართების გამოსავლენად.

ამ მეთოდს სამთო საქმეში ქვანახშირსა და-კოქსში ნაცრის განაწილების ხასიათისა და რაოდენობის განსაზღვრისათვის იყენებენ. რენტგენის სხივებისათვის ქვანახშირი უფრო გამჭვირვალეა, ვიდრე ნაცარი, ამიტომ უკანასკნელის დაგროვების ადგილებში

რენტგენის სურათებზე ჩრდილები გამომჟღავნდება. დეფექტოსკოპიის მეთოდით განსაზღვრავენ აგრეთვე ქარსის ხარისხს.

რენტგენული მიკროსკოპით ქანების გამოკვლევისას, ხშირად მათი აღნაგობისა და მინერალური შედგენილობის ისეთ თავისებურებას გამოავლენენ, რაც ჩვეულებრივ მიკროსკოპში არა ჩანს. ზემოთ განხილული იყო ქანების რენტგენოგრაფიული გამოკვლევის სხვა მეთოდებიც.

რენტგენის სხივები ქანში გავლისას მასზე მოქმედებს და ზოგიერთ თვისებას უცვლის. მაგალითად, ელექტროგამტარობას უდიდებს. დადგენილია აგრეთვე, რომ ზოგიერთი კრისტალის დასხივება დასაწყისში მის ელექტრულ სიმტკიცეს ზრდის. დასხივების დოზის შემდგომი გადიდება ელექტრულ სიმტკიცეს ამცირებს. ქვამარილის კრისტალების ხანმოკლე გამოსხივება შიგა ხახუნს ამცირებს.

გამა-სხივებს, ისევე როგორც რენტგენის სხივებს, მეტალურგიულ მრეწველობაში დეფექტოსკოპიისათვის იყენებენ. გამა-სხივები გამოიყენება ქვანახშირის გამდიდრებისათვის: მეთოდი დამყარებულია მინარევების შემცველობასა და სხივების შესუსტების ურთიერთდამოკიდებულებაზე.

გამა-სხივებით სარგებლობენ აგრეთვე მანქანების დისტანციური მართვისა და საწარმოო პროცესების ავტომატიზაციისათვის. მაგალითად, ქვანახშირის ფენის ფარგლებში კომბაინის მოძრაობის რეგულირების საკითხი გამა-გამოსხივების მეშვეობით გადაწყდა.

გამა-სხივების წყაროს (ჩვეულებრივ, რადიოაქტიურ იზოტოპს) ათავსებენ კომბაინის ქვედა ნაწილში ნიადაგის ფენაში უშუალოდ ქვანახშირის შრესთან. გამა სხივებს ქვანახშირისკენ მიმართავენ. სხივების განბნევის ხარისხი დაახლოებით ქანის სიმკვრივის უკუპროპორციულია. კომბაინის წინ მოთავსებულია გეიგერის მრიცხველი, რომელიც იჭერს ქვანახშირისა და ქანის საზღვრიდან გაბნეულ სხივებს. მრიცხველის მიერ დაჭერილი გამა კვანტების რაოდენობით განსაზღვრავენ ქვანახშირის შუაშრის სისქეს და კომბაინის მოძრაობას არეგულირებენ.

გამა-კვანტების ენერგია მნიშვნელოვნად აღემატება დიდი სიგრძის ელექტრომაგნიტური ტალღების ენერგიას. ამიტომ კვანტებით და ქანის ნაწილაკების ურთიერთმოქმედების პროცესები არსებით ფიზიკურ=ქიმიურ ცვლილებას იწვევს .

ქვამარილის ელექტრული სიმტკიცე, მაგალითად, გამა სხივებით ზემოქმედების ხანგრძლივობის მიხედვით მრუდხაზოვნად იცვლება. ამასთანავე 200 p-მდე იგი იზრდება, ხოლო შემდგომ-მდოვრედ მცირდება.

სეგნეტური მარილის მიკროსისალე გამა-სხივებით დასხივების შემდეგ მნიშვნელოვნად კლებულობს (40--50 მლნ p დროს-35% .მდე), მისი სითბოტევადობა კი მცირდება. ქანების სითბოგამტარობა მცირდება, ელექტროგამტარობა კი იზრდება, გამა=სხივებით შემოსხივებული გრაფიტის დნობის ტემპერატურა მცირდება – ყველა ეს მოვლენა აიხსნება გამა კვანტებით ქანებისა და მინერალების კრისტალური მესრის დაშლით.

ქანებზე ნეიტრონების და სხვა მიკრო ნაწილაკთა მოქმედება. ნეიტრონები-ატომის ბირთვის დაუმუხტავი ნაწილაკებია რომელთა მასა $1,6747 \cdot 10^{-24}$ გ შეადგენს. ნეიტრონული ნაკადის მისაღებად ნეიტრონთა პოლონიუმ ბერილიუმის წყაროებით სარგებლობენ. ნეიტრონთა განსაკუთრებულად მძლავრ ნაკადებს ($2,2 \cdot 10^{-12}$ ჯ მეტი ენერგიით) სპეციალური ნეიტრონული გენერატორებით ქმნიან. ნეიტრონების მისაღებად ატომგულეებს აჩქარებული ნაწილაკებით ბომბავენ.

ვინაიდან ნეიტრონებს ელექტრული მუხტი არ გააჩნია, ელექტრონებთან ისინი ძლიერ სუსტად ურთიერთმოქმედებენ, ამიტომ ნეიტრონები იონიზაციას (ატომებიდან ელექტრონების ამოგლეჯას) თითქმის არ ახდენენ და ნივთიერებაში თავისუფლად აღწევენ.

ბირთვის ნებისმიერი ნაწილაკი მყარ სხეულში მოძრაობის დროს შეიძლება გზადაგზა ან ელექტრონებს შეეჯახოს, ანდა ატომგულეებს.

პირველ შემთხვევაში ხდება ატომებიდან ელექტრონების ამოგლეჯა და მათი (ატომების) იონიზაცია, მეორე შემთხვევაში შესაძლებელია კრისტალური მესრიდან ატომების ამოგდება და თვით ბირთვის აგზნებაც.

ელექტრონების ამოგდება ფოტოეფექტს ქმნის და ნახევარგამტარების და დიელექტრიკების გამტარობას ამადლებს. ნეიტრონებით ბირთვის აგზნება იწვევს მის დაშლას და გამა-სხივების, ალფა-ნაწილაკების, პროტონებისა და ელექტრონების გამოსხივებას.

მესრის კვანძიდან ატომგულის გადასანაცვლებლად აუცილებელია მისთვის დაახლოებით $4 \cdot 10^{-18}$ ჯ ენერჯის მინიჭება. თუ კი გადაცემული ენერჯია ამ სიდიდეს მნიშვნელოვნად აღემატება, მაშინ თვითონ ბირთვი გადაადგილებს მეზობელ ატომებს. ამის შედეგად კრისტალური მესრის მიკროსკოპული უბნები შეიძლება დაირღვეს და გადნეს. ხანგრძლივმა შემოსხივებამ შეიძლება მინერალებისა და ქანების თვისებათა ცვლილება გამოიწვიოს.

ზოგიერთ კრისტალში 10^{12} ნეიტრ/სმ³. წმ ინტენსიურობის ნეიტრონთა ნაკადი დაახლოებით 8 ჯ სითბოს გამოყოფს. გარდა ამისა, ნეიტრონებით შემოსხივების შემდეგ კრისტალებში ჩნდება მესრის სტრუქტურული დეფექტები, რომლებიც კრისტალის სიმკვრივეს ამცირებენ. კვარცის სიმკვრივე მაგალითად 15%-ით კლებულობს, ალმასის – 4%-ით. ზოგიერთი კრისტალი ნეიტრონების ზემოქმედებით ირღვევა, ზოგი კი (მაგალითად, NaCl, KCl, NaBr და KBr) უფრო მეტ სისალეს იძენს (16-230%). თანაც, დასხივების დროის გადიდებით სისალე სიღრმეშიც იზრდება. ქვამარილის კრისტალთა სიმტკიცის ზღვარი $1,8 \cdot 10^{19}$ ნეიტრ/სმ². წმ ინტენსიურობის ნეიტრონთა ნაკადით დასხივების შემდეგ 20-დან 64 კგ/სმ²-მდე იზრდება.

ნეიტრონთა ნაკადით დასხივების შემდეგ კვარცის კრისტალებს ეკარგება კრისტალური სტრუქტურა, უმცირდება თბოგამტარობა, ეცვლება მაგნიტური თვისებები—დიამაგნიტური მდგომარეობიდან პარამაგნიტურში გადადის.

მიკრონაწილაკთა ნაკადით ზემოქმედებას იყენებენ ქანების გამოკვლევის და გეოფიზიკური მეთოდებით სასარგებლო წიაღისეულთა დაზვერვისათვის.

ცნობილია, რომ ნეიტრონების ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანი შენელება წყალბადის ბირთვებით ხდება, ვინაიდან მათი მასა ნეიტრონების მასას უახლოვდება.

სხვადასხვა ქანში წყალბადის განსხვავებული რაოდენობა არსებობს. მაგალითად, კრისტალიზაციური წყლის შემცველ ქანებში (თაბაშირში) წყალბადი ბევრად მეტია,

ვიდრე სხვა ქანებში. აღნიშნული გარემოებით სარგებლობენ ჭაბურღილებში ქანების დიაგნოსტიკასათვის.

ქანებში წყალბადის არსებობა დაკავშირებულია აგრეთვე მათ ტენიანობასთან. ეს იმას ნიშნავს, რომ ნეიტრონული წესით შესაძლებელია ქანების ტენიანობის ან ფორიანობის შეფასება დაზვერვა, ჭაბურღილებში ნავთობიანი ან წყლოვანი ფენების გამომჟღავნება.

ამისათვის ჭაბურღილში ჩაუშვებენ გამომსხივარს და ნეიტრონთა მრიცხველს, რომელიც აღნუსხავს ქანის დასხივების შემდეგ უკან დაბრუნებული ნეიტრონების სიჩქარესა და რაოდენობას. წყალბადის მიერ შენელებულ ნეიტრონებს ხარბად შთანთქავს ქლორის იონები, რომლებსაც წყალი დიდი რაოდენობით შეიცავს, მაგრამ ნავთობში სრულიად არ არსებობს. ამიტომ, თუ კი ქანები ნავთობს შეიცავს, დაბრუნებული ნეიტრონების რაოდენობა გაცილებით უფრო მეტი იქნება, ვიდრე ჩვეულებრივ ჭაბურღილში.

მიკრონაწილაკებით ზემოქმედება გამოიყენება აგრეთვე გამდიდრების პროცესებში ფიქლების ნაცრიანობის კონტროლის ქანის გამორჩევის, ტყვიისა და შეელითის კონცენტრატებში ლითონის შემცველობის განსაზღვრისა და კონტროლის, ქანში საძიებელი ელემენტის წონითი შემცველობის განსაზღვრის, ქიმიური შედგენილობის მიხედვით ნატეხოვანი მასალის დახარისხებისათვის და სხვა.

6. ქანების თვისებათა ურთიერთკავშირი

ქანების თვისებები, როგორც აღვნიშნეთ, სავსებით განისაზღვრება მათი მინერალური შედგენილობითა და აღნაგობით. რომელიმე შიგა ფაქტორის, მაგალითად: მინერალთა შემცველობისა ან მათი ურთიერთგანლაგების ცვლილება პრაქტიკულად ქანის თითქმის ყველა თვისებაზე ახდენს გავლენას. ასევე, თუ დადგინდა რომელიმე თვისების შეცვლა, დარწმუნებით შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ყველა დანარჩენი თვისებაც შესაბამისად შეიცვლება. ამგვარად, ცხადია, რომ ქანების ფიზიკური თვისებები ერთიმეორისაგან იზოლირებულად კი არა, კომპლექსურად, მათ უწყვეტ ერთიანობაში უნდა შევისწავლოთ. ქანების შესწავლისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მათი თვისებებისა და

ამ უკანასკნელთა განმსაზღვრელ შიგა და გარე ფაქტორებს შორის დამოკიდებულებათა დადგენას. ასეთი დამოკიდებულება საშუალებას იძლევა თვისებებში ანომალიათა მიზეზები გამოვავლინოთ; დავადგინოთ ამა თუ იმ ფაქტორის მნიშვნელობა თვისებების ჩამოყალიბების დროს; გარდა ამისა, აღნიშნულ დამოკიდებულებათა მეშვეობით შესაძლებელია საგანგებო ექსპერიმენტების ჩატარებლად სხვადასხვანაირი ქანის სხვადასხვაგვარ პირობებში ნავარაუდები თვისებების გაანგარიშება. ქანის თვისებებსა და შიგა ფაქტორებს შორის დამოკიდებულების დადგენას ის გარემოება აბრკოლებს, რომ ჯერ კიდევ არ არსებობს მინერალური შედგენილობისა და აღნაგობის მაჩვენებელთა რაოდენობრივი მახასიათებელი; ჯერ კიდევ არ არის დადგენილი ფოროვანი სივრცისა და მინერალთა მარცვლების ფორმის რაოდენობრივი მახასიათებელი. მინერალური შედგენილობის ზოგადი რაოდენობრივი მაჩვენებელიც ძნელი ჩამოსაყალიბებელია.

აღნიშნულის გამო რაოდენობრივი დამოკიდებულება დადგენილია თვისებათა და აღნაგობის მხოლოდ ისეთ მაჩვენებელთა შორის, როგორც არის საერთო ფორიანობა, კრისტალების მარცვალთა ზომები, შუაშრეთა სისქე და სხვა. ე. ი. რაოდენობრივად გამოხატულ მაჩვენებელთა შორის. რაოდენობრივი დამოკიდებულება დადგენილია აგრეთვე ერთი ტიპის მინერალური შედგენილობის ქანებში რომელიმე ერთი ძირითადი მინერალის პროცენტულ შემცველობასა და თვისებათა შორის.

წარმოვიდგინოთ C აღნაგობისა და M მინერალური შედგენილობის რომელიღაც რაოდენობრივი მაჩვენებლები. თუ ვივარაუდებთ, რომ ქანების გამოსაკვლევ ჯგუფს დაახლოებით ერთნაირი მინერალური შედგენილობა M და სხვადასხვაგვარი აღნაგობა C აქვს, შეგვიძლია დავწეროთ (იგულისხმება, რომ გარე ფაქტორები მუდმივია):

$$x = x_0 f'(C);$$

$$y = y_0 f''(C),$$

სადაც x_0 და y_0 ქანის ფიზიკური პარამეტრებია $C=C_0$ რომელიღაც საწყისი მნიშვნელობის დროს (თუ $C=P$, მაშინ $P=O$) მოცემული მინერალური შედგენილობისას; x და y —ქანის პარამეტრების საძებნი მნიშვნელობა მოცემული აღნაგობისას.

ვინაიდან

$$f'(C) = f''(x), \quad y = f''(x)y_0 / x_0.$$

ამრიგად, მიიღება განტოლება, რომელიც ორ ცვლად სიდიდეს x და y პარამეტრებს აკავშირებს მუდმივი მინერალური შედგენილობის დროს. მაგრამ, თუ დავუშვებთ, რომ ქანების მოცემული ჯგუფის აღნაგობა C მუდმივია და $C_0 = s$ უდრის, ხოლო M მინერალური შედგენილობა მნიშვნელოვნად იცვლება, შეგვიძლია დავწეროთ:

$$x_0 = A' \varphi'(M) x_0'; \quad y_0 = A'' \varphi''(M) y_0' \quad \text{ან} \quad y_0 = A''' \varphi'''(M) x_0.$$

სადაც x_0' და y_0' რომელიღაც მუდმივი სიდიდეებია განსაზღვრული მინერალური შედგენილობის დროს;

A', A'', A''' – რაიმე მუდმივები.

ეს განტოლება მუდმივი აღნაგობის (C) დროს აგრეთვე ორ თვისებას აკავშირებს.

თუ წინა განტოლებაში x_0 ჩავსვამთ, მივიღებთ:

$$X = A' f'(C) \varphi'(M); \quad y = f''(C) \varphi''(M).$$

ვინაიდან

$$f''(C) = f'''(M; x),$$

ამიტომ

$$Y = B f'''(M; x) \varphi''(M),$$

სადაც B რაიმე მუდმივაა.

ეს განტოლება განუსაზღვრელი ხასიათისაა. ამიტომ თუ ქანების ჯგუფში მინერალური შედგენილობა და აღნაგობა ნებისმიერად იცვლება, ასეთი ქანის ორ თვისებათა შორის განზოგადებული კავშირის დადგენა შეუძლებელია.

თუ დავუშვებთ რომ $\varphi'(M) \approx \varphi''(M)$, მაშინ

$$y = x f'' \approx (C) \text{ const.}$$

თანაც, თუ

$$f'(C) = f''(C),$$

მაშინ

$$y = \text{const } x.$$

ამრიგად, ორ თვისებათა შორის კავშირი მხოლოდ უკანასკნელ შემთხვევაშია სავსებით განსაზღვრული.

თვისებათა შორის დამოკიდებულებათა განხილვიდან შემდეგი ზოგადი დასკვნები გამომდინარეობს: ნებისმიერ შემთხვევაში ქანის თვისებები ძირითადად ორ ფაქტორზეა დამოკიდებული ალნაგობასა და მინერალურ შედგენილობაზე.

თვისებათა ურთიერთდამოკიდებულება ძირითად დამოკიდებულებათა წარმოებულა, ფიზიკური პარამეტრების თითოეული წყვილისათვის შეიძლება ორი განტოლება არსებობდეს: ერთი მათგანი ახასიათებს თვისებათა კავშირს ქანების მინერალური შედგენილობის ცვალებადობის დროს, მეორე—თვისებათა კავშირს ქანების ალნაგობის ცვლილებისას;

ქანების ნებისმიერად შერჩეული ჯგუფის ორი პარამეტრის საკმაოდ მჭიდრო ურთიერთდამოკიდებულება მხოლოდ მაშინ შეიძლება გამოჩვენდეს, როდესაც მათ ერთნაირი კავშირი აქვთ როგორც ალნაგობასა, ისე მინერალურ შედგენილობასთან.

თუ თითოეულს ამ ორ პარამეტრთან ერთნაირი კავშირი აქვს ან ალნაგობასთან, ან მინერალურ შედგენილობასთან, შეიძლება გამოჩვენდეს ერთი პარამეტრის ცვლილებით მეორის ცვლილების არე.

ზემოაღნიშნული დამოკიდებულებანი სამართლიანია მხოლოდ იმ თვისებათა მიმართ, რომლებიც ერთიმეორისაგან დამოუკიდებელია. წინააღმდეგ შემთხვევაში აუცილებელი არ არის ორივე პარამეტრის განსაზღვრა, რადგანაც ცნობილი თანაფარდობების მიხედვით ყოველთვის შეიძლება ერთი პარამეტრიდან მეორის გამომანგარიშება.

კრისტალური მესრის ალნაგობას და ქიმიურ შედგენილობას მნიშვნელობა აქვს მხოლოდ მინერალებისა და მათ თვისებათა ურთიერთდამოკიდებულებისათვის; ქანებისათვის კი ზემოხსენებული პარამეტრების როლი თვით ამ თვისებებზე მათი გავლენით განისაზღვრება. იონური კრისტალების ძირითადი თვისებები დაკავშირებულია მათი მესრის ენერგიასთან. ამ ენერგიის გადიდებით იზრდება კრისტალების თვისებათა მრავალი მაჩვენებელი: დრეკადობის მოდული, მექანიკური სიმტკიცე, თბობამტარობა, დიელექტრიკული დანაკარგები, დიელექტრიკული

შედწევადობის ელექტრონული შემდგენი, თბოტევადობა, კრისტალების სითბური გაფართოების პოეფიციენტი.

ამრიგად, იონური კრისტალებისათვის შეიძლება დადგინდეს ზემოჩამოთვლილ თვისებათა ურთიერთდამოკიდებულება ქიმიური კავშირის ბაზაზე. რაც შეეხება ქანებს, მათი თვისებების ურთიერთკავშირის დადგენა კრისტალური მესრის აღნაგობის ბაზაზე შეუძლებელია შედგენილობისა და მაკროაღნაგობის დიდი სხვადასხვაობის გამო. გარდა ამისა, ქანი მინერალთა მექანიკური ნარევა და მას მრავალი დარღვევა და არაერთგვაროვნება ახასიათებს, ამიტომ მინერალებისათვის თვისებათა შორის ექსპერიმენტულად დადგენილი დამოკიდებულება ქანებისათვის მხოლოდ იმ შემთხვევაში იქნება სამართლიანი, თუ ქანის ორივე თვისებას შემადგენელი მინერალების თვისებებისაგან ადიციურად გამოვითვლით.

მართლაც, თუ

$$x_a = \text{const } y_a; \quad y_j = y_j^i = V_j^i; \quad x_j = x_j^i = V_j^i,$$

მაშინ x_a მნიშვნელობის უკანასკნელ განტოლებაში ჩასმით მივიღებთ:

$$x_j = \text{const } y_j.$$

ცნობილია, რომ მინერალური შედგენილობისა თუ აღნაგობის ზოგადი მაჩვენებლები არ არსებობს. ამიტომაც პრაქტიკაში თვისებების ურთიერთდამოკიდებულებათა დასადგენად აღნაგობის ან მინერალური შედგენილობის რომელიმე კერძო მაჩვენებელს იყენებენ. ამჟამად ქანების თვისებათა ურთიერთდამოკიდებულებას ყველაზე უფრო ფართოდ ერთი მინერალური ჯგუფის ფარგლებში გამოიკვლევენ. ასეთი მიდგომით გამოვლინდება ხოლმე თვისებათა ისეთი ურთიერთკავშირები, რომლებიც განსაზღვრულია ქანების აღნაგობით. თვისებების ურთიერთდამოკიდებულებათა უმრავლესობა დაფუძნებულია ერთი მინერალოგიური ჯგუფის ფორიანობის ცვალებადობაზე, ვინაიდან ქანის თითქმის ყველა თვისება ამ უკანასკნელზე მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული. აღნიშნულის გამო, სავსებით შესაძლებელია დაახლოებით ერთნაირი მინერალური შედგენილობის ქანების თვისებათა ურთიერთკავშირი.

თუ მაგალითად, კუმშვის სიმტკიცის ზღვარი σ და იუნგის მოდული E ფორიანობაზეა დამოკიდებული:

$$\sigma = \sigma_0(1 - A'P)^2 ;$$

$$E = E_0(1 - A'P)^2 ,$$

მაშინ შეგვიძლია დავწეროთ

$$\sigma = E.$$

თუ

$$A' = A'' \text{ და } \sigma_0 / E_0 = \text{const} = \nu_0,$$

$$\sigma = \nu_0 E.$$

ეს კი ნიშნავს, რომ ფორიანობის მაჩვენებლის მიხედვით ერთნაირი მინერალური შედგენილობის ქანებისათვის σ და E შორის სწორხაზოვანი დამოკიდებულება უნდა არსებობდეს. რადგანაც ორივე პარამეტრი მარტო ფორიანობაზე კი არა, აღნაგობის სხვა მაჩვენებლებზეც დამოკიდებულია, მათ შორის კავშირი მიახლოებითი კორელაციური იქნება. თვისებათა შორის ფუნქციური დამოკიდებულების მიღება შეუძლებელია მინერალური შედგენილობისა და აღნაგობის სხვა დანარჩენი პარამეტრების სრული იდენტურობის დროსაც კი, ვინაიდან ქანის ფიზიკური პარამეტრები მარტო ფორების რაოდენობაზე კი არა, მათ ფორმაზეც არის დამოკიდებული.

თუ გამოკვლეული ქანებისათვის ფოროვანი სივრცის ფორმა იცვლება, გრაფიკზე წერტილები გაბნეულია. ზოგჯერ გაბნევა თვისებათა შორის კავშირს დაფარავს კიდევ. ამიტომ თვისებათა ურთიერთდამოკიდებულება ყოველთვის ვერ გამოვლინდება ხოლმე.

თუ ფორიანობა შედარებით ვიწრო ფარგლებში იცვლება, მის მიხედვით თვისებათა ურთიერთკავშირის დადგენა შეუძლებელია. ამიტომაც ნალექი ქანებისათვის (კირქვები, დოლომიტები, ქვიშაქვები) თვისებათა ურთიერთდამოკიდებულებები ამჟამად საკმაო რაოდენობით არის მიღებული, ხოლო მაგმური და მეტამორფული ქანებისათვის, რომლებსაც მცირე ფორიანობა ახასიათებთ—გაცილებით ნაკლები.

ქანების თვისებათა ურთიერთდამოკიდებულების შესწავლას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს როგორც სამთო წარმოების პრაქტიკული მიზნებისათვის, ისე სამთო მეცნიერებისათვის.

მრავალი ექსპერიმენტული მონაცემის ანალიზის შედეგად გამოყვანილი კორელაციური დამოკიდებულებანი, ჩვეულებრივ, შემოფარგლულია პარამეტრების რაღაც ზღვრული მნიშვნელობით, რომლის იქით ისინი უკვე ძალას კარგავენ. გარდა ამისა კორელაციური დამოკიდებულებები არასოდეს იძლევა ერთნიშნა პასუხს ამა თუ იმ თვისების შესახებ. პრაქტიკაში ხშირად ხელსაყრელია ერთი თვისების მიხედვით მეორე განისაზღვროს, სწორედ ამიტომ წარმოიქმნება ხოლმე საკითხი კორელაციურ დამოკიდებულებათა გამოყენების შესახებ.

ცნობილია, რომ სამთო წარმოება, ჩვეულებრივ, ორიენტაციას ახდენს ქანის თვისების არა რომელიმე ზუსტ მნიშვნელობაზე, არამედ ამ თვისების ცვალებადობის განსაზღვრულ დიაპაზონზე. ექსპერიმენტული გზით განსაზღვრული თვისებები, ჩვეულებრივ, ერთმნიშვნელოვანი არ არის, მასივში ქანის თვისებები საბადოს ერთი ნაწილის ფარგლებშიც კი მნიშვნელოვნად მერყეობს. აღნიშნულის გამო ქანის თვისებათა ერთნიშნა განსაზღვრა გამართლებულია მხოლოდ ლაბორატორიაში შედარებითი გამოკვლევებისათვის და უშუალოდ სანგრევში მოწყობილობათა მუშაობის რეჟიმის ავტომატური რეგულაციისათვის.

დანარჩენ შემთხვევებში სავსებით მიზანშეწონილია კორელაციურ დამოკიდებულებათა გამოყენება, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც მათი მეშვეობით შესაძლოა გამოვიანგარიშოთ ფიზიკური პარამეტრები ცდით მიღებული ვარიაციის კოეფიციენტების ფარგლებში.

თვისებათა ურთიერთდამოკიდებულებანი საშუალებას გვაძლევს იოლად დასადგენი პარამეტრის მიხედვით მოვძებნოთ სხვა პარამეტრები, რომელთა განსაზღვრა დიდ სიმძნელებთან არის დაკავშირებული; ნიმუშის თვისებათა მიხედვით მოვძებნოთ მასივის თვისებები; ქანების ყოველ ჯგუფში შევამციროთ შესასწავლი პარამეტრების რაოდენობა, მოვახდინოთ სამთო აგრეგატების ავტომატიზაცია და სხვ.

ამ ურთიერთდამოკიდებულებათა მიხედვით მარტოდენ ერთი პარამეტრის ფიქსაციით გამოიკვლევინ თვისებათა ცვალებადობას მრავალგვარ პირობებში, მომეზნიან ახალ მეთოდებს ქანების პარამეტრების მართვისა და სხვ., რაც იმით აიხსნება, რომ ერთი თვისების შეცვლა ყოველთვის მეორე თვისების გარკვეულ ცვლილებას იწვევს. გამოკვლევებით დადგენილია ქანის თვისებებისა და მოცულობითი წონის მრავალი ურთიერთდამოკიდებულება. აღსანიშნავია, რომ ზოგიერთ შემთხვევაში გამოვლენილია საკმაოდ მკაფიო დამოკიდებულება თვისებებსა და მოცულობით წონას შორის, თუმცა კუთრი წონისა და თვისებების ურთიერთკავშირი საერთოდ არ აღმოჩენილა. ეს იმით აიხსნება, რომ გამოსაკვლევნი თვისება და მოცულობითი წონა დამოკიდებულია ერთსა და იმავე ფაქტორზე—ფორიანობაზე. კუთრი წონა კი, როგორც ცნობილია, ფორიანობაზე არ არის დამოკიდებული.

რადგან

$$\gamma = \gamma_0(1 - P)$$

და

$$\sigma = \sigma_0(1 - A'P)^2; E = E_0(1 - A'P)^2,$$

მაშინ უმარტივესი გარდაქმნებით მივიღებთ:

$$\sigma = \sigma_0(B + C\gamma)^2, E = E_0(B' + C'\gamma)^2.$$

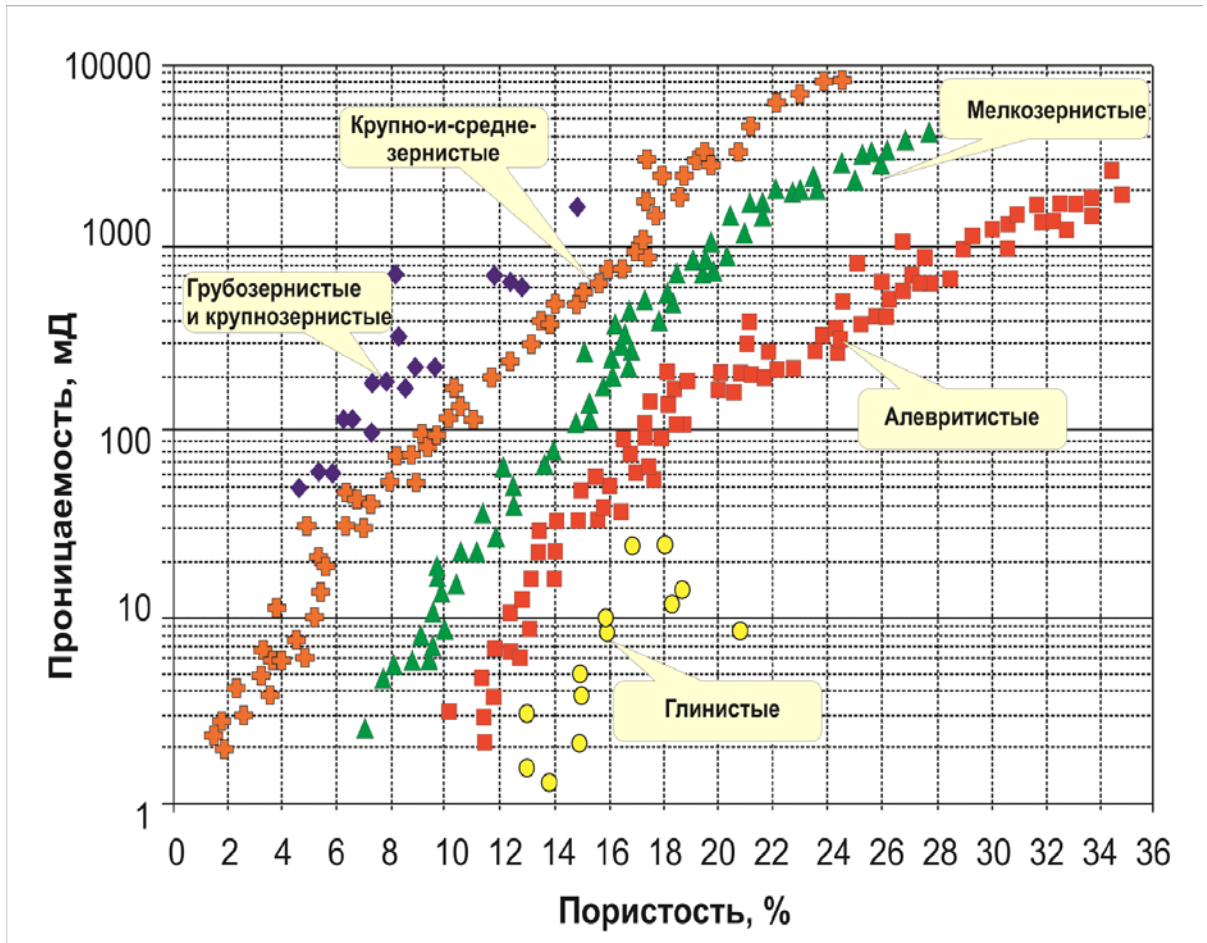
მართლაც, ქანების გამოკვლევის მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტული მონაცემები ადასტურებს აღნიშნულ თვისებათა შორის კვადრატულ დამოკიდებულებას.

ქანების თვისებათა ურთიერთკავშირი მარტო მინერალური შედგენილობის ანდა აღნაგობის ცვლილების ბაზაზე კი არა, გარეშე ფაქტორების ცვლილების საფუძველზეც შეიძლება დავადგინოთ, ოღონდ ურთიერთდამოკიდებულების ეს სახე მხოლოდ ერთნაირი მინერალური შედგენილობისა და აღნაგობის ქანებისათვის იქნება გამართლებული.

ფიზიკურ თვისებათა ურთიერთკავშირის გამოკვლევა ქანების ფიზიკის უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა; ამ ამოცანას განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა ეძლევა კომბინირებული ფიზიკური ზემოქმედების დროს, სახელდობრ, თერმულ-მექანიკური ჰიდრავლიკურ-მექანიკური, თერმულ-ელექტრომაგნიტური მეთოდების გამოყენებისას

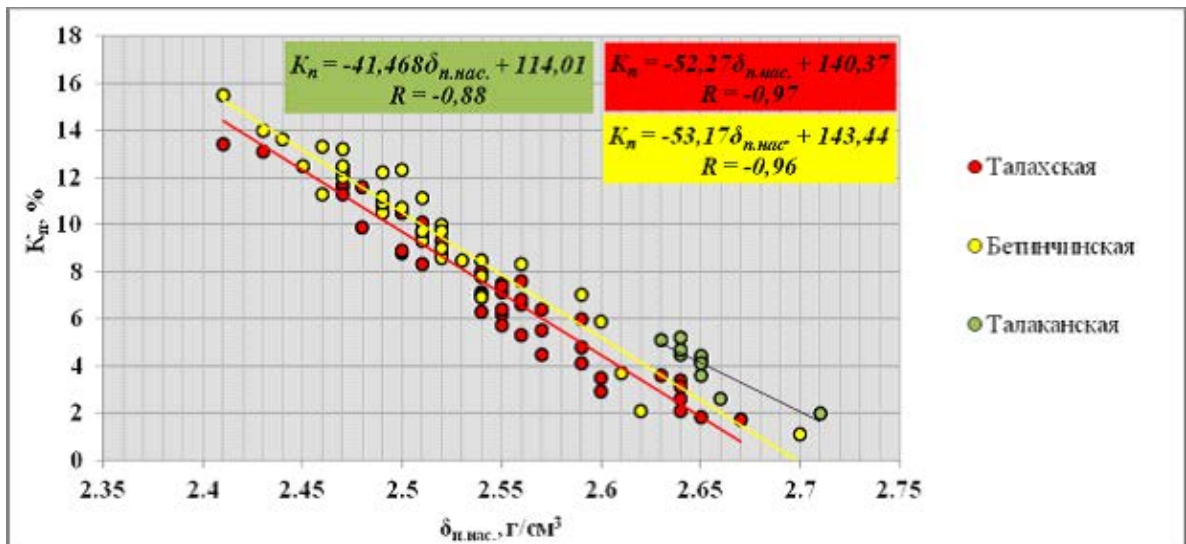
და აგრეთვე ყველა იმ შემთხვევაში, როდესაც აუცილებელია ქანების თვისებათა დიდი კომპლექსის და მათი ურთიერთდამოკიდებულების ცოდნა.

ნახ.7.1-ზე მაგალითის სახით ნაჩვენებია ქვიშაქვების გრანულომეტრული შედგენილობის გავლენა ფორიანობასა და შეღწევადობაზე.

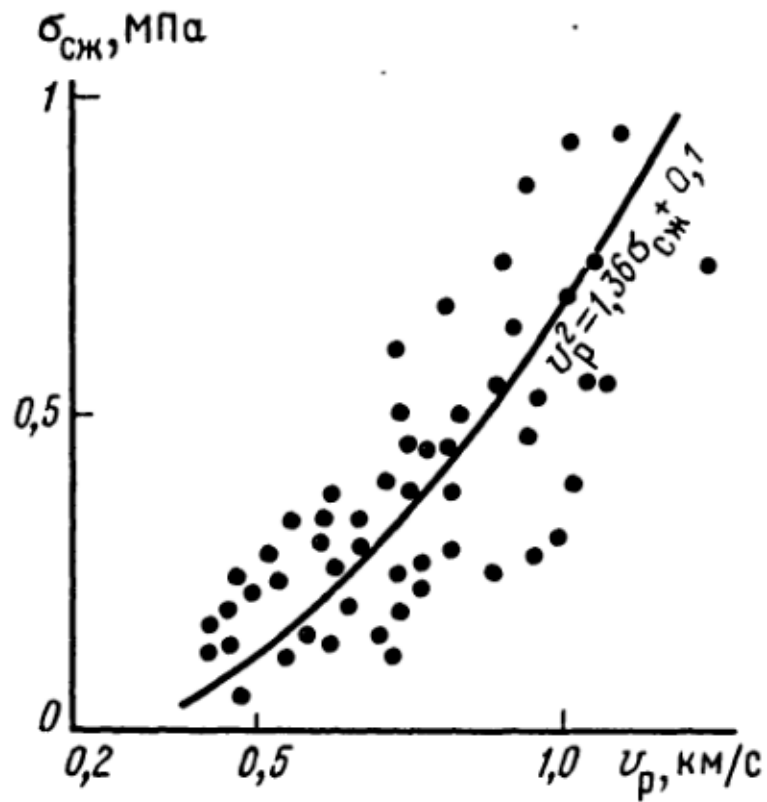


ნახ.7.1.

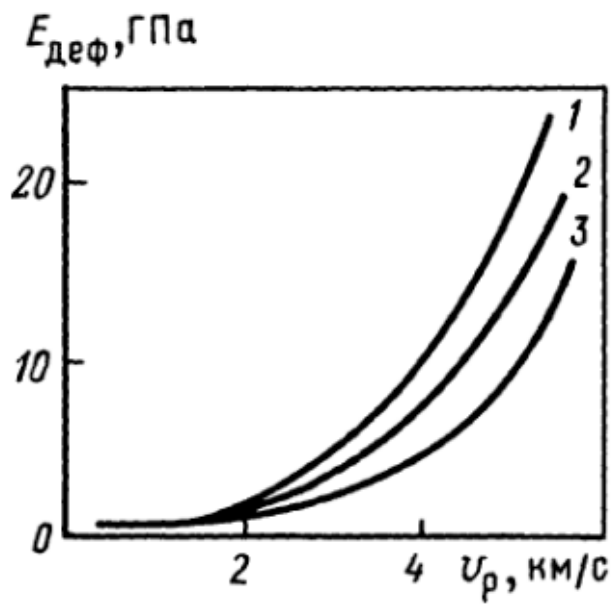
ნახ.7.2-7.6-ზე ნაჩვენებია ქანების თვისებების ურთიერთკავშირის ამსახველი კორელაციური მრუდები.



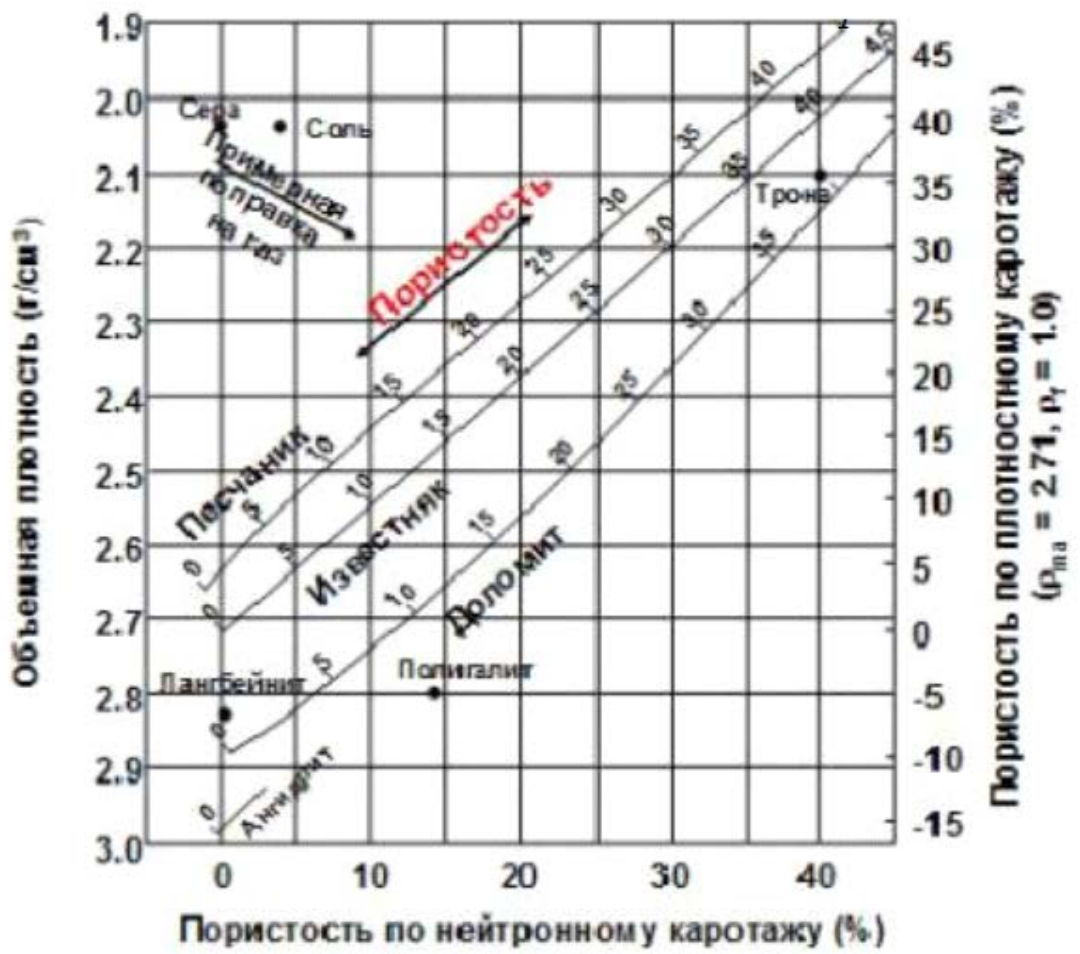
ნახ.7.3. ფორიანობისა და სიმკვრივის კორელაციური ურთიერთდამოკიდებულება სხვადასხვა საზადოსათვის



ნახ.7.4. კავშირი გრძივი ტალღის სიჩქარესა და სიმტკიცეს შორის თიხნარი ქანებისათვის



ნახ.7.5. კავშირი გრძივი ტალღის სიჩქარესა და დეფორმაციის მოდულს შორის: 1 - კორქებისათვის; 2- გრანიტისათვის; 3 -ფიქლებისათვის



ნახ.7.6. სიმკვრივისა და ფორიანობის კავშირი სხვადასხვა ქანებისათვის

7. სამთო წნევა

სამთო წნევა მიწისქვეშა ნაგებობათა (გვირაბები, კამერები, სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების შედეგად შექმნილი გამომუშავებული სივრცეები, კარსტული მღვიმეები, ჭაბურღილები და სხვა) მიმდებარე ქანთა მასივებში მოქმედი ძალებია. ის თავს იჩენს მიწისქვეშ ხელოვნური ან ბუნებრივი სიცარიელის წარმოქმნისთანავე. სამთო წნევის სიდიდე და მიმართულება დამოკიდებულია ქანთა მასივის საწყის დაძაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობაზე, მის გეოლოგიურ აგებულებაზე, ქანების ფიზიკურ და მექანიკურ თვისებებზე, მიწისქვეშა ნაგებობათა ფორმასა და ზომებზე, სამაგრი კონსტრუქციის ტიპზე, კონსტრუქციულ პარამეტრებზე და სხვა.

სამთო წნევის გამოვლენის ძირითადი ფორმებია:

- გარემომცველი ქანების რღვევა;
- სამაგრი კონსტრუქციაზე დატვირთვების ფორმირება;
- სამთო დარტყმა (ქანების ფრაგმენტული გამოსროლა, ქანისა და ნახშირის უეცარი გამოტყორცნა).

სამთო წნევა დროში ცვალებადი სიდიდეა. მიწისქვეშა ნაგებობის შექმნის შედეგად ირღვევა ქანთა მასივის საწყისი დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა. ნაგებობის ირგვლივ წარმოიქმნება ძალთა კონცენტრაციის უბნები და ინტენსიურად ფორმირდება მზარდი სამთო წნევა. გარკვეული დროის შემდეგ სამთო წნევის სიდიდე სტაბილიზდება და შემდგომ ინარჩუნებს მუდმივ მნიშვნელობას. ამ უკანასკნელს ხშირად დამყარებულ სამთო წნევას უწოდებენ.

7.1. ქანთა მასივის საწყისი დაძაბული მდგომარეობა

მიწისქვეშა ნაგებობის ფორმირებამდე ქანთა მასივში უკვე მოქმედებს გარკვეული ძალები, რომელთა მიერ გამოწვეულ დაძაბულ მდგომარეობას საწყის ან ბუნებრივ დაძაბულ მდგომარეობას უწოდებენ.

ქანთა მასივის საწყისი დამაბული მდგომარეობა ზოგადად დედამიწის ქერქში მოქმედი ორი ურთიერთდამოუკიდებელი ძალთა ველით განისაზღვრება. ესენია გრავიტაციული ველი და ტექტონიკური ველი.

გრავიტაციული ველი ნიუტონის მსოფლიო მიზიდულობის კანონით განისაზღვრება, ტექტონიკური კი - სივრცეში დედამიწის ქერქის არათანაბარი ტექტონიკური გადაადგილებით, ანუ მოძრაობის ტექტონიკური გრადიენტით.

დედამიწის გრავიტაციული ველი განისაზღვრება ქანების მასით- m და თავისუფალი ვარდნის აჩქარებით- g . ეს უკანასკნელი დედამიწის ცენტრიდან მანძილის- r ფუნქციაა და მისი ქერქისათვის უმნიშვნელოდ იცვლება ($g=981-1000$ სმ/წმ²). სიმძიმის ძალის მნიშვნელობა ტოლია:

$$P=mg.$$

ცალკეულ შემთხვევებში, კერძოდ, ერთგვაროვანი და იზოტროპული ქანთა მასივისათვის სიმძიმის ძალებით გამოწვეული საწყისი დამაბული მდგომარეობა შეიძლება მარტივად დავადგინოთ. ამ შემთხვევაში დედამიწის ზედაპირიდან h სიღრმეზე, ნებისმიერ ჰორიზონტალურ S ფართობზე, სიმძიმის ძალით გამოწვეული დატვირთვა ტოლი იქნება:

$$P=mg=V\rho g=Sh\rho g=Sh\gamma,$$

სადაც $V=Sh$ ზემდებარე ქანების მოცულობაა;

ρ და γ – შესაბამისად ზემდებარე ქანების სიმკვრივე და მოცულობითი წონა.

მაშინ, ძაბვათა ვერტიკალური მდგენელი ტოლი იქნება:

$$\sigma_3 = P/S = \gamma h.$$

თუ ქანთა მასივი წარმოდგენილია კლდოვანი დრეკადი (დრეკადი) ქანებით, მაშინ ძაბვათა ჰორიზონტალური მდგენელი ტოლი იქნება:

$$\sigma_3 = \lambda \sigma_3 = \lambda \gamma h.$$

სადაც $\lambda = \mu / (1 - \mu)$, ხოლო μ - ამ ქანების პუასონის კოეფიციენტი.

ფხვიერი ქანთა მასივისათვის:

$$\lambda = \operatorname{tg}(90 - \varphi) / 2.$$

აქ φ ქანების შინაგანი ხახუნის კუთხეა.

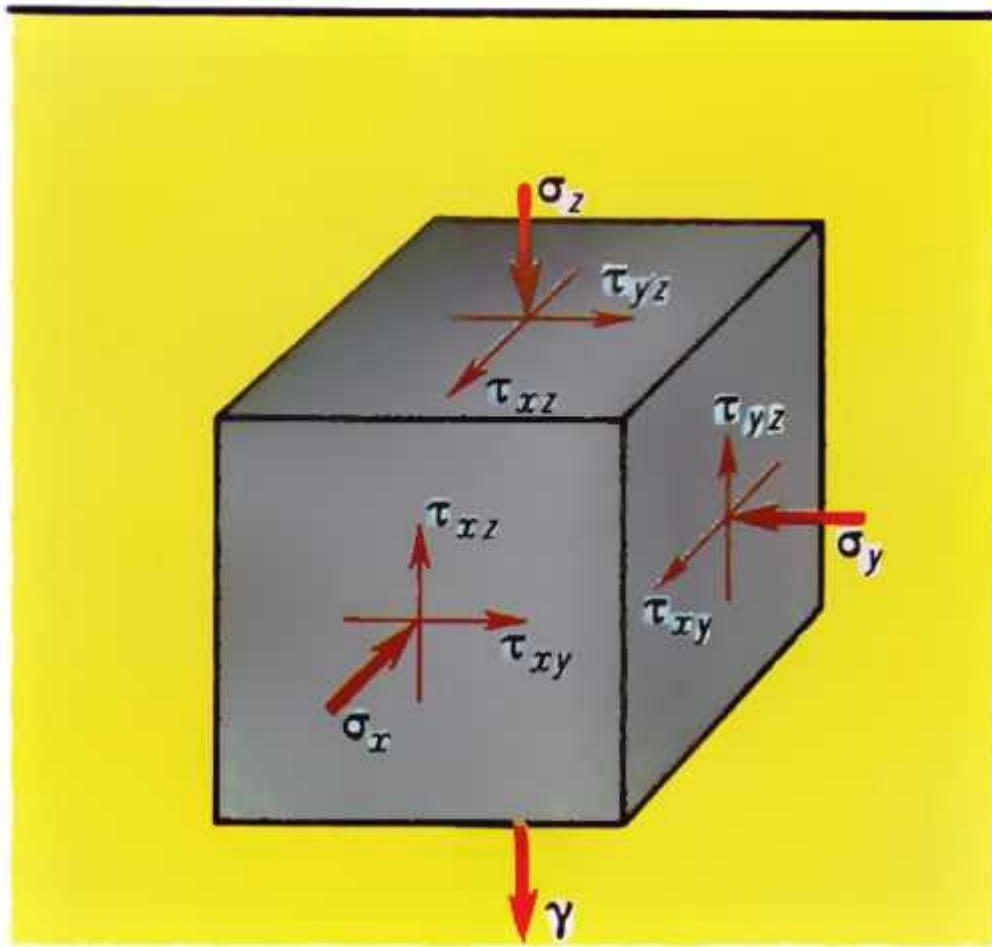
ამრიგად, თუ წარმოვიდგენთ ქანის ერთეულოვანი მოცულობის კუბს ზედაპირიდან h სიღრმეზე (ნახ.6.1.), მისი დამაბული მდგომარეობა განსაზღვრულია სრულად:

$$\sigma_z = \sigma_3 = \gamma h, \quad \sigma_x = \sigma_y = \lambda \sigma_3.$$

ჩვენს შემთხვევაში $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ ფაქტობრივად მთავარი ძაბვებია ($\sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_x = \sigma_y$ და $\sigma_1 = \sigma_z$), ამიტომ მხები ძაბვების კომპონენტები ამ მიმართულებებზე 0-ის ტოლია:

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = 0; \quad \tau_{yz} = \tau_{zy} = 0; \quad \tau_{xz} = \tau_{zx} = 0.$$

შესაბამისად, მთავარი ძაბვების იზოხაზები განხილულ შემთხვევაში განლაგებულნი არის ვერტიკალურად (σ_1) და ჰორიზონტალურად (σ_2 და σ_3).



ნახ.6.1.

ტექტონიკური ძალების ველები უფრო რთული ხასიათისაა და ქანების ტექტონიკური მოძრაობის თავისებურებებზეა დამოკიდებული. ქანების ტექტონიკური მოძრაობა შეიძლება იყოს შემდეგი სახის:

- ნელი ანუ საუკუნოვანი – ქერქის ცალკეული უბნების მოძრაობაა, რომელიც რამდენიმე ასწლეულის განმავლობაში ვითარდება;
- სეისმური რხევები–სხვადასხვა ძალისა და ხანგრძლივობის ბიძგებია. ისინი განსაკუთრებით ინტენსიური და ხშირია ოროგენულ არეებში.

- პერიოდული რხევები—დედამიწის ირგვლივ განლაგებული კოსმოსური სხეულების გრავიტაციული ძალების ზემოქმედებითაა გამოწვეული;
- დედამიწის ზედაპირის რთული რხევები—მეტეოროლოგიური პირობების სეზონური ცვლილებებითაა გამოწვეული.

ტექტონიკური ძალების სიდიდისა და მიმართულების შესახებ ექსპერიმენტულად დასაბუთებული მონაცემები ჩვენს ქვეყანაში პირველად 50-60-იან წლებში გამოჩნდა. დღეს ინტენსიურად მიმდინარეობს ტექტონიკური ძალების შესწავლა მთელ მსოფლიოში.

7.2. არადრეკადი დეფორმაციები ქანებში

გვირაბის მშენებლობის პროცესში ქანთა მასივის საწყისი დამაბული მდგომარეობა მის მახლობლობაში მკვეთრად იცვლება. გვირაბის გრძივი ღერძის პერპენდიკულარულ კვეთში მთავარი ძაბვების იზოხაზების კონფიგურაცია იცვლება (ნახ.6.2.) და ვერტიკალური და ჰორიზონტალური სწორების ნაცვლად იღებს 5 და 7 კონფიგურაციებს. მასქსიმალური მთავარი ძაბვების (σ_1) მნიშვნელობები გვირაბის კონტურზე პიკურია. კონტურისაგან-1 დაშორებით მისი მნიშვნელობები იკლებს-2 და რაღაც მანძილზე საწყისი დამაბული მდგომარეობის მნიშვნელობებს უტოლდება. გვირაბის კონტურზე ძაბვათა გაზრდილი მნიშვნელობები ხშირად აჭარბებს გვერდითი ქანების სიმტკიცის ზღვარს და გვირაბის კონტურთან ფორმირდება არადრეკადი დეფორმაციების ზონა-3. რის შედეგადაც გვერდითი ქანები გადაადგილდება გვირაბისაკენ და იწვევს დატვირთვებს სამაგრ კონსტრუქციაზე, ხშირად კი ამ უკანასკნელის დეფორმაციას და გვირაბის მდგრადობის დაკარგვას.

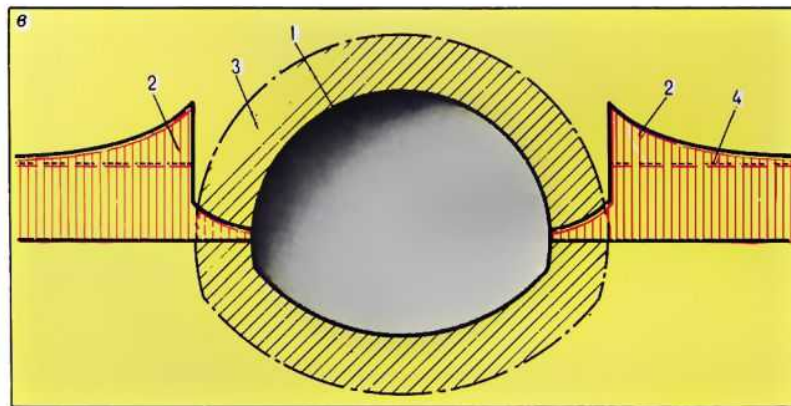
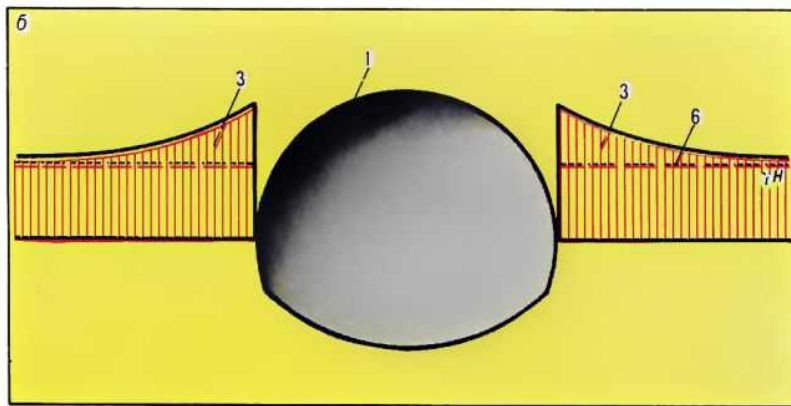
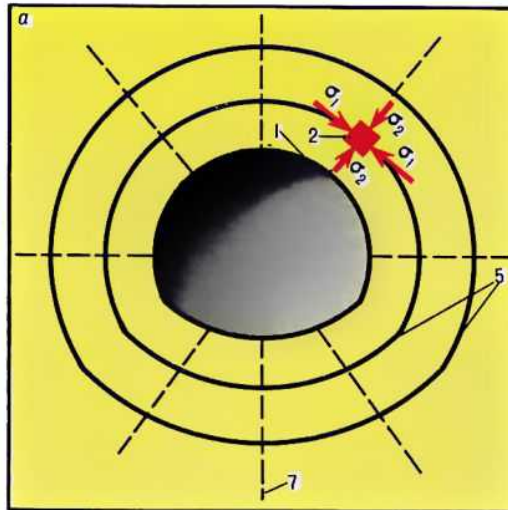
ნახ.6.3-ზე ნაჩვენებია სამთო წნევისაგან დარღვეული ტრაპეციული სამაგრი კონსტრუქცია.

ცალკეულ შელთხვევებში სამთო წნევის ნეგატიური მოქმედება შეიძლება გამოვლინდეს გვირაბის ცალკეულ უბნებზე: ჭერში სუსტი ქანების ჩამოქცევის სახით (ნახ.6.4.); იატაკში თიხოვანი ქანების ბურცვი სახით (ნახ.6.5.) და სხვა.

სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების დროს წმენდით სანგრევში კიდევ უფრო მკვეთრად იცვლება საწყისი დამაბული მდგომარეობა (ნახ.6.6.). ეს გამოწვეულია დიდ ფართობზე ჭერის ქანების გაშიშვლებასთან. სანგრევის წინ ნახშირის ფენა ჭერის საყრდენის ფუნქციას ასრულებს, ამიტომ მასში ჩნდება გაზრდილი ნორმალური ძაბვები (საყრდენი წნევა), რაც იწვევს ფენის სანგრევისპირა ნაწილის რღვევას და სანგრევის გარკვეული მანძილზე წინწაწევის შემდეგ შესაძლებელია განვითარდეს უშუალო ჭერის ქანების ჩამოქცევის პროცესი. ამიტომ აუცილებელი ხდება ჭერის მართვის სწორი მეთოდების შერჩევა (ჭერის მთლიანი ჩამოქცევა, გამომუშავებული სივრცის ვსება და სხვა). სწორად უნდა შეირჩეს სანგრევისპირა სამაგრის ძირითადი პარამეტრები. მისი გაანგარიშება, დასახული მიზნის გათვალისწინებით, უნდა მოხდეს მოცემულ დატვირთვაზე ან მოცემულ დეფორმაციაზე.

ნახ.6.7-ზე ნაჩვენებია საყრდენი წნევა და ძაბვების განაწილება გამამუშავებულ სივრცეში ჭერის სრული ჩამოქცევის დროს.

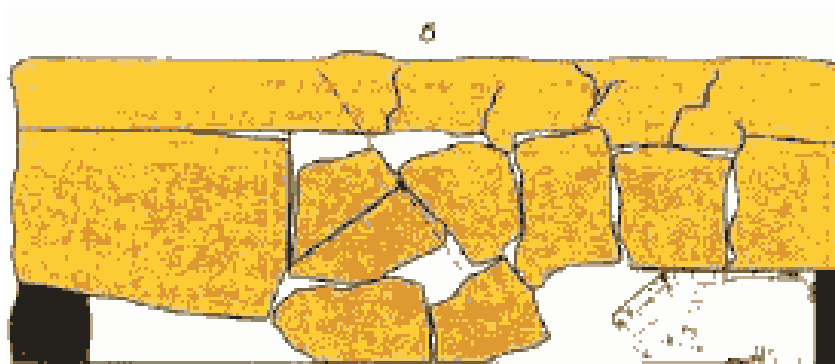
სამთო წნევის ზემოქმედებით შეიძლება მოხდეს მთელანების რღვევაც (ნახ.6.8.).



ნახ.6.2. ა) მთავარი დაბევის იზოხაზები. ბ) ნორმალური დაბევის მნიშვნელობები გვრების ჰორიზონტალური ღერძის გასწვრივ; ვ) დაბევის განაწილება არადრეკადი დეფორმაციების ზონის ფორმირების შემდეგ: 1-გვირგვინის კონტური; 2-გაზრდილი ნორმალური დაბევის მოქმედების ზონა; 3-არადრეკადი დეფორმაციების ზონა; 4,6-საწყისი დამაბულობის დონე; 5-მაქსიმალური(σ_1) ნორმალური დაბევის იზოხაზები; 7-მინიმალური ნორმალური დაბევის იზოხაზები



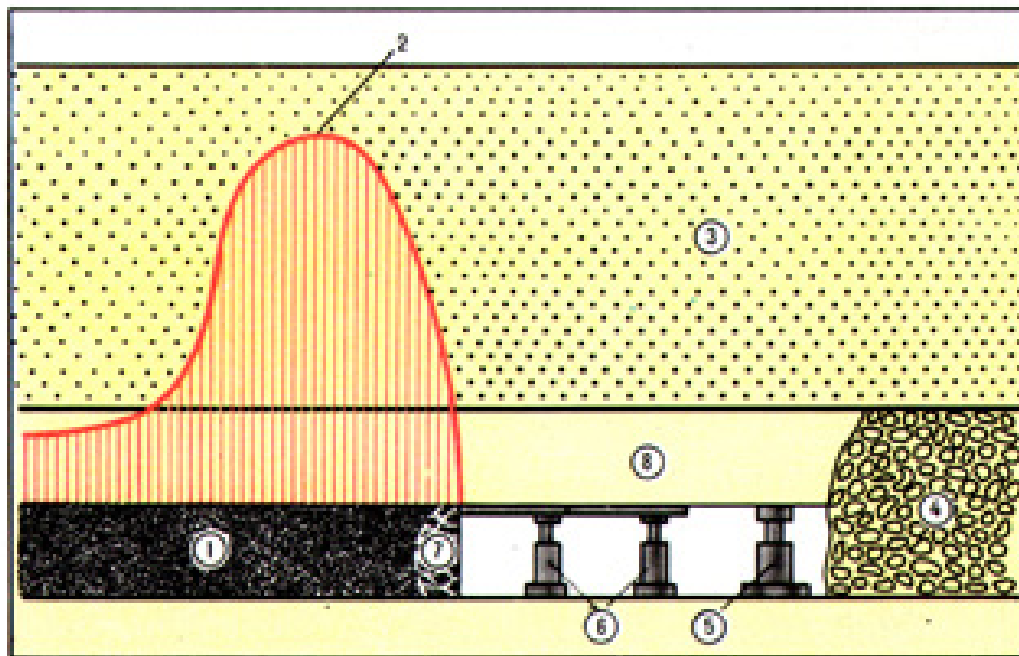
ნახ.6.3. ტრაპეციული სამაგრი კონსტრუქციის რღვევა



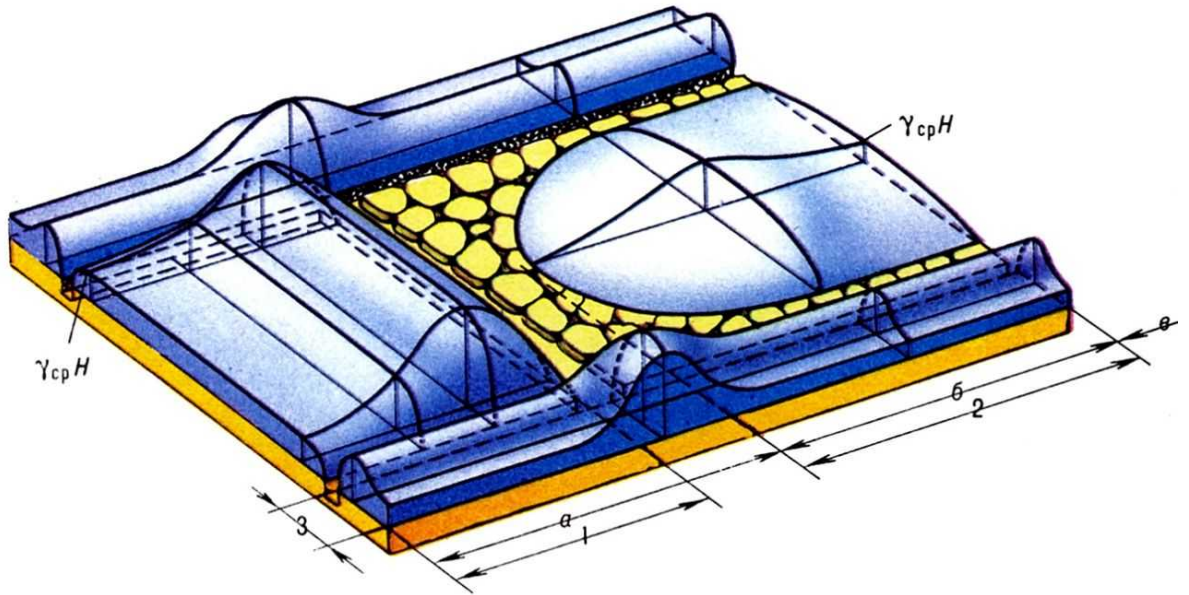
ნახ.6.4. გვირაბის ჭერის ჩამოქცევა



ნახ.6.5. გვირაბის იატაკის ბურცვა



ნახ.6.6. ქანების დამაბული მდგომარეობა წმენდით სანგრევში: 1-ნახშირის ფენა; 2-საყრდენი წნევა; 3-ძირითადი ჭერი; 4-ჩამოქცეული ქანები; 5-დამჯდომი სამაგრი; 6-სანგრევისპირა სამაგრი; 7-რღვევის ზონა; 8- უშუალო ჭერი



ნახ.6.7. საყრდენი წნევა და ძაბვების განაწილება გამამუშავებულ სივრცეში ჭერის სრული ჩამოქცევის დროს



ნახ.6.8. ორ გვირაბს შორის არსებული მთელანის რღვევა

7.3. სამთო დარტყმა.

სამთო წნევის გამოვლენის სტატიკურ ფორმებთან ერთად, გარემომცველ ქანთა მასივებში შეიძლება განვითარდეს მისი დინამიკური ფორმები სამთო დარტყმის სახით. სამთო დარტყმა ფორმირდება გარემომცველი ქანების იმ უბნებში, სადაც ხდება ძაბვათა სწრაფი კონცენტრაცია. არნიშნულ უბნებზე ქანების მყისიერი რღვევის შედეგად ხდება განტვირთვა, რასაც თან ახლავს დიდი რაოდენობით ნახშირისა და ქანის გამოტყორცნა. სამთო დარტყმის შედეგად ზიანდება გვირაბის სამაგრი, იქ არსებული ტექნიკა და მომსახურე პერსონალი. საქართველოში სამთო

ნახ.6.9-ზე ნაჩვენებია გვირაბი სამთო დარტყმის შემდეგ.



ნახ.6.9. გვირაბი სამთო დარტყმის შემდეგ (ჩეხოსლოვაკია, შახტა გოტვალდ, სიღრმე 480 მ.)

დარტყმების მხრივ საშიში შახტები გვაქვს ქ.ტყიბულში.

სამთო წნევის დინამიკური ფორმები შეიძლება სხვა სახითაც გამოვლინდეს, მაგ.: აირების უეცარი გამოტყორცნა.

7.4. სამთო წნევის მართვა

სამთო წნევის მართვა შესაძლებელია. ამისათვის შექმნილია შესაბამისი თეორიული საფუძვლები და შემუშავებულია ტექნიკური საშუალებები. ასე მაგალითად, სამთო გვირაბების დამთმობი სამაგრი კონსტრუქციების ფუნქციაა შეამციროს მასზე მოსული სამთო წნევა. მაგრამ დათმობის შედეგად გვირაბის ირგვლივ ქანების ნაწილი გადადის არადრეკად მდგომარეობაში (ნახ.6.2). დათმობის სიდიდის ზრდასთან ერთად იზრდება არადრეკადი დეფორმაციების ზონის ზომებიც. დიდი დათმობის შედეგად შეიძლება არადრეკადი დეფორმაციების ზონა იმდენად გაიზარდოს, რომ დაიწყოს ჭერის ქანების ჩამოქცევის პროცესები და შედეგად სამაგრზე მოსული დატვირთვების ზრდა. ასეთი სამაგრის ძირითადი კონსტრუქციული პარამეტრები- დათმობის უნარი და მზიდუნარიანობა – უნდა შეირჩეს ისე, რომ მას მოუხდეს მუშაობა ოპტიმალურ რეჟიმში.

ოპტიმალური პარამეტრები განისაზღვრება სამაგრისა და გარემომცველი ქანთა მასივის ერთობლივი გადაადგილების პირობიდან:

$$U_t(p) = U_0 + U_t^k(p),$$

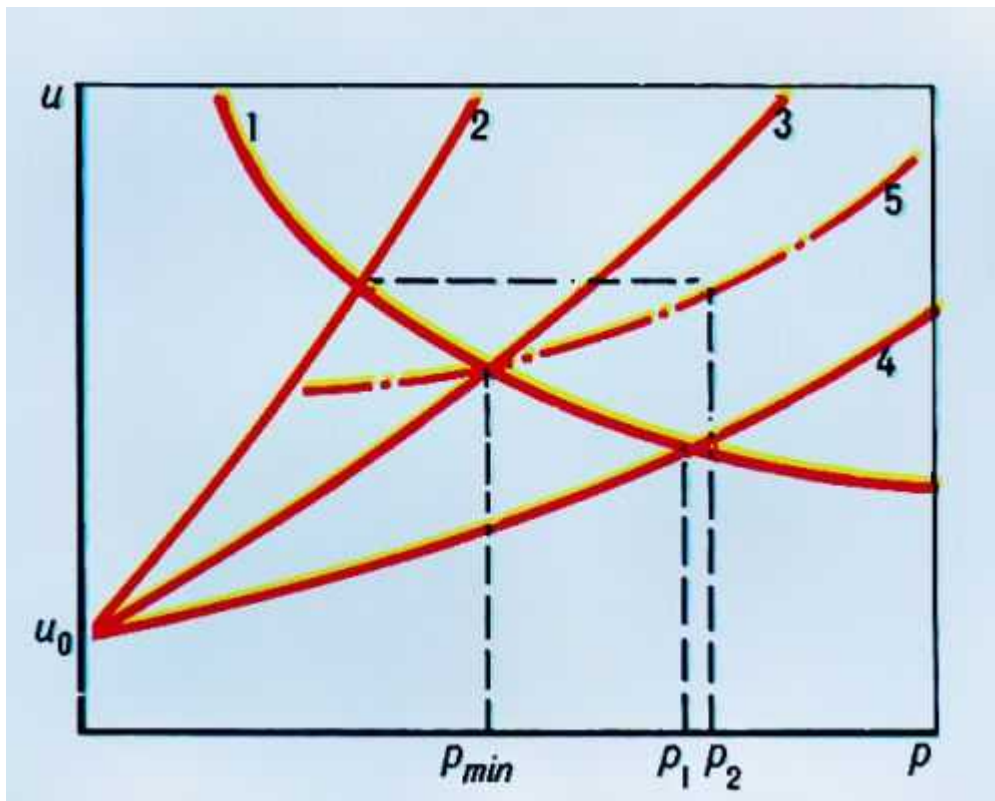
სადაც $U_t(p)$ გვირაბის კონტურის გადაადგილებაა დროის t მომენტისათვის; U_0 – გვირაბის კონტურის გადაადგილება სამაგრის მუშაობაში ჩართვამდე; $U_t^k(p)$ – სამაგრი კონსტრუქციის გადაადგილება დროის t მომენტისათვის.

ნახ.6.10-დან ჩანს, რომ სამაგრის მუშაობის ოპტიმალური პირობები გვექნება მაშინ, როცა მასზე მოსული დატვირთვა იქნება მინიმალური. ამიტომ დათმობის სიდიდე შეიძლება შეირჩეს ისე, რომ სამაგრმა იმუშაოს მინიმალური დატვირთვის რეჟიმში.

გვირაბებში, რომლებიც არ განიცდიან წმენდითი სამუშაოების გავლენას, გვირაბის კონტურის გადაადგილება ძირითადად 20-40 სმ=ია, სამაგრზე მოსული დატვირთვა კი – 100-200 კპა. რთულ სამთო-გეოლოგიურ პირობებში, მაგ., ტყიბულის ქვანახშირის საბადოზე კონტურის გადაადგილება და სამაგრზე მოსული დატვირთვები ბევრად აღემატება აღნიშნულ მონაცემებს.

წმენდით სანგრევეებში (სადაც ხდება სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვება) სამთო წნევის მართვა ხორციელდება სანგრევისპირა სპეციალური სამაგრი კონსტრუქციების მეშვეობით. გამომუშავებულ სივრცეში კი ჭერის მართვის კარგად გამოცდილ მეთოდებს იყენებენ (ჭერის ქანების ჩამოქცევა, გამომუშავებული სივრცის შევსება და სხვა).

განსაკუთრებით რთულია სამთო წნევის დინამიკური ფორმების მართვა. არსებობს სამთო დარტყმებისა და უეცარი გამოტყორცნების თავიდან აცილების რამოდენიმე მეთოდი. გამოყოფენ რეგიონალურ და ლოკალურ მეთოდებს. რეგიონალური ღონისძიებები მოიცავს უბნებისა და პლასტების დიდ სივრცეებს, ლოკალური კი ცალკეულ სამთო გვირაბისათვისაა განკუთვნილი. რეგიონალურ ღონისძიებებს განეკუთვნება: დაცული ფენების წინსწრებით დამუშავება; მასივის წინასწარი დეგაზაცია ჭაბურღილებით; წმენდითი სანგრევეების წინ

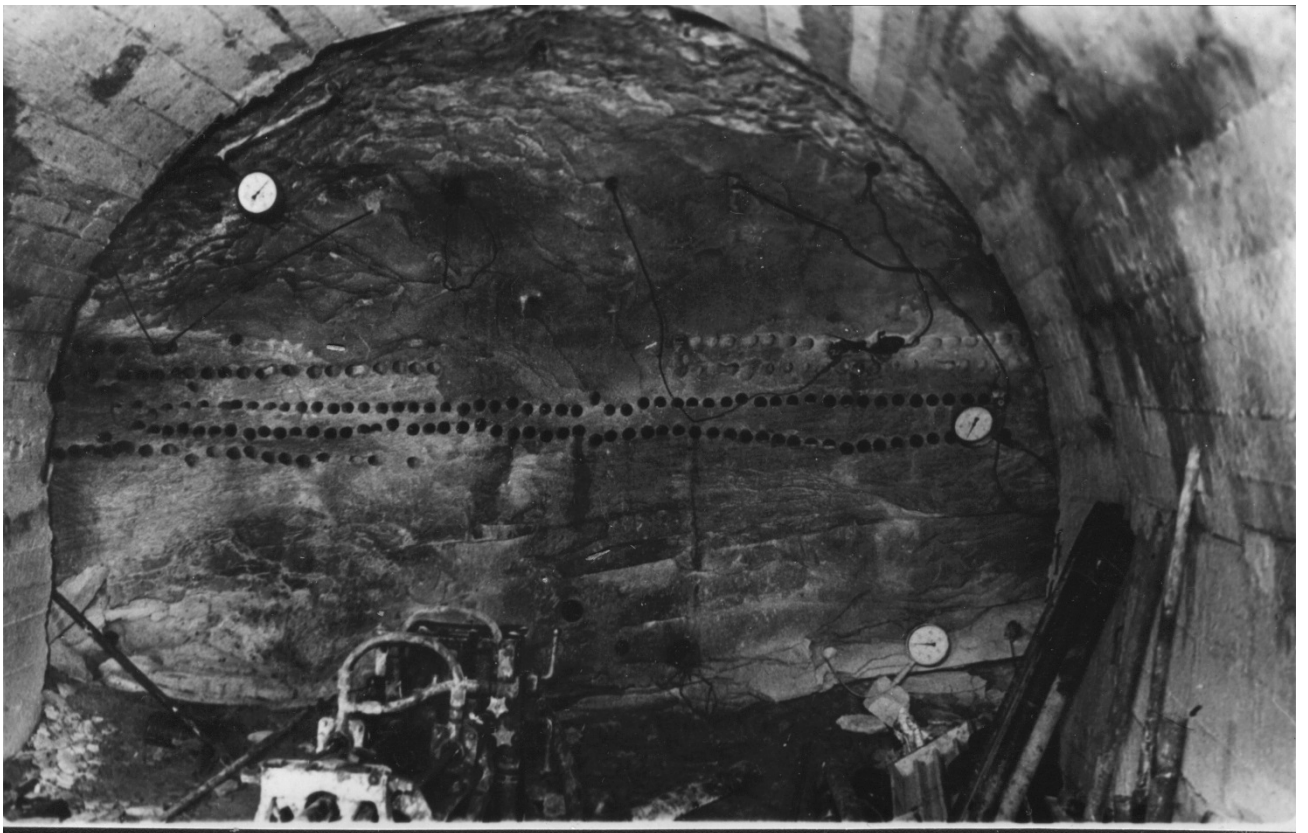


ნახ.6.10.სამაგრის ოპტიმალური პარამეტრების განსაზღვრა:1-დამოკიდებულება $U_i(p)$; 2,3,4- სხვადასხვა სიხისტის მქონე სამაგრების მახასიათებელი მრუდები; 5- ჭერის ქანების ჩამოქცევით განვითარებული დატვირთვები; P_{min} , P_1 , P_2 – სამთო წნევა სამაგრის ოპტიმალური, მინიმალური და მაქსიმალური სიხისტის შემთხვევებში

ფენის პროფილაქტიკური დატენიანება ან გაფხვიერება; სამთო დარტყმების ალბათობის შესამცირებლად შესაბამისი ტექნოლოგიური სქემებისა და მეთოდების გამოყენება.

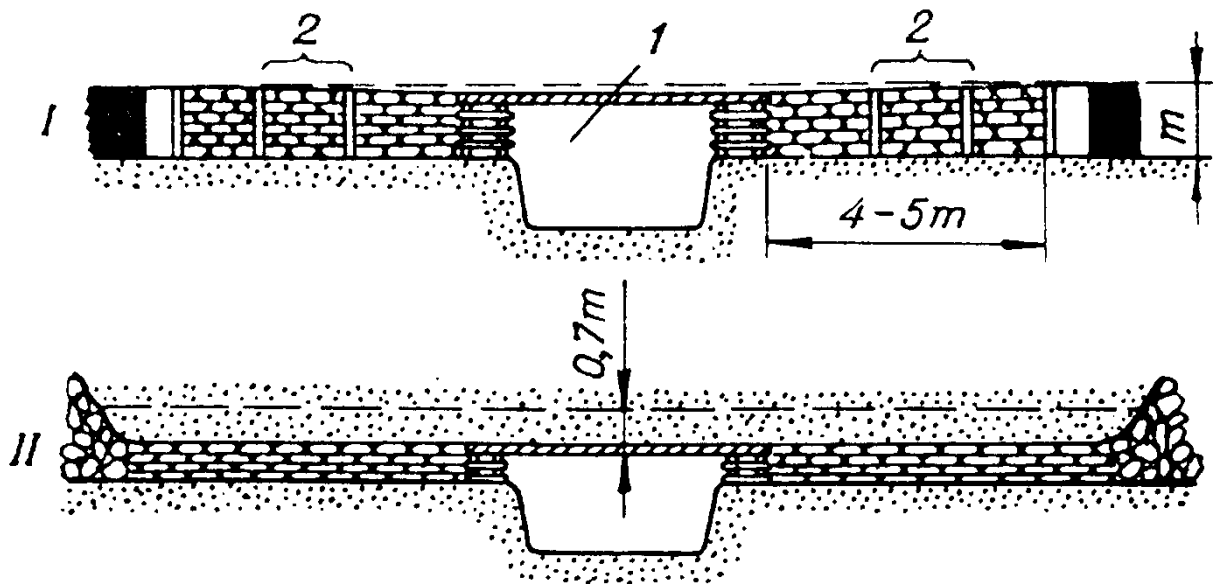
ლოკალურ ღონისძიებებს განეკუთვნებიან: მოქმედი გვირაბებიდან, მასივის განტვირთვისა და დეგაზაციის მიზნით წინმსწრები ჭაბურღილების გაბურღვა; მასივის საშიში უბნების წინასწარი დამუშავება ფენაში წყლის დაჭირხვით, ჰიდროგაფხვიერებისა და ჰიდროგარღვევის რეჟიმების წნევით; ფენების აფეთქებით გაფხვიერება; განმტვირთავი წალოებისა და წინმსწრები გამაგრების გამოყენება.

ნახ.6.11-ზე ნაჩვენებია განმტვირთავი წალოს მოწყობის მაგალითი. ნახშირისა და გაზის უეცარი გამოტყორცნის თავიდან ასაცილებლად მოსამზადებელი გვირაბის სანგრევში მოწყობილია განმტვირთავი წალოები. მათი ბურღვა წარმოებდა საშიში ფენის ზემოთ 0,5-0,6 მ-ის მანძილზე. წალოს სიმაღლე 0,15-1,20 მ.



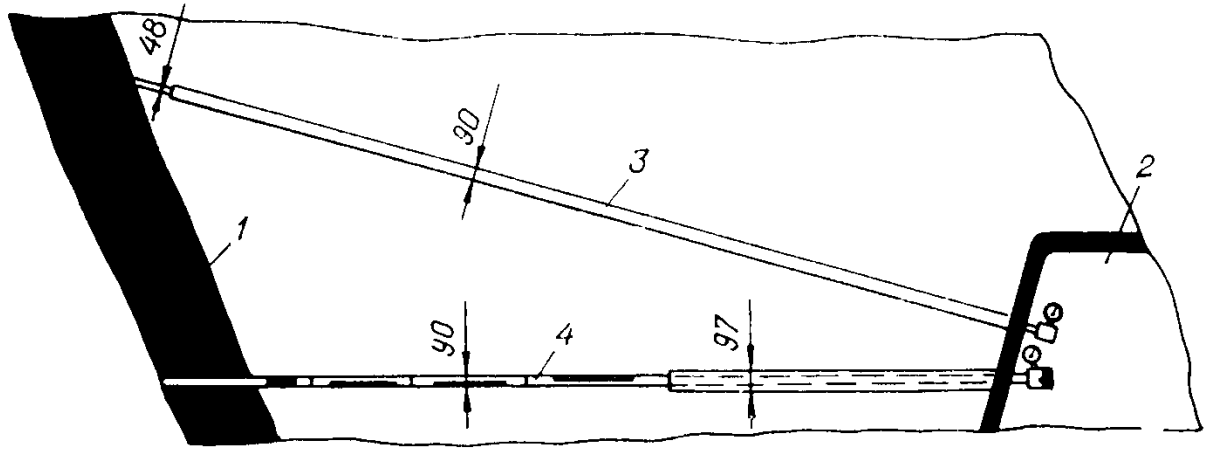
ნახ.6.11. განმტვირთავი წალოს მოწყობა სანგრევში პარალელური შპურების ბურღვით

ნახ.6.12-ზე ნაჩვენებია ქანობის გაყვანისა და შენახვის სქემა სამთო დარტყმის მხრივ საშიშ პირობებში.



ნახ.6.12 ქანობის გაყვანისა და შენახვის სქემა. I – გაყვანის მომენტი; II – ქანის დაძვრისპროცესის დამთავრების მომენტი; 1– ქანობი; 2–სავსებო ზოლის ნაწილი

ჰიდროგამორეცხვის მეთოდი ეფექტურად გამოიყენება ციცაბო ფენების სავსელე შტრეკებით გახსნის დროს. ნახ.6.13-ზე ნაჩვენებია ციცაბო ფენის ჰიდროგამორეცხვის სქემა.



ნახ.6.13. ცივაბო ფენის ჰიდროგამორეცხვის სქემა: 1-გამოტყორცნის მხრივ საშიში ფენა; 2- საველე შტრეკი; 3- დაჭირხნი ჭაბურღილი; 4- საკონდენსატორო ჭაბურღილი.

ჰიდროგაფხვიერების მეთოდი გულისხმობს ნახშირის ფენის სანგრევისპირა ნაწილის ჰიდროდამუშავებას. ამ დროს მასში (0,75-2,0)γH წნევით ჭირხნიან წყალს, რის შედეგადაც ირღვევა სანგრევისპირა ზოლის მთლიანობა, იცვლება დამაბუღ-დეფორმირებული მდგომარეობა (საყრდენი წნევა გადაინაცვლებს მასივის სიღრმეში) და იზრდება მისი გაზგამტარობა (რაც ხელს უწყობს ფენის დეგაზაციის პროცესს).

მასივზე ფიზიკურ-ქიმიური ზემოქმედების მეთოდი გულისხმობს მასივის სანგრევისპირა ზოლში ორგანული, მაღალმოლეკულური ნაერთების დაჭირხვნას. ამის შემდეგ, ნაერთი სწრაფი პოლიმერიზაციის უნარის გამო მაგრდება და თავისუფალი მეთანი აღმოჩნდება რა ახლადშექმნილ სტრუქტურაში ჩართული, კარგავს დინამიკური გამოყოფის უნარს.

გამოყენებული ლოკალური მეთოდების ეფექტურობა, სანგრევისპირა უბნის დამაბუღობის შემცირების თვალსაზრისით, ჩვეულებრივ კონტროლდება მასში სეისმოაკუსტიკური აქტივობის შემცირებით, რითვისაც წარმოებს სეისმოაკუსტიკური დაკვირვებები.

სარჩევი

1. მინერალები, ქანები და ქანთა მასივები.....	5
1.1. მინერალები–ატომების აგრეგატები.....	5
1.2. ქანები–მინერალების აგრეგატები.....	8
1.3. ქანთა მასივი.....	11
1.4. ქანების ფიზიკური თვისებებისა და მათი განმსაზღვრელი ფაქტორების კლასიფიკაცია.....	12
1.5. ქანების თვისებებზე შიგა და გარე ფაქტორების გავლენა.....	13
1.6. ქანების სპეციალური ტექნოლოგიური მაჩვენებლები	19
2. ქანების აკუსტიკა.....	25
2.1. დრეკადი ტალღების გავრცელება ქანებში.....	26
2.2. ქანების დრეკადი თვისებების, შედგენილობისა და აღნაგობის გავლენა აკუსტიკურ თვისებებზე.....	30
2.3. აკუსტიკური პროცესები სამთო საქმეში.....	33
3. თერმული პროცესები.....	38
3.1. ქანების სითბური პარამეტრები.....	39
3.2. თერმოდინამიკური პროცესები სამთო საქმეში.....	48
3.2.1. ქანების შესახებ ინფორმაციის მიღება.....	48
3.2.2. თერმული ძაბვები.....	50
3.2.3. სითბური პროცესები გეოტექნოლოგიურ მეთოდებში.....	55
4. ელექტრომაგნიტური ველები ქანთა მასივებში.....	59
4.1. ელექტროდინამიკის გამოყენება ქანთა მასივების შესახებ ინფორმაციის მისაღებად.....	60
4.2. ქანებზე ელექტროდინამიკური ზემოქმედება.....	69
5. რადიაციული პროცესები ქანებში.....	83
6. ქანების თვისებათა ურთიერთკავშირი.....	87

7. სამთო წნევა.....	99
7.1. ქანთა მასივის საწყისი დამაბული მდგომარეობა.....	99
7.2. არადრეკადი დეფორმაციებში ქანებში.....	103
7.3. სამთო დარტყმა.....	109
7.4. სამთო წნევის მართვა.....	110

გამოყენებული ლიტერატურა:

- 1).თ.ჭელიძე.ნარკვევები ქანების ფიზიკაში.თბილისი,1983.264გვ.
- 2).В.Ж. Аренс.Физико-химическая Геотехнология.Москва.2001.656с.
- 3).Russell Duffy.CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018 . 292p.

რედაქტორი ნ. ქაფიანიძე

გადაეცა წარმოებას 12.09.2018. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 18.12.2019. ქალაქის ზომა 60X84
1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 7,5. №2923.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent