

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ნათია ინანაშვილი

ყაზბეგ-ომალოს რეგიონის ლიასური ტერიგენული ფორმაციის
კვარცის ძარღვების კომპლექსური შესწავლა

დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თ ბ ი ლ ი ს ი
2019 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის
გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტში

ხელმძღვანელი: პროფ. ნოდარ ფოფორაძე

რეცენზენტები: ასოც. პროფ. მ. ჯაფარიძე
გმმკ ნ. რჩულიშვილი

დაცვა შედგება 2019 წლის " 17 " ივლისს, 16.00 საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის სადისერტაციო
საბჭოს კოლეგიის № 77 სხდომაზე,

კორპუსი III , აუდიტორია № 239

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. №77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი,

ასოც. პროფესორი

----- დ. თევზაძე

შესავალი

კავკასიონის ნაოჭა სისტემის ქვედა და შუაიურული ასაკის ტერიგენულ ნალექებში გავრცელებულია კვარცის შემცველი ძარღვები, რომელთა დიდი ნაწილი სივრცობრივად და გენეტიკურად დაკავშირებულია ტერიგენული ქანების კატაგენეზისა და მეტამორფიზმის პროცესებთან. მათი უმეტესობა ალპური ტიპის კვარცის ძარღვებს წარმოადგენს.

ნაშრომის აქტუალობა: ყაზბეგ-ომალოს რეგიონის ქვედა და შუაიურული ტერიგენული ნალექები საქართველოს გეოლოგიურ აგებულებაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს და იქ განვითარებული კვარცის ძარღვების დეტალურ გამოკვლევას, მისი ჩამოყალიბების თანმიმდევრობასა და თერმოდინამიკური პირობების განსაზღვრას, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება შემცავი ქანების ფორმირების გეოლოგიური ისტორიის აღდგენაში.

მიუხედავად ამ რეგიონში ჩატარებული მრავალმხრივი გეოლოგიური სამუშაოებისა, ჯერ კიდევ არასაკმარისი დეტალობით იყო გამოკვლეული კვარცის შემცველი ძარღვები, მათი კავშირი ტექტონიკით გამოწვეულ ნაპრალიანობასთან და მეტამორფიზმის პროცესებთან. დღესაც პრობლემად რჩება ძარღვების ტიპიზაცია საველე სამუშაოების დროს, რის მიხედვითაც შეიძლება წინასწარი შეფასებით მათი კავშირის განსაზღვრა. ამ მხრივ ჩვენ მიერ შესრულებული სამუშაოები აქტუალურია.

კვლევის მიზანი და ამოცანები: სადისერტაციო ნაშრომის მთავარ მიზანს წარმოადგენს ყაზბეგ-ომალოს რეგიონის ლიასური ასაკის ტერიგენულ ნალექებში განვითარებული კვარცის ძარღვების დეტალური და კომპლექსური გამოკვლევა: მათი ფორმირებისა და მორფოლოგიის განსაზღვრა; ძარღვების მინერალოგიური შედგენილობის დადგენა; ძარღვის კვარცსა და მთის ბროლის კრისტალებში არსებული გაზურ-თხევადი ჩანართების შესწავლითა და კვარცთან ასოციაციაში მყოფი

მინერალების კვლევით მარღვების წარმოშობის თერმოდინამიკური პირობების დადგენა.

ამოცანებია: კვარცის მარღვების სისტემატიზაცია ფორმისა და გენეზისის მიხედვით, მინერალური და ქიმიური შედგენილობის დადგენა, მარღვის კვარცსა და მთის ბროლის კრისტალებში გაზურ-თხევადი ჩანართების ფორმისა და გენეზისის განსაზღვრა, კვარცის მარღვების კავშირი ტექტონიკურ და მეტამორფულ პროცესებთან.

მეცნიერული სიახლე: ტერიგენულ ნალექებში გავრცელებული კვარცის მარღვების დეტალურმა შესწავლამ საშუალება მოგვცა გამოგვეყო მარღვების განსხვავებული ფორმები, ტიპიზაცია მოგვეხდინა და განგვესხვავებინა ალპური ტიპის კვარცის მარღვები სიღრმული ჰიდროთერმული გამადნების მატარებელი კვარცის მარღვებისაგან, რაც აქამდე არ გაკეთებულა. ტიპიზაციის ძიებისას სხვადასხვა კრიტერიუმებზე დაყრდნობით, დინამიკური ანალიზისა და მოდელების გამოყენებით, განსაზღვრულია კვარცის მარღვების გავრცელების სივრცული ორიენტაცია და განაწილების კანონზომიერება, რაც ასევე პირველად იქნა გაკეთებული.

მარღვის კვარცსა და მთის ბროლში გაზურ-თხევადი ჩანართების ზომისა და გაზური ფაზის მოცულობათა თანაფარდობის მიხედვით გამოთვლილია კვარცის მარღვების ჩამოყალიბების ტემპერატურა, რაც მათი შემცველი ქანების კატაგენეზისისა და მეტამორფიზმის ტემპერატურის იდენტურია. ხოლო კვარციდან წყალხსნარების ექსტრაქციით მინერალწარმომქმნელი ხსნარების ქიმიური შედგენილობა განისაზღვრა.

რენტგენოფლოორესცენციური ანალიზატორის მონაცემებით კვარცის მარღვების ქიმიური შედგენილობა განსხვავებულია. ალპური ტიპის კვარცის მარღვები მადნეული ელემენტების შემცველობისგან სტერილურია, მაშინ როდესაც სიღრმული ჰიდროთერმული კვარცის მარღვები გამდიდრებულია დარიშხანით, ტყვიით, სპილენძითა და სტიბიუმით ერთად ან ცალ-ცალკე.

განსაზღვრულია კვარცის მარღვების ორიენტაციის კავშირი რღვე-

ვებთან და ნაპრალებთან.

უნდა აღინიშნოს, რომ ბოლო წლებში, მინერალოგიურ-პეტროლოგიურ კვლევაში, დიდი სიახლე შემოიტანა დინამიკურმა და მიკროტექტონიკურმა ანალიზმა. წარმოდგენილ ნაშრომში არის მცდელობა აღნიშნული მოდელების გამოყენების.

ასეთი მეთოდებით და მიმართულებით ჩატარებული კვლევები კვარცის ძარღვებზე სიახლეს წარმოადგენს. ჩატარებული კვლევები არამარტო თეორიული, არამედ პრაქტიკული თვალსაზრისითაც ღირებულია.

პრაქტიკული მნიშვნელობა: კვარცი როგორც მინერალური ნედლეული ყოველთვის აქტუალურია მინის წარმოებისთვის, პიეზოკვარცისთვის, საიუველირო საქმისთვის. ამიტომ კვარცის ძარღვებისა და იქ განვითარებული მთის ბროლის გამოკვლევა ყოველთვის ინტერესის სფეროს წარმოადგენს. კვარცის ძარღვების ტიპიზაციის კრიტერიუმების დადგენა ასევე მნიშვნელოვანია ალპური, სტერილური და მადანმატარებელი ჰიდროთერმული კვარცის ძარღვების ერთმანეთისგან გასამიჯნად.

კვარცის ძარღვების წარმოშობის თერმოდინამიკური პარამეტრები გაიგივებულია ტერიგენული ნალექების მეტამორფიზმის პირობებთან.

კვლევებმა დაადასტურა, რომ რეგიონში არსებული მთის ბროლები სამუზეუმო და საკოლექციო დანიშნულებისაა.

გამოყენებული მასალები და ავტორის პირადი წვლილი: ბოლო ოთხი წლის განმავლობაში საფუძვლიანად იქნა დამუშავებული რეგიონში წინა წლებში ჩატარებული გეოლოგიური სამუშაოების ანგარიშები, ადგილობრივი და უცხოელი მკვლევარების მიერ გამოქვეყნებული სტატიები და მონოგრაფიები, რომელთა გაცნობის შემდეგ შეირჩა უბნები, დაიგეგმა საველე-გეოლოგიური მარშრუტები და ჩასატარებელი კვლევითი სამუშაოების სპეციფიკაცია. საველე-გეოლოგიური სამუშაოები ჩატარდა ყაზბეგ-ომალოს რეგიონის თითქმის ყველა ძირითადი ხეობის

გაშიშვლებაზე, რომლებიც დეტალურად აღიწერა. შეგროვილ ნიმუშებს ჩაუტარდა კომპლექსური ლაბორატორიული გამოკვლევა მიკროსკოპული (პოლარიზაციული, გემოლოგიური), რენტგენოფაზური, რენტგენო-ფლოუორესცენციური და ქიმიური (წყალხსნარების გამოწვლილვა) მეთოდებით.

მინერალოგიური და გემოლოგიური კვლევებით განისაზღვრა: კვარცის კრისტალების ფორმები, ტექსტურა, სტრუქტურა, მინერალური შედგენილობა; ძარღვის კვარცსა და კრისტალებში გაზურ-თხევადი ჩანართების ფორმა, ტიპი და ჩანართისა და გაზური ფაზის თანაფარდობა. აღნიშნულ მონაცემებზე დაყრდნობით, ვიზუალურ-გამოთვლითი შეფასებით განისაზღვრა ძარღვების ფორმირების ტემპერატურა.

აეროფოტოს დეშიფრირებით შეიქმნა ნაპრალიანობის სტრესული ზონების რუკა ყაზბეგ-ომალოს რეგიონში.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა: ნაშრომი მოიცავს 129 ნაბეჭდ გვერდს, რომელიც შედგება 4 თავისა და 6 ქვეთავისგან. შეცავს 7 ცხრილს, 61 საილუსტრაციო სურათსა და 77 დასახელების გამოყენებულ ლიტერატურას.

ლიტერატურის მიმოხილვა

ყაზბეგ-ომალოს რეგიონი, ისევე როგორც მთლიანი კავკასიონის ნაოჭა სისტემა მიეკუთვნება იმ ტერიტორიების რიცხვს, რომელიც მკვლევარებისთვის ყოველთვის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან და საინტერესო კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა, როგორც თეორიული, ასევე პრაქტიკული თვალსაზრისით. მას საკმაოდ რთული და მრავალფეროვანი გეოლოგიური აგებულება გააჩნია. მისი შესწავლა გასული საუკუნის პირველ ნახევარში, 30-იან წლებში დაიწყო. მნიშვნელოვანი კვლევები აქვთ შესრულებული ვ.რენგარტენს (1932, 1937), ი.კახაძეს (1947), გ.ჩიხრაძეს (1965, 1972, 1976), მ.ბერიძეს (1972), შ.ადამიას (1977), ი.ვაშაკიძეს (1982), მ.თოფჩიშვილს (1996), ე.გამყრელიძეს (2000) და სხვ.

საკვლევი ტერიტორია ტექტონიკური დარაიონების მიხედვით მოქცეულია კავკასიონის ნაოჭა-შარიაჟული სისტემის მთავარი ქედისა და ყაზბეგ-ლაგოდეხის ზონებში, რომელიც ხასიათდება რთული გეოლოგიური აგებულებით, რაც გამოხატულია ინტენსიურ დანაოჭებასა და დანაპრალიანებაში.

საკვლევი ტერიტორია ლითოლოგიურად მოიცავს ლიასური ასაკის (ქვედა იურა) სინემურულ, პლინსბახურსა და ტოარსულ სართულებს. ისინი აგებულია თიხა-ფიქლების, ასპიდური ფიქლების, ქვიშაქვებისა და ალევროლითების მორიგეობით. აღნიშნული ქანები მრავლად შეიცავს კვარცის ძარღვებს.

კვარცის ძარღვებისადმი განსაკუთრებული ინტერესი მე-20 საუკუნის შუა პერიოდში გამოიჩინეს. კვლევების მიზანს კვარცის პიეზოელექტრული თვისებები წარმოადგენდა. 1941 წლიდან იწყება პიეზოკვარცზე ძებნითი სამუშაოები რ.ჯაფარიძის ხელმძღვანელობით. 1951 წლიდან სამუშაოები გრძელდება პ.ავალიშვილის ხელმძღვანელობით მდ. თერგის აუზში. იგივე თემატიკაზე თუშეთის ტერიტორიაზე, 1955 წელს, პირიქითა ალაზნისა და თუშეთის ალაზნის ხეობებში ერთდროულად მუშაობდა ორი გეოლოგიური პარტია ბ.შარონოვის და ა.ხაკიმოვის ხელმძღვანელობით. 1982-1984 წლებში მდინარეების თერგის, არლუნის და პირიქითა ალაზნის ხეობებისთვის უფრო მიმოხილვითი ანგარიში აქვს წარმოდგენილი კავკასიის გეოლოგიურ ექსპედიციას გ.მახვილამის ხელმძღვანელობით. პიეზოკვარცის თემატიკაზე ბევრი პარტია მუშაობდა სვანეთის ტერიტორიაზეც.

ამრიგად, პიეზოკვარცების თემამ წამოწია წინ ალპური ტიპის კვარცის ძარღვების შესწავლის საკითხი. ცნობილია, რომ ალპური ტიპის ძარღვები ტექტონიკური პროცესებით განვითარებულ გაჭიმვა-დანაოჭების დროს წარმოიშობა.

საქართველოს ტერიტორიაზე ცნობილი ალპური ტიპის კვარცის ძარღვები ყაზბეგის რაიონის ხდესწყლისა და რაჭის შოდას საბადოებზე

შესწავლილი აქვს რ.ახვლედიანს. დ.არევაძესა და ვ.იაროშევიჩს, 1989 წელს, თერმობაროგეოქიმიური მეთოდებით საინტერესო კვლევა აქვთ ჩატარებული რაჭაში შოდას საბადოს ალპური ტიპის მარღვების კვარცის გაზურ-თხევად ჩანართებზე.

ცალკე უნდა გამოიყოს კვარცის მარღვების შესწავლის კიდევ ერთი თემატიკა, კვარცის მარღვები და გამადნება შავ ფიქლებში. მას ამ ნაშრომში არ შევხებით.

თავი 1. კვარცის მარღვების მორფოლოგია და მინერალური შედგენილობა

1.1. კვარცის მარღვების მორფოლოგია

ყაზბეგ-ომალის რეგიონში კვარცის მარღვები გავრცელებულია თიხა-ფიქლებში, ასპიდურ ფიქლებსა და ქვიშაქვებში. ისინი ძირითადად დაკავშირებულია დიზუნქტიურ რღვევებთან და განვითარებულია ინტენსიურად დანაოჭებული ზონების ჭიმვისა და სხლეტვის ნაპრალებში, აგრეთვე ფიქლებრიობისა და შრეებრიობის გასწვრივ. მათი ზომები დიდ საზღვრებში იცვლება: სიმძლავრე რამდენიმე სანტიმეტრიდან 1-2 მეტრამდეა, ხოლო სიგრძე ასეულ მეტრამდე შეიძლება იყოს. უფრო ხშირად გვხვდება, რძისებრ თეთრი კვარცის აგრეგატებით აგებული მარღვები, ზოგჯერ კი მათში ჩნდება პატარა ზომის ბუდეები, ჟეოდები და სხვადასხვა სიცარიელები, სადაც განვითარებულია მთის ბროლის კრისტალები. მარღვების კრისტალურობის მიხედვით თუ გადავხედავთ მთელ რეგიონს, დავინახავთ, რომ კრისტალების ზომა და რაოდენობა იზრდება აღმოსავლეთიდან დასავლეთისკენ. თუშეთში, მდინარეების პირიქითა ალაზანისა და თუშეთის ალაზანის აუზებში უმეტესად გვხვდება მასიური და წვრილკრისტალური კვარცის შემცველი მარღვები, კრისტალების ზომა, წაგრძელებული ღერძის მიმართ, იშვიათად აღწევს 2-3 სმ, ყაზბეგში კი, მდ.თერგის აუზში, საგრძნობლად მეტია როგორც კრისტალების რაოდენობა, ასევე მათი ზომებიც. მაგ., საბადო ხდედან ცნობილია 20 სმ-მდე

სიგრძის კრისტალები.

შემცველ ქანებთან დამოკიდებულების მიხედვით გავრცელებულია კვარცის ძარღვების ორი ტიპი: თანხმობითი და გამკვეთი. **თანხმობითი** ძარღვები უმეტეს შემთხვევაში ფიქლებისა და ქვიშაქვების კონტაქტის ზონებშია მოქცეული, ზოგჯერ მიუყვება დაშრეებას ან ფიქლებრიობას. **გამკვეთი** ძარღვები უმეტეს შემთხვევაში ფიქლებრიობასთან ქმნიან 90°-იან კუთხეს, ან დიაგონალურად დახრილია 45°-იანი კუთხით. უმეტესად განვითარებულია სრესვის და მსხვრევის ზონებთან, ჭიმვისა და სხლეტვის ნაპრალებთან.

ყაზბეგ-ომალოს რეგიონში გავრცელებული კვარცის ძარღვების ტიპები და მათი სტრუქტურები შეიძლება განვიხილოთ სამ სხვადასხვა დონეზე:

1. მაკრო-მორფოლოგია - ძარღვების გეომეტრიული ფორმები;
2. მაკრო- და მიკროსკოპული ტექსტურები;
3. ზრდის მორფოლოგია.

მაკრო-მორფოლოგია: შესწავლილ რეგიონში გავრცელებული ძარღვების უმრავლესობას გააჩნია სწორი, ბრტყელი ფორმები, ასეთი ძარღვები სიგრძეზე ზოგჯერ ქმნის ლინზისებურ გაფართოვებულ ადგილებს. არც თუ ისე იშვიათად იკეთებენ შედარებით რთულ უსწორმასწორო ფორმებს და ბუდინაჟებს. ხშირია შემთხვევები, როცა მთლიანი ძარღვია ჩამოყალიბებული ლინზისებური ფორმით. მთლიანი რეგიონისთვის დამახასიათებელია დიდი რაოდენობით კვარცის ძარღვების ნაყარი, როდესაც შემორჩენილია მხოლოდ ძარღვის ფუძე, დანარჩენი კი ეროზიის გავლენით გადარეცხილია ან გადასულია ელუვიონში. ასევე გავრცელებულია ე.წ. ეშელონური ნაპრალები. ეს არის ერთმანეთის პარალელურ მწკრივად განლაგებული სიგმოიდალური (S ან Z) ფორმის ძარღვები. ასეთი ძარღვები კარგად ასახავს შემცველი ქანების მოძრაობის დინამიკას.

ძარღვების გეომეტრიულ ფორმას განსაზღვრავს დეფორმირებულ ქანებზე სხვადასხვა მიმართულებით მოქმედი სტრესი და წყალხსნარების

(ჰიდროსტატიკური) წნევა. სწორედ ამ მოვლენებით აიხსნება მათი ორიენტაციის კავშირი ისეთ სტრუქტურებთან, როგორცაა რღვევები, ნაპრალები, ასევე ნაწილობრივ მათ ორიენტაციას აკონტროლებს შრეებრიობა და ფიქლებრიობა.

ძარღვების ტექსტურები და ზრდის მექანიზმი: ყაზბეგ-ომალის რეგიონში შესწავლილი კვარცის ძარღვები წარმოდგენილია ბლოკური (მასიური), პარალელურ-შუბისებური (წაგრძელებული ბლოკური), კომბინირებული და ნაწილობრივ შევსებული ტექსტურებით.

ძარღვებზე ძირითადად აღინიშნება ზრდის შემდეგი მექანიზმები: **სინტაქსიური** (ძარღვის ზრდა ხდება ნაპრალის კედლებიდან ცენტრისკენ), **ანტიტაქსიური** (ზრდა მიმდინარეობს ცენტრიდან კედლებისკენ), **ატაქსიური** (ზრდა ხდება ძარღვში, ან შემცავ ქანებსა და ძარღვში ერთდროულად, ახალი ბზარებით გახსნილი სივრცის ხარჯზე).

შესწავლილ რეგიონში წარმოდგენილ კვარცის ძარღვებში სჭარბობს **ბლოკური ტექსტურა (მიკრო- და მაკრო-მოზაიკური)**. ასეთ ძარღვებში ზრდის მექანიზმის დანახვა ვერ ხერხდება ზრდის გამოკვეთილი მიმართულების უქონლობის გამო.

ასევე ხშირად გვხვდება **პარალელურ-შუბისებური (წაგრძელებული) ტექსტურა**. კრისტალები ორიენტირებულია, მათი სიგრძე/სიგანის თანაფარდობა დაახლოებით არის 1:10. ამ ტექსტურის ჩამოყალიბების რამდენიმე მექანიზმი აღინიშნება. წარმოშობილი კრისტალები ხასიათდება ტიპური კრისტალოგრაფიული ფორმებით და კარგად ჩანს, რომ ერთი კრისტალი მეორეზე სწრაფად გაიზარდა. მთლიანობაში „გამარჯვებული“, გაზრდილი კრისტალები განაპირობებენ უპირატეს ორიენტაციას. ამ ტექსტურის დროს ზრდა შეიძლება იყოს როგორც სინტაქსიური, ასევე ანტიტაქსიური. პარალელურ-შუბისებური ტექსტურის სინტაქსიურ ძარღვებში ზოგჯერ კარგად ჩანს მკვებავი არხი. ასეთი ძარღვები უმეტესად არასიმეტრიულია. ამ დროს მკვებავი არხი ძარღვის ერთ კედელთან უფრო ახლოს მდებარეობს და ადგილი აქვს არათანაბარ ზრდას. არის

შემთხვევები, როცა ეს არხი საერთოდ არ ჩანს, ამ შემთხვევაში უნდა ვივარაუდოთ, რომ ძარღვის ზრდა ერთი კედლიდან მეორესკენ მიმდინარეობდა. ანტიტაქსიური ზრდის შემთხვევაში მკვებავ არხში შემორჩენილია შემცავი ქანების ნარჩენები.

ბზარების და ნაპრალების წარმოქმნა შეიძლება განმეორდეს დროთა განმავლობაში. ასეთი განმეორებადობის ნიშნები კარგად ჩანს როგორც ანტიტაქსიური, ასევე ატაქსიური ზრდის დროს შემცავი ქანების პარალელური ჩანართებით.

აღნიშნულ რეგიონში ყველაზე მეტად გავრცელებული მაინც **კომბინირებული ტექსტურაა**. საკმაოდ ხშირად ძარღვებს ახასიათებს ნაწილობრივ ბლოკური (მოზაიკური) და ნაწილობრივ პარალელურ-შუბისებური ტექსტურა. დაკვირვებიდან გამომდინარე, ადგილი აქვს ტექსტურების მორიგეობით ზრდას. ანუ, ჯერ ყალიბდება ერთი ტექსტურა და შემდეგ მეორე. მხოლოდ კომბინირებული ტექსტურის შემთხვევაში შეგვიძლია ვილაპარაკოთ კვარცის კრისტალების რამდენიმე გენერაციაზე, რაც ძალიან ხშირად არის აღნიშნული წინამორბედი მკვლევარების ნაშრომებში.

საკმაოდ დიდ ჯგუფს წარმოადგენს ძარღვების ისეთი ტიპი, რომელსაც შემორჩენილი აქვს კარგად განვითარებული კრისტალებით შევსებული სხვადასხვა ზომის სიცარიელები. ზოგიერთი მკვლევარი მას **ნაწილობრივ შევსებულ ძარღვებად** მოიხსენიებს. არასრული შევსებისას ძარღვში კრისტალები ავსებენ არსებულ სიცარიელებს და იღებენ ამ სიცარიელებისთვის დამახასიათებელი ფორმებს. მეორე შემთხვევაში ინდივიდუალური კრისტალები ვითარდება ღია შეუზღუდავ სივრცეში.

თუ გავითვალისწინებთ რეგიონში გავრცელებული ქანებისა და კვარცის ძარღვების ქიმიურ შედგენილობას (იხ.თავი გეოქიმია), შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ წყალხსნარების გადაადგილება ხდებოდა დიფუზიით, ასევე ქანებში არსებული ფორებითა და ნაპრალებით. ვინაიდან ასეთი ტრანსპორტირების დროს სითხეებს მჭიდრო კავშირი აქვს შემცველ

ქანებთან, ნაპრალებშიც გამოილექება ისეთი მინერალური ასოციაცია, რომელიც ქიმიურად მთლიანად ასახავს შემცავ ქანებს. ჩვენს შემთხვევაშიც, იშვიათი გამონაკლისით, კვარცის ძარღვების და შემცველი ქანების გეოქიმია თანხვედრაშია.

თუ გავითვალისწინებთ ასევე მინერალოგიურ და გეოქიმიურ თავისებურებებსაც, შეგვიძლია აღვნიშნოთ, რომ გარდა უკვე დადასტურებული ხდეს-წყალის საბადოს ძარღვებისა, რეგიონში გავრცელებული განხილული კვარცის ძარღვების უმრავლესობა ძალიან უახლოვდება ალპური ტიპის ძარღვებს.

1.2. კვარცის ძარღვების მინერალური შედგენილობა

შესწავლილ რეგიონში, ლიასური ასაკის ტერიგენულ ფორმაციაში განვითარებული კვარცის ძარღვებიდან, მინერალური შედგენილობის თვალსაზრისით, ყველაზე დიდი გავრცელებით სარგებლობს მონომინერალური კვარცის ტიპი. შემდეგ მოდის კვარც-ქლორიტიანი და კვარც-კალციტიანი ძარღვები, რომელიც ბევრად ნაკლები რაოდენობით გვხვდება. ძალიან იშვიათად ფიქსირდება კვარც-ალბიტ-ქლორიტიანი, კვარც-ალბიტანი და კვარც-ეპიდოტიანი ძარღვები. უნდა აღინიშნოს, რომ კვარც-ეპიდოტიანი შედგენილობა, მხოლოდ ხდეს-წყალის საბადოდანაა ცნობილი.

თავი 2. კვარცის ძარღვების მინერალების მორფოლოგია და გაზურ-თხევადი ჩანართები

2.1. კვარცის ძარღვების მინერალების მორფოლოგია

ყაზბეგ-ომალის რეგიონში გავრცელებული კვარცის ძარღვების მთის ბროლის კრისტალები გვხვდება უფერო, გამჭვირვალე, თუმცა მათში მრავლად დაიკვირვება მიკრო ბზარები და სხვადასხვა ზომისა და ფორმის გაზურ-თხევადი ჩანართები. კრისტალების უმრავლესობას ამის გამო თეთრი შეფერილობა აქვს მიღებული. მთის ბროლის კრისტალების

გარკვეული ნაწილი ხასიათება ქლორიტის, ეპიდოტ-ციოზიტის, კალციტისა და ალბიტის ჩანაზარდებით. კვარცის კრისტალებს ხშირად ახასიათებს ქლორიტისა და რკინის ჟანგის ქერქები.

ყაზბეგი-ომალოს რეგიონში შეგროვებული კრისტალური მასალა ძირითადად წარმოდგენილია C ღერძის გასწვრივ წაგრძელებული ფორმებით. მათ შორის გამოიყოფა ალპური ტიპის ძარღვებისთვის ტიპური ნორმალური, ფსევდოჰექსაგონური და დოფინეს ჰაბიტუსი.

შეზრდის ფორმებიდან იშვიათად გვხვდება **გვინდელი (გადახრილი)** და უფრო ხშირად **ფეიდენი**. უნდა აღინიშნოს, რომ **გვინდელეს (Gwindel)** მხოლოდ ალპური ტიპის ძარღვებში პოულობენ და აქაც ძალიან იშვიათია. დამახასიათებელია მხოლოდ სუსტად მეტამორფული მაგმური ქანებისთვის. ჩვენს შემთხვევაში დიაბაზებისთვის. ეს ფორმა მხოლოდ ხდეს საბადოდანაა ცნობილი, სადაც მრავლადაა გავრცელებული დიაბაზის დაიკების გამკვეთი კვარცის ძარღვები (ალპური ტიპი).

ფეიდენ კვარცი - მთის ბროლი “თეთრი ქსელით“ (Faden quartz, ქსელური, ბადისებური), სახასიათოდ ითვლება ზოგიერთი ალპური ტიპის ძარღვისთვის.

მრჩობლები: ყაზბეგში, ხდეს საბადოს მთის ბროლის კრისტალებს ყველაზე ხშირად ახასიათებს შემრჩობლება დოფინეს კანონით. დოფინეს მრჩობლი არსებობა სტრესის გავლენის მანიშნებელია. ექსპერიმენტული მონაცემების თანახმად დოფინეს მრჩობლების წარმოშობაზე დიდი გავლენა აქვს სტრესს. მაგალითად, გერმანიაში, დაბალ მეტამორფულ ქანებში (200-400°C, ~10კმ სიღრმე) არსებულ კვარცის ძარღვებში შეისწავლეს დოფინეს მრჩობლები. კვლევის შედეგად დაადგინეს ძარღვებზე მოქმედი სტრესის მიმართულება. ამიტომ ავტორები თვლიან, რომ დოფინეს მრჩობლი არის პალეოსტრესის ამსახველი ინდიკატორი.

კალციტი: ყაზბეგ-ომალოს რეგიონში სხვა მინერალებთან შედარებით, კალციტი კვარცთან ერთად ყველაზე გავრცელებულია. რეგიონში კალციტი ძირითადად გვხვდება აგრეგატების სახით. წარმოქმნის მთლიანად

კარბონატულ ან კვარც-კარბონატულ მარღვებს. ცალკეული კრისტალები თითქმის არ ფიქსირდება. ცნობები კალციტის კრისტალების შესახებ ცნობილია ხდეს საბადოსთვის.

ხდეს საბადოს კვარც-კალციტიანი მარღვების კალციტების ტემპერატურა განისაზღვრა როგორც 250°C. იგივე საბადოდან კალციტის ქიმიური ანალიზი გვიჩვენებს, რომ იგი საკმაოდ სუფთა შედგელობისაა, $MgCO_3$ და $MnCO_3$ წილი არ აღემატება 1,67%-ს.

შლიფში კალციტის კრისტალები ძირითადად ორიენტირებულია ბაზოპინაკოიდის პარალელურად და ჯვარედინ ნიკოლებში ჩანს ფირფიტოვანი პოლისინთეტური შემრჩობლება ერთი მიმართულებით. იშვიათია რომბოედრის კვეტები, მათი ამოცნობა შესაძლებელია ტიპური შემრჩობლების ბადით.

კალციტის მარცვლების შემრჩობლება კრისტალის პლასტიკური დეფორმაციის შედეგია. მისი მრჩობლების გეომეტრიული ფორმები კი ერთ-ერთი ყველაზე სარწმუნო ტემპერატურის საზომი საშუალებაა. დაბალი მეტამორფიზმის მქონე ქანებისთვის შემრჩობლების ნაკერების სისქის მიხედვით გამოყოფილია კალციტის პოლისინთეტური მრჩობლების 4 ტიპი: ტიპი 1- თხელი (<1მკმ), სწორი, ვითარდება <170-200°C ტემპერატურაზე; ტიპი 2- უფრო სქელი (>1მკმ) და ოდნავ უსწორმასწორო. ყალიბდება 150-300°C-ზე; ტიპი 3 - გამრუდებული, სქელი მრჩობლის ზოლებით, რომელიც >200°C-ზე ფორმირდება; ტიპი 4 - სქელი, წყვეტილი, არარეგულარული, გადაადგილებული მარცვლებთან ერთად. ყალიბდება >250°C-ზე.

შესწავლილ მასალებზე დაყრდნობით, ყაზბეგ-ლაგოდეხის რეგიონში გამოკვლეული კალციტების მრჩობლები პირველ და მეორე ტიპს მიეკუთვნება.

გავრცელების მიხედვით შემდეგ ადგილზეა **ქლორიტის ჯგუფის მინერალები**. მთელ რეგიონში შესწავლილ ნიმუშებში, ქლორიტი გვხვდება პარალელურ-შუბისებური ტექსტურის ან კრისტალური ფორმების

კვარცთან ერთად, სადაც ის წარმოქმნის ვერმიკულიტისებურ (ჭიისებრ) ან მარაოსებრ ფორმებს. გარდა ამისა, საკმაოდ ხშირად ქლორიტი წარმოიქმნება ზალბანდებში, სადაც ის ყოველთვის წარმოდგენილია მარაოსებური ფორმებით.

პარაგენეტულად ხდეს წყალის ქლორიტი გვხვდება ერთი მხრივ ასოციაციაში ეპიდოტთან და კვარცთან და სივრცობრივად უკავშირდება შეცვლილ დიაბაზებს, ხოლო მეორე მხრივ კვარც-კალციტის და კვარცის მარღვებში, რომლებიც განლაგებულია ალევრითებში, თიხაფიქლებსა და არგილიტებში. მდინარეების არღუნისა და ანდაქის წყალის აუზში ქლორიტი დაფიქსირებულია პლაგიოკლაზთან ერთად.

ქლორიტები ხდესწყალის კვარცის მარღვებიდან წარმოდგენილია რკინა მაგნეზიალური სახესხვაობებით და მიეკუთვნება მონოკლინურ 14 Å ტიპს (განსაზღვრული რენტგენული ანალიზით). ყველა მონაცემით ხდესწყალის ქლორიტები მიეკუთვნება რიპიდოლიტის, ანუ რკინა-მაგნეზიალურ ჯგუფს. კ. კეპუჩინსკასის თანახმად, სწორედ რიპიდოლიტები ახასიათებს მწვანე ფიქლების ფაციესს და კვარცის მარღვებს.

ფ. ბაურდელმა და მ. კატელინიმ (2015) შეიმუშავეს დიაგრამა დაბალტემპერატურული ქლორიტების წარმოშობის ტემპერატურის განსაზღვრისათვის. დიაგრამის მიხედვით, ხდეს-წყალის ვერმიკულიტისებრი ნიმუშები წარმოშობილია ტემპერატურულ ინტერვალში 250-350°C.

მინდვრის შპატის ჯგუფის მინერალები შესწავლილი რეგიონის მარღვებში წარმოდგენილია იშვიათი, პარალელურ-შუბისებური გამონაყოფებით კვარცის ძირთად მასაში (ძირითადად ჩანს შლიფში).

ქიმიური ანალიზის შედეგებმა აჩვენა, რომ პლაგიოკლაზი არის სუფთა ალბიტი ($Ab=99.9\%$), თუმცა აღინიშნება ნატრიუმისა Na და Al შემცველობის უმნიშვნელო მატება ანიონურ კომპლექსში სილიციუმის შემცველობის დაწვევის თანადროულად (ახვლედიანი, 1972). ალბიტის რენტგენოგრამაზე

დათვლილია სიბრტყეთა შორის მანძლი, რომელიც შეესაბამება <350 გრადუსს.

იქ სადაც ალბიტი გვხვდება, შლიფებში აღინიშნა პლაგიოკლაზის პოლისინთეტური მრჩობლების არასრული განვითარება, რომელიც მთავრდება წაწვეტებული ბოლოებით, რაც მიჩნეულია კრისტალებზე მოქმედი მაღალი სრესის მანიშნებლად.

გავრცელების მიხედვით ყველაზე იშვიათად გვხვდება **ეპიდოტ-ციოზიტის ჯგუფის მინერალები**, რომელიც წარმოდგენილია ეპიდოტით. ეპიდოტი ნემსისებრი, თმისებრი, კარგად განვითარებული კრისტალების სახით გვხვდება მხოლოდ იმ კვარცის ძარღვებში, რომლებიც დაკავშირებულია დიაბაზის დაიკებთან (ყაზბეგი, ხდეს-წყალის საბადო).

ასოციაციაში კვარცის გარდა, შეიძლება იყოს ქლორიტთან ერთად. ისინი კრისტალებში სხვადასხვანაირად არიან განაწილებულნი. კვარცის მასაში მინერალი წარმოქმნის ცალკეულ უბნებს. თავისუფალ სივრცეში კი - შენაზარდებს, ან ჩაზრდილია მთის ბროლში.

როგორც ქიმიური, ასევე რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის შედეგები გვიჩვენებს, რომ ეს მინერალი ეკუთვნის ეპიდოტის ჯგუფს და წარმოდგენილია კლინოციოზიტის დაბალრკინიანი სახესხვაობით.

ეპიდოტთან ერთად პარაგენეზისში აღნიშნულია პრენიტის კრისტალები. გარდა ამისა ანალოგიური შედგენილობის კლინოციოზიტი დაფიქსირებულია გველეთის მასივის ბალიშა ლავების ინტერსტიციებში. ხოლო პრენიტი - ქვაჩადალას ბრექჩირებულ დიაბაზებში. ეპიდოტ (კლინოციოზიტი)-პრენიტის პარაგენეზისი გვაფირებინებს რომ საქმე გვაქვს მწვანეჭვიურ შეცვლებთან. ასეთ შემთხვევაში მეტამორფული ფაციესების მიღებული სქემის მიხედვით ტემპერატურა შეიძლება განისაზღვროს ინტერვალით 225-300°C.

2.2. გაზურ-თხევადი ჩანართები

კვარცის შესწავლისას, მისი წარმოშობის პირობების განსასაზღვრად, დიდ ყურადღებას უთმობენ მასში არსებულ გაზურ-თხევად ჩანართებს.

ითვლება, რომ ჩანართები ასახავს მინერალწარმომქმნელი გარემოს P/T პირობებს და გეოქიმიურ თავისებურებას. თუ არ ჩავთვლით ხდესწყალის საბადოს, ყაზბეგ-ომალის რეგიონში გაზურ-თხევადი ჩანართების კვლევა არ ჩატარებულა.

კვარცის ძარღვებიდან აღებული ნიმუშებისთვის გაზურ-თხევადი ჩანართების ფორმები და გადანაწილება შევისწავლეთ პეტროგრაფიულ AmScope PZ600T-8m და გემოლოგიურ PRESIDIUM Electronic Gemstone Cauge მიკროსკოპებზე (x400). ჰომოგენიზაციის ტემპერატურა განვსაზღვრეთ ნ.ერმაკოვის მიერ შემოთავაზებული ვიზუალურ-გამოთვლითი მეთოდით, რომელიც ემყარება ვაკუოლის და გაზური ფაზის მოცულობათა თანაფარდობის დადგენას. ამ მეთოდის შერჩევის ძირითადი მიზეზი იყო კვარცის კრისტალების მცირე ზომა და მათში არსებული ძალიან წვრილი გაზურ-თხევადი ჩანართები (0,13-დან 14 მკმ-მდე), რაც გაართულებდა ჰომოგენიზაციის ტემპერატურის განსაზღვრას. გარდა ამისა, არჩეულმა მეთოდმა საშუალება მოგვცა შეგვესწავლა კვარცის ძარღვები საკმაოდ დიდ ტერიტორიაზე. კვლევამ მოიცვა 32 დაკვირვების წერტილიდან აღებული ნიმუშები: 22 შლიფი და 50-მდე კრისტალი.

ჩანართები ძირითადად ორ ფაზიანი - გაზურ-თხევადი ჩანართებით არის წარმოდგენილი.

ვიზუალურ-გამოთვლითი მეთოდი: აღნიშნული მეთოდი გამოიყენება დაბალტემპერატურული (200°C-მდე) კვარცის წარმოქმნის მინიმალური ტემპერატურის წინასწარი შეფასებისათვის. მეთოდს საფუძვლად უდევს დებულება, რომლის თანახმად, რაც მეტი მოცულობა უჭირავს ჩანართში გაზურ ფაზას (დაბალია შევსების კოეფიციენტი, f), მით უფრო მაღალია მისი ჰომოგენიზაციის ტემპერატურა.

სითხისა და გაზური ფაზის პროცენტული თანაფარდობა გაიზომა და სტატისტიკურად დავამუშავდა 207 გაზურ-თხევად ჩანართისთვის. გაზური ფაზის პროცენტული შემცველობა მერყეობს 7-დან 17%-მდე (მინ. 5-7% და მაქს. >17% გამონაკლისების გამორიცხვით).

შესაბამისი ტემპერატურული ინტერვალებით: 135-155⁰C და 155-190⁰C.

ინფორმაცია დავამუშავეთ ყაზბეგის, ხევსურეთის და თუშეთის აუზებისათვის ცალ-ცალკე. საერთო სურათი მსგავსია. მაგალითად, ყაზბეგის ტერიტორიაზე კვარცის ძარღვების ჩამოყალიბების პროცესი იწყება 182 და მთავრდება 135⁰C-ზე. ხევსურეთისთვის პროცესის დასაწყისი და დასასრული იგივეა რაც ყაზბეგისთვის. რაც შეეხება თუშეთს, პროცესის დასაწყისი და დასასრული ემთხვევა მთლიანი რეგიონისთვის მიღებულ შედეგებს 190-135⁰C.

აღნიშნული შედეგები განზოგადებულია ყველა გამოკვლეული ჩანართისთვის. გამორიცხულია გამონაკლისები. ერთი კრისტალის ფარგლებში (სადაც დაფიქსირდა ყველაზე მეტი გაზომვა) გაზური ფაზის პროცენტული შევსება მერყეობს 17-7%-ის ფარგლებში. ეს კი შეესაბამება 190-135⁰C. როგორც ვხედავთ, ერთი კრისტალის ფარგლებში იგივე ტემპერატურები დაფიქსირდა, რაც მოცემული გვაქვს მთლიანი ტერიტორიისთვის.

ჰომოგენიზაციის ტემპერატურის შესწორება წნევაზე: გაზურ-თხევადი ჩანართებით ტემპერატურის განსაზღვრის სიზუსტე დამოკიდებულია წნევაზე. ჰომოგენიზაციით მიღებული ტემპერატურები იძლევა დაბალ შედეგებს. წნევაზე შესწორების მრავალი გრაფიკი არსებობს, მაგრამ კიდევ ერთი სირთულე იჩენს თავს გრაფიკის გამოყენებისთვის, ეს არის წნევა. მის გასაზომად ვერ მოიძებნა არც ერთი შესაფერისი მეთოდი და ჩანართი, რომელიც წნევის გაზომვის შედეგს საიმედოს გახდიდა. მინერალწარმოქმნის გარემოს წნევის განსაზღვრა არის ძალიან რთული და თან ნაკლებ საიმედო.

მინერალწარმოქმნის გარემოს წნევაზე მიახლოებითი მონაცემების მიღება შესაძლებელია ექსპერიმენტული p/t დიაგრამით H₂O-სთვის, კუთრი მოცულობის იზოხაზებით (კენედი, 1950). ხსნარის კუთრი მოცულობა ხდესწყალის საბადოსთვის განსაზღვრულია და ეს სიდიდე შეადგენს 1,01-1,02.

ამ მონაცემების საფუძველზე, კენედის დიაგრამით განვსაზღვრეთ წნევა. ყაზბეგის რაიონში, ხდესწყალის საბადოს ხსნარებისთვის, წნევა განისაზღვრა როგორც 900-დან 1200 ატმ (0,9-1,2კბარ.). ეს მონაცემები განვსაზღვრეთ მთელი საკვლევი რაიონისთვის.

წნევაზე შესწორების შემდეგ ჩვენი მონაცემებისთვის, როცა T ჰომოგენიზაციის =135-190°C, P = 1000 ატმ პირობებში, $\Delta T \sim 75^\circ C$. ანუ თუ მთლიანი რეგიონისთვის გვაქვს 135-190°C, წნევაზე შესწორების შემდეგ გვექნება 210-265°C. მეთოდის შესამოწმებლად, ჩვენ მიერ მიღებული შედეგები შევადარეთ წინა მკვლევარების მონაცემს (ცხრილი 1).

როგორც ცხრილიდან ჩანს, პროცესის დასაწყისში ყველა მკვლევარს სხვადასხვა ტემპერატურები აქვს მიღებული, დასასრული კი მეტ-ნაკლებად ემთხვევა ერთმანეთს. რაჭის, აფხაზეთის და სვანეთის საბადოებისთვის წნევაზე აქვს თუ არა შესწორება შეტანილი, არ ვიცით. თუ ჩვენს წნევაზე შესწორებულ მონაცემებს შევადარებთ აფხაზეთისას, ამ შემთხვევაში მოხვდება მისი ალპური ტიპის ძარღვების დიაპაზონში.

ცხრილი 1

მონაცემების შედარება ჰომოგენიზაციის ტემპერატურის მიხედვით, °C

ყაზბეგ-ომალოს რეგიონის კვარცის ძარღვები (2019)	ხდესწყალის საბადო, ყაზბეგის რაიონი (ახვლედიანი, 1972)	რაჭის საბადოები (იაროშვიტი, 1989)	მთიანი ფხაზეთის კვარცის ძარღვები (რჩულიშვილი, 1990)	სვანეთის კვარცის ძარღვები (კოვალენკო, 1990)
სხვადასხვა ტიპის ძარღვებისთვის				
F = 0.93 – 0.83	F = 0.95 – 0.81	F = 0.95 – 0.81	F ?	F = 0.90 – 0.50
1. კვარც-ეპიდოტიანი - 230-145°C	1. კვარც-ეპიდოტიანი - 175-140°C	1. ძარღვები მთის ბროლით: a. 100-150°C b. 170-210°C g. 280-340°C	1. კლივაჟის სიბრტყეებთან დაკავშირებული - 160-120°C	1. ძარღვები მთის ბროლით: a. 180-235°C b. 210-250°C
2. კვარციანი - 182-135°C	2. კვარც-ქლორიტიანი - 160-136°C	2. ძარღვები მთის ბროლის გარეშე: a. 170-220°C b. 120-140°C	2. ალპური ტიპის - 250-200°C	2. ძარღვისკვარცი 140-270°C
3. კვარც-კალციტიანი - 210-135°C	3. კვარც-კალციტიანი - 155-136°C		3. გამადნების ზონიდან -340 - 270°C	
წნევაზე შესწორების შემდეგ				
265-210°C	275-236°C			

თავი 3. კვარცის ძარღვებისა და მათი შემცველი ქანების გეოქიმიური დახასიათება

3.1. კვლევა რენტგენოფლოუორესცენციური სპექტრომეტრით

შესწავლილ რეგიონში სავსე სამუშაოების დროს ყველა ძირითადი ხეობის კვარცის ძარღვებიდან აღებულ მინერალურ მასალას და შემცველ ქანებს გამოკვლევა ჩაუტარდა რენტგენოფლოუორესცენციური სპექტრომეტრით (EDXRF 3600B). ამისთვის ნიმუშები დაიფქვა 70-100 მკმ სიმსხო ფრაქციამდე და დაიპრედა სპეციალურ კიუვეტებში. ამის შემდეგ EDXRF-ის შესაბამისი პროგრამებით გაიზომა ნიმუშებში არსებული მთავარი და მინარევი ქიმიური ელემენტები. სულ განისაზღვრა 25 კვარცის ძარღვისა და 30 ქანისა ნიმუში. რათა დაგვეჩვენა რამდენად გადადის წყალხსნარებაში კვარცში არსებული მინარევი ქიმიური ელემენტები, კვარცის ძარღვის 6 ნიმუშს ანალიზი ჩაუტარდა გარეცხვამდე და გარეცხვის შემდეგ. ზოგიერთ ელემენტზე მცირე დოზით ხსნადობა შეინიშნება.

ერთმანეთს შევადარეთ შემცავი ქანებისა და კვარცის ძარღვების ქალკოფილური ელემენტები. ელემენტების შემცველობა ქანებსა და ძარღვებში დაახლოებით მსგავსია. შემცველ ქანებში მათი რაოდენობა პრაქტიკულად არ იცვლება თუ არ ჩავთვლით Cu-ს, რომლის შემცველობაც არათანაბარია და შედარებით ფართო საზღვრებში ცვალებადობს. რაც შეეხება კვარცის ძარღვებს, აქაც ქალკოფილური ელემენტების შემცველობა ერთგვაროვანია, თუმცა დაფიქსირდა რამდენიმე ამაღლებული მნიშვნელობაც. მაგ., X-48-ში დარიშხანი და ტყვია კლარკთან შედარებით დაახლოებით 100-ჯერ არის ამაღლებული. Zn-ის შემცველობა (X-92) კი 50-ჯერ. აქაც, ისევე როგორც შემცავ ქანებში, სპილენძის შემცველობა არათანაბარია და ფართო საზღვრებში ცვალებადობს. ჩვენს ნიმუშებში არსებული ქალკოფილური ელემენტების საშუალო შემცველობა შევადარეთ დედამიწის ქერქის შემცველობებს. ჩვენს რეგიონში შედარებით ამაღლებული შემცველობები ფიქსირდება. თუმცა, აუცილებლად უნდა აღინიშნოს, რომ დანალექი კომპლექსის ქანებში ზოგიერთი ელემენტის

საშუალო შემცველობები ხშირად აღემატება დედამიწის ქერქის საშუალო შემცველობებს. ამიტომ ს. მაკლენანის მონაცემებზე დაყრდნობით ჩვენ რეგიონში გავრცელებული ფიქლები შევადარეთ მსგავს ქანებს ჩრ. ამერიკის, ავსტრალიის, პოსტ საბჭოთა კავშირის ქვეყნებთან. შედარება ჩატარდა ისეთი ქიმიური ელემენტების, როგორც არის Ti, V, Cr, Ni, Rb, Zr, Ba, Pb. შედარებამ აჩვენა, რომ მცირედ ამაღლებულია ტყვიის შემცველობა როგორც კავკასიონის ფიქლებში, ასევე მასში განვითარებულ კვარცის ძარღვებში.

იმის დასადგენად, როგორია ძირითადი ქანმაშენი ელემენტების ცვალებადობა კვარცთან მიმართებაში, შევადგინეთ ვარიაციული დიაგრამა როგორც კვარცის ძარღვებისთვის, ასევე მისი შემცველი ქანებისთვის. უძრავ ელემენტად შეირჩა Si. დიაგრამამ კარგად გამოაჩინა, რომ Si-ის მიმართ ქიმიური ელემენტების თანაფარდობა მსგავსია ორივე შემთხვევაში. გამონაკლისია რკინა, რომელიც კვარცის ძარღვებში ძალიან არათანაბრადაა გადანაწილებული.

რუბიდიუმის, სტრონციუმისა და ბარიუმის ურთიერთობის დასადგენად, მონაცემები დავიტანეთ სხვადასხვა დიაგრამაზე. თუმცა ამ ელემენტების არსებობა თავისთავად საგულისხმოა და სიღრმული ემანაციების ზეგავლენაზე (რღვევების) უნდა მიუთითებდეს. დიაგრამებმა ნათლად აჩვენა, რომ მათ შორის კორელაცია არ არსებობს.

რენტგენოფლოუორესცენციური სპექტრომეტრის შედეგების გაანალიზების შემდეგ შეიძლება ითქვას, რომ კვარცის ძარღვები, მცირე გამონაკლისის გარდა, მთლიანად ასახავს შემცავი ქანების ქიმიურ შედგენილობას.

კვარცის ძარღვებში ქალკოფილური ელემენტების ამაღლებული შემცველობა მიუთითებს სიღრმული ჰიდროთერმების ხსნარების მონაწილეობაზე.

3.2. კვარციდან გამოწვლილვილი წყალხსნარების მარტივი ქიმიური შედგენილობა

გარდა რენტგენოფლოუორესცენციური ანალიზისა, კვლევა ჩაუტარდა

კვარცის ძარღვებიდან ექსტრაგირების გზით (გამოწვლილვილი) მიღებულ წყალხსნარებს. სულ გაიზომა 6 ნიმუში. ნიმუშები შეირჩა ხეობების მიხედვით. საანალიზოდ ერთი ნიმუშისთვის ავიღეთ 100 გრ სუფთა კვარცი (მინარეების გარეშე), დავფუკეთ <1მმ სისქის ფრაქციამდე. მიღებული მასალა კოლბებში მოვათავსეთ გამოხდილი წყლის ქვეშ (ერთ ნიმუშზე 1/2ლ წყალი) 24 საათი. 2-3 საათში ერთხელ მიმდინარეობდა კოლბების შენჯღრევა 15-20 წუთის განმავლობაში, რათა უკეთ მომხდარიყო კვარცის გამორეცხვა. 24 საათის მერე გაიზომა წყალში გადასული კათიონების და ანიონების რაოდენობა.

ანალიზის შედეგები გვიჩვენებს რომ ხსნარში პრაქტიკულად არაა კალიუმი, ხოლო კალციუმი განაწილებულია არათანაბრად, ცვალებადობს 12-27% დიაპაზონში. არის შემთხვევები როცა კალციუმი საერთოდ არ ფიქსირდება (ხევისურეთი). სამკუთხა დიაგრამაზე კათიონები ძირითადად წარმოდგენილია მაგნიუმით (19-62%) და ნატრიუმის და კალიუმის ჯამით, სადაც კალიუმის წილი ნულოვანია და ჯამი შევსებულია ნატრიუმის ხარჯზე. ნატრიუმი იცვლება 36-73%-ის ფარგლებში. არის შემთხვევს (ნიმუში ყაზბეგიდან), სადაც ნატრიუმის შემცველობა ნულის ტოლია.

რაც შეეხება ანიონურ კომპლექსებს, ყველაზე დიდი რაოდენობით გვხვ-დება ბიკარბონატი, რომლის რაოდენობაც 30-56%-ის ფარგლებში იცვლება. რაოდენობრივად შემდეგ მოდის ქლორიდული ხსნარები 25-39%-ით. ყველაზე ნაკლები შემცველობით სულფატიონია წარმოდგენილი 11-36%.

ხსნარების მნიშვნელოვანი მახასიათებელია pH მაჩვენებელი. ხდეს წყალის ნიმუშები რ. ახვლედიანის მიხედვით ხასიათდება სუსტი მჟავადან სუსტ ტუტემდე 6,54-8,18-მდე. ჩვენს შემთხვევაში მონაცემები - 4,9 - 6,3, სუსტი მჟავე გარემოს შეესაბამება. ხდეს მონაცემებით მინერალიზაცია ძარღვებში დაიწყო სუსტ მჟავე პირობებში 6,54 და დამთავრდა სუსტ ტუტეში 8,18. ჩვენი შედეგების მიხედვით კი მინერალწარმოქმნის გარემო იყო მჟავე 4,9-6,3.

თავი 4. კვარცის ძარღვების სივრცული ორიენტაცია

შესასწავლი ტერიტორიის გეოლოგიური ფორმირების, ძარღვული და ნაპრალოვანი ტექტონიკის გაშიფვრის მიზნით შევისწავლეთ ყაზბეგის (მდ. თერგი), ხევსურეთის (მდინარეების ასა, არლუნი, ანდაქის-წყალი) და თუშეთის (მდინარეები პირიქითა ალაზანი და თუშეთის ალაზანი) ძარღვებისა და დაიკების გენეტური კავშირი საერთოკავკასიური მიმართების რღვევებთან.

ძარღვული და ნაპრალოვანი ტექტონიკის დეტალური სტატისტიკური ანალიზის მიზნით საკვლევ ტერიტორიაზე ასამდე დაკვირვების წერტილში გაიზომა ძარღვების სისტემები. ჩვენს მიერ სულ დაფიქსირდა და გაიზომა 300-ზე მეტი ძარღვი, რომელთა სტატისტიკური ანალიზი ჩატარდა შმიდტის თანაბარფართობიან ბადეზე. შმიდტის ბადეზე დატანილ იქნა ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი სიბრტყის პოლუსები. შევადგინეთ ჯამური დიაგრამა (სურ.1.1)

შესწავლილ რეგიონში კვარცის ძარღვები ძირითადად განვითარებულია ასპიდურ ფიქლებში, თიხა-ფიქლებში, ქვიშაქვებსა და დიაბაზის დაიკებში. ძარღვები ძირითადად დაკავშირებულია დიზუნქტიური რღვევებთან და განვითარებულია ინტენსიურად დანაოჭებულ ზონებში გაჭიმვისა და სხლეტვის ნაპრალებში, ფიქლებრიობასა და შრეებრიობაში. გამკვეთი ძარღვები დაკავშირებულია დრესვის და მსხვრევის ზონებთან და განვითარებულია გაჭიმვისა და სხლეტვის ნაპრალებში.

კვარცის ძარღვების გარკვეული ნაწილი განვითარებულია დიაბაზის დაიკებში არსებულ გაჭიმვის ნაპრალებში. მათი გავრცელება დაიკების მიმართების მართობულია. როგორც წესი, ასეთი ნაპრალები, მცირე სიმძლავრის მიუხედავად, უმეტესად გახსნილია და მათში განვითარებულია კვარცის დრუზები, რომლებიც ნაპრალების ორივე კედელზეა დაზრდილი. ფონდური და დ. ზაქარაიას პირადი მონაცემების გამოყენებით, შმიდტის ბადეზე დავიტანეთ დიაბაზის დაიკების ანათვლები

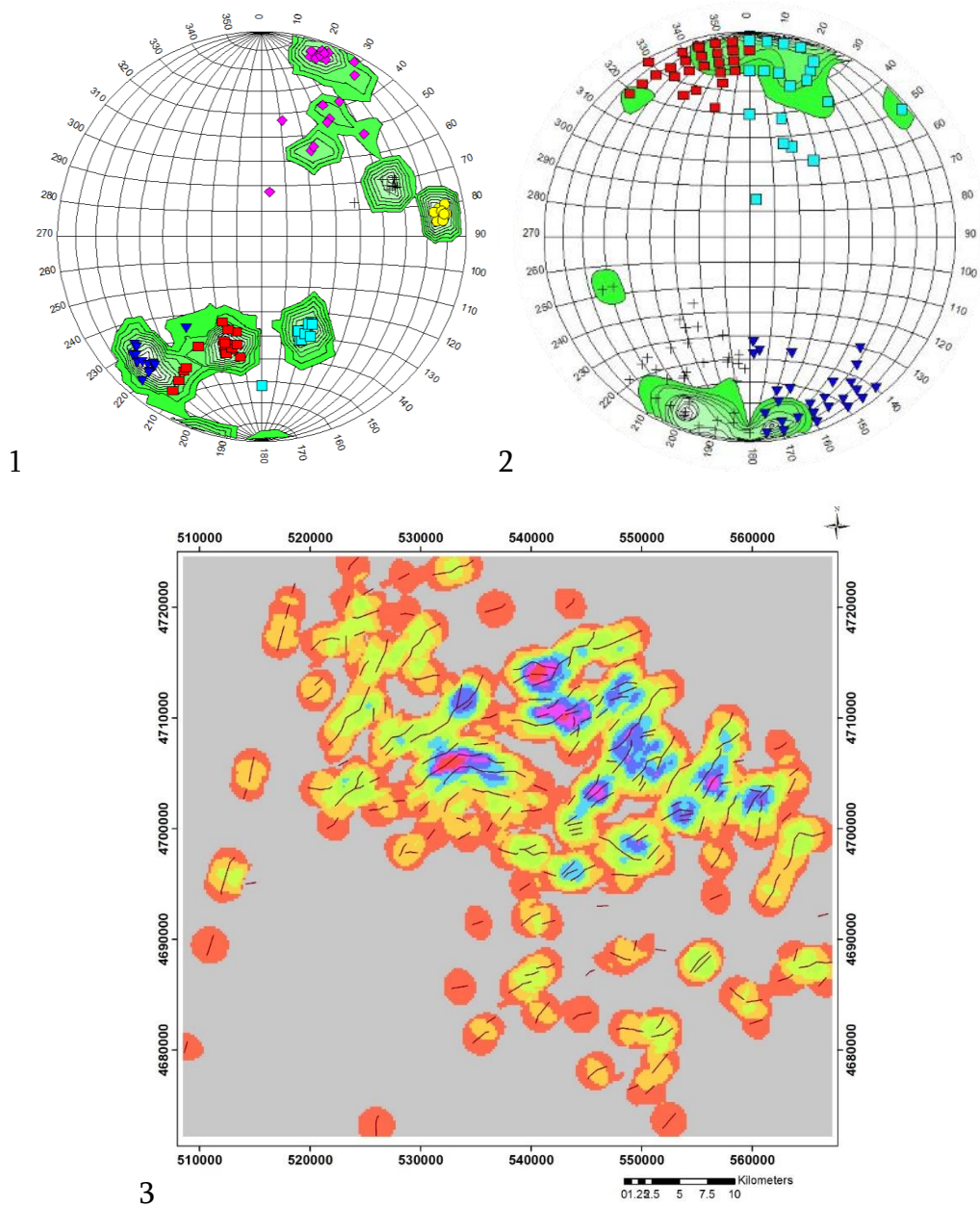
მდინერეების თერგის, ასას და პირიქითა ალაზანის ხეობებიდან (სურ.1.2). ვინაიდან კვარცის ძარღვების მიმართებები ძირითადად დიაბაზის დაიკების მიმართებების მართობულია, მაშინ დაიკებს უკავშირდება ძარღვების მხოლოდ ის სისტემები, რომელთა მიმართების აზიმუტია $70-90^{\circ}$ და $220-230^{\circ}$.

რეგიონული ორიენტაციის მქონე ნაპრალოვნების გამოსავლენად შევადგინეთ მათი მიმართებების მონაცემების ჯამური დიაგრამები. ძარღვების უმრავლესობა წარმოდგენილია სამხრეთ-დასავლეთი და ჩრდილო-აღმოსავლეთი მიმართულებით. სამხრეთ-დასავლეთი მიმართულების ძარღვების გაჩენა დაკავშირებული უნდა იყოს გამჭიმავი ნაპრალების სისტემებთან. ძარღვები რომელთა დაქანების აზიმუტია $360^{\circ} < 65-70^{\circ}$, განვითარებულია შრეობრიობის თანხვედნილ ნაპრალებში. რაც შეეხება ღერძული სიბრტყის ნაპრალების ორიენტაციას, რომლებიც საკმაოდ დიდი რაოდენობითაა წარმოდგენილი, ისინი გავრცელებულია ჩრდილო-აღმოსავლეთი მიმართულებით. ამ ნაპრალების გასწვრივ ხშირ შემთხვევაში განვითარებულია კალციტის და კვარცის ძარღვები. აღნიშნული ჯგუფის ძარღვები შრეობრიობის გამკვეთია და დაკავშირებულია გამჭოლი ტიპის ნაპრალებთან. ამ ტიპის ნაპრალები იწვევენ ბლოკების დაწყვეტას და გადაადგილებას.

ძარღვები, რომლის დაქანების აზიმუტია $140^{\circ}-180^{\circ}$, დაკავშირებულია კავკასიური მიმართების მქონე თანხვედრილ რეგიონულ სხლეტვის ნაპრალებთან. შრეობრიობის და კავკასიური მიმართების თანხვედრილი ნაპრალები არ ართულებენ ტერიტორიის გეომორფოლოგიასა და მის მედეგობას ეგზოგენური პროცესებისადმი.

ჩვენმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ ჩრდილო-აღმოსავლური მიმართების მქონე ძარღვები, განვითარდნენ კავკასიონის მეგანტიკლინორიუმის მოწყვეტის ნაპრალების გასწვრივ, განვითარების ბოლო სტადიაზე, დეფორმაციის ელიფსოიდის სივრცობრივი ორიენტაციის შეცვლის შედეგად. ასევე სამხრეთ-დასავლეთი ორიენტაციის მქონე

ძარღვები, ჩრდილო-აღმოსავლური მიმართულების ძარღვებთან შეუღლებული სხლეტვის ნაპრალებშია განვითარებული.



სურ.1. ყაზბეგ-ომალოს რეგიონში გავრცელებული 1. კვარცის ძარღვებისა და 2. დიაბაზის დაიკების ჯამური დიაგრამა; 3. აეროფოტო დემიფირირებით შედგენილი ნაპრალიანობის სტრესული ზონების რუკა.

ყაზბეგ-ომალოს რეგიონის აეროფოტოსურათების დემიფირირებით შეიქმნა ნაპრალიანობის სტრესული ზონების რუკა (სურ. 1. 3). რუკაზე კარგად ჩანს, რომ მთელ რეგიონში გაბატონებული მდგომარეობა უჭირავს ჩრდილო-აღმოსავლეთ და სამხრეთ-დასავლეთი მიმართულების

ნაპრალებს, რაც ზუსტად ასახავს კვარცის მარღვების ჯამურ დიაგრამაზე გამოსახულ მონაცემებს.

დასკვნა

1. კავკასიონის ნაოჭა სისტემის ყაზბეგ-ომალოს რეგიონის კვარცის მარღვები სტრატეგრაფიულად გვხვდება დიდ ინტერვალში. იწყება ქვედა ლიასიდან (ხდე) და მთავრდება ბაიოს-ბათურ ტერიგენულ ნალექებში (სტორი). გენეტურად და სივრცობრივად ისინი უკავშირდება მსხვრევად ქანებს. რაც მარღვებსა და სხლეტვის ნაპრალებს შორის დამოკიდებულებას განსაზღვრავს.
2. კვარცის მარღვების მორფოლოგია კარგად ასახავს ტექტონიკური მოძრაობების დინამიკას. მარღვების უმრავლესობა ყალიბდება ნაპრალების ნელი გახსნის პროცესით, რის შედეგადაც, სინტაქსიური, ანტიტაქსიური ან ატაქსიური ზრდის მექანიზმით, ყალიბდება პარალელურ შუბისებური ან კომბინირებული ტექსტურის მარღვები. აღნიშნული ნინშნები მიუთითებს მარღვების ადგილზე, შემცავი ქანების გამოწურვის შედეგად წარმოქმნაზე. ნაპრალების ნელ გახსნაზე ასევე მიუთითებს მთის ბროლის შესზრდები: გვინდელი და ფადენი.
3. წყალხსნარების გადაადგილება ხდებოდა დიფუზიით, ასევე ქანებში არსებული ფორებითა და ნაპრალებით. მინერალწარმომქმნელი ხსნარები მჭიდრო კავშირშია შემცველ ქანებთან, ამიტომ ნაპრალებში გამოილექება ისეთი მინერალური ასოციაცია, რომელიც ქიმიურად მთლიანად ასახავს შემცავ ქანებს.
4. ბლოკური, მასიური აგებულების კვარცის მარღვებში ზრდის მექანიზმი არ ჩანს. უმეტესად ასეთი მარღვები სიღრმული ჰიდროთერმებით ყალიბდება.
5. მინერალური შედგენილობის თვალსაზრისით, ლიასური ასაკის ტერიგენულ ფორმაციაში განვითარებული კვარცის მარღვები იყოფა შემდეგ ტიპებად: 1. მონომინერალური კვარციანი; 2. კვარც-ქლორიტიანი; 3. ვარც-კალციტიანი; 4. კვარც-ალბიტ-ქლორიტიანი; 5. კვარც-ალბიტანი და 6. კვარც-ეპიდოტიანი.

6. საკვლევ რეგიონში გავრცელებული მთის ბროლის კრისტალები თავისი დამახასიათებელი ფორმებითა და შეზრდებით ნაპრალების ნელ გახსნასა და ალპური ტიპის მარღვებზე მიუთითებს.
7. კვარცის მარღვებში განვითარებული მინერალების მორფოლოგიით ვასკვნიტ, რომ ყველა მათგანზე მოქმედებდა სტრესი, რაც ხშირად შემორჩენილია სხვადასხვა ნიშნების სახით: მარღვის კვარცი და მთის ბროლის კრისტალები კატაკლაზირებულია, ხოლო მიკროსკოპში კვარცზე, კალციტსა და ალბიტზე კარგად ჩანს სტრესის ზეგავლენით წარმოშობილი მრჩობლები.
8. მინერალები ასევე იძლევა ინფორმაციას წარმოშობის ტემპერატურაზე: დაბალ მეტამორფულ ქანებში განვითარებულ კვარცში დოფინეს მრჩობლი ყალიბდება 200-400°C, ~10კმ სიღრმეზე; ხდეს საბადოს კვარც-კალციტიანი მარღვების კალციტების ტემპერატურა განისაზღვრა როგორც 250°C; ხოლო კალციტების წარმოშობის ტემპერატურული ინტერვალია 150-300°C; ხდეს-წყალის ვერმიკულიტისებრი ქლორიტების წარმოშობის ტემპერატურული ინტერვალია 250-350°C; ალბიტის წარმოშობა 350 გრადუსზე დაბლა; რაც შეეხება ნაკლებად გავრცელებულ ეპიდოტს: თუ დავუშვებთ ეპიდოტ (კლინოციოზიტი)-პრენიტის პარაგენეზის არსებობას, მაშინ საქმე გვაქვს მწვანექვიურ შეცვლებთან. ასეთ შემთხვევაში მეტამორფული ფაციესების მიღებული სქემის მიხედვით ტემპერატურა შეიძლება განისაზღვროს ინტერვალით 225-300°C.
9. ჰომოგენიზაციის ტემპერატურის ვიზუალურ-გამოთვლითი მეთოდის მიხედვით, გაზური ფაზის პროცენტული რაოდენობა, საკვლევ ტერიტორიისთვის, შეადგენს 7-17%-ს. მაშასადამე, რეგიონში კვარცის მარღვების ჩამოყალიბების პროცესი იწყება 190°C -დან და მთავრდება 135°C -ზე. წნევაზე შესწორების შეტანის შემდეგ მინერალწარმოქმნელი ხსნარის ჭეშმარიტი ტემპერატურა განისაზღვრა, როგორც 265-210°C.
10. რენტგენოფლორესცენციური სპექტრომეტრის შედეგებზე დაყრდნობით, შეიძლება ითქვას, რომ კვარცის მარღვები, მცირე

გამონაკლისის გარდა, მთლიანად ასახავს შემცავი ქანების ქიმიურ შედგენილობას.

11. კვარცის ძარღვები, სადაც ქალკოფილური და სიდეროფილური ელემენტების შემცველობა კლარკის დონეზეა ქერქის შემცველობასთან მიმართებაში, მიეკუთვნებიან ალპური ტიპის კვარცის ძარღვებს, ხოლო სადაც მათი შემცველობა რამდენიმე ათეულით აღემატება კლარკის შემცველობას, ვთვლით, რომ ისინი სიღრმული ტიპის ჰიდროთერმული პროცესის შედეგია.
12. კვარცის ძარღვების ჩამოყალიბების გარემო იცვლებოდა სუსტი მჟავიდან სუსტ ტუტე გარემოდ. მინერალწარმოქმნელი ხსნარები წარმოდგენილია კალციუმის, მაგნიუმისა და ნატრიუმის კათიონური კომპლექსით. ანიონებიდან დიდი რაოდენობით გვხვდება ბიკარბონატი, შემდეგ მოდის ქლორიდული ხსნარები. ყველაზე ნაკლები შემცველობით სულფატ იონია წარმოდგენილი.
13. კვარცის ძარღვები უკავშირდება როგორც დიდ რეგიონალურ რღვევებს (ომალო, ხისო, თრუსო), ასევე პატარა ზომის სხლეტვის ნაპრალებს (ხდე, არლუნი). ძარღვების უმრავლესობა, სხვადასხვა დაქანების აზიმუტით, ორიენტირებულია სამხრეთ-დასავლეთი და ჩრდილო-აღმოსავლეთი მიმართულებით. სამხრეთ-დასავლეთი ძარღვების გაჩენა დაკავშირებული უნდა იყოს გამჭიმავი ნაპრალების სისტემებთან. ჩრდილო-აღმოსავლეთი მიმართულება უკავშირდება ღერძული სიბრტყის ნაპრალებს, რომელსაც გაბატონებული მდგომარეობა უკავია მთელს რეგიონში. ძარღვები რომელთა დაქანების აზიმუტია 360° , $<65-70^{\circ}$, განვითარებულია შრეებრიობის თანხვედნილ ნაპრალებში, ხოლო ძარღვები მიმართების აზიმუტით $70-90^{\circ}$ და $220-230^{\circ}$ დაუკავშირდება დიაბაზის დაიკებს.

ნაშრომის აპრობაცია: დისერტაციაში წარმოდგენილ თემატიკასთან დაკავშირებული საკვლევი საკითხები დეტალურად არის წარმოდგენილი როგორც სწავლების პროცესთან დაკავშირებულ თემატურ სემინარებსა და კოლოკვიუმებზე, ასევე ადგილობრივ და საერთაშორისო კონფერენციებზე.

კვლევის ზოგიერთი საკვანძო საკითხი გადმოცემულია სამეცნიერო სტატიებში, რომლებიც დაიბეჭდა შემდეგ პერიოდულ გამოცემებში: ბიზნეს-ინჟინერინგი (2016), საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მოამბე (2017), ინტელექტუალი (2019).

პუბლიკაციები

1. Inanashvili N., AdeiSvili N. Peculiarity of Hydrothermal Quartz Veins in the Liasshales and of Their Contact Impact (The Pirikita Alazani River Gorge). VI International Conference of Young Scientists and Students. Baku, Azerbaijan. 2015. P. 101-102.
2. Poporadze N., Seskuria O., Inanashvili N. Alpine Type Quartz Veins. International Scientific-practical Conference on up-to-date Problems of Geology. Tbilisi. 2016. P. 105-108.
3. ფოფორაძე ნ., სესკურია ო., ინანაშვილი ნ. კავკასიონის ნაოჭა სისტემის მთის ბროლის გენეზისი. მე-3 ყოველწლიური ღია სამეცნიერო კონფერენცია „სამთო საქმის და გეოლოგიის აქტუალური პრობლემები“, სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი. თბილისი. 2016წ. გვ. 2-3.
4. ფოფორაძე ნ., სესკურია ო., ინანაშვილი ნ. ალპური ტიპის კვარცის ძარღვები. ბიზნეს-ინჟინერინგი №4, თბილისი, 2016. გვ. 198-203.
5. Poporadze N., Seskuria O., Inanashvili N. Alpine Type Quartz Veins of the Fold System of the Greater Caucasus (within Georgia). Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, vol. 11, no. 2, 2017. P. 69-75.
6. ინანაშვილი ნ., ახვლედიანი ი., ფოფორაძე ნ. ყაზბეგ-ომალოს რეგიონის ლიასური ტერიგენული ფორმაციის კვარცის ძარღვების გაზურ-თხევადი ჩანართები. ჟურნ. ინტელექტუალი №37. 2019. გვ. 147-157.
7. Inanashvili N. Morphology and Orientation of Quartz Veins of the Lower- and Middle Jurassic Terrigenous Deposits of the Kazbegi-Omallo Region. 5th International Scientific-Practical Conference on Up-to-date Problems of Geology. 2019. P.42-44.

Abstract

Integrated Study of Quartz Veins from Liassic Terrigenous Formations of the Kazbegi-Omaló Region

The Lower- and Middle Jurassic terrigenous deposits of the Kazbegi-Omaló Region are very significant in geological structure of Georgia and the detailed study of the quartz veins developed there, the sequence of their origin and definition of the thermodynamic conditions gains particular importance in restoring the geological history of formation of the host rocks.

Despite the multilateral geological works carried out in this region quartz bearing veins, their relation with fissuring caused by tectonics, with the processes of catagenesis and metamorphism were not sufficiently researched. Even today the classification of quartz veins during geological field works remains a challenge though it could contribute to determination of their relation with a preliminary assessment.

The issues discussed in the work are the following: classification of quartz veins according to their form and genesis; definition of their mineral composition; morphology of the minerals developed in veins; determination of form and genesis of gas-liquid inclusions in the crystals of quartz and rock crystal of the veins; geochemical characterization of veins and host rocks; spatial orientation of quartz veins and establishment of their relation with the tectonic processes.

In the aforementioned region rocks containing quartz veins are: shales, slates, sandstones and diabase dykes. Quartz veins can be coincident or transversal towards them. The contact surface is even or slightly wavy without contact alterations.

Geometric shape of quartz veins is conditioned by stress and pressure of the aqueous solutions affecting the deformed rocks in various directions. The veins developed in the study area have straight, flat forms; sometimes it makes lenticular widened places; they frequently make comparatively complicated, uneven forms and boudinages; often the whole vein is of lenticular form; large quantity of quartz vein waste is characteristic to the whole region. Generally such waste occur on the mountain ranges; on the slopes they rarely occur.

The studied quartz veins in Kazbegi-Omaló region are characterized by the block (massive), parallel-halberd-shaped (elongated block), combined and partly filled structures. They are characterized by syntaxial and antitaxial and ataxial growth. In case of block structure the growth mechanism is not established. All the three mechanisms of growth give parallel-halberd-shaped structure. In combined and partly filled veins, in most cases, there are seen both block and elongated block structures.

As for mineral composition, among the quartz veins developed in the Liassic terrigenous formation of the studied area, mono-mineral quartz veins are the most developed ones; then there follow quartz-chlorite and quartz calcite bearing ones which are much less common. Quartz-albite-chlorite, quartz-albite and quartz-epidote composition is fixed very rarely. Noteworthy is that quartz-epidote composition is known only in the Khdes-Tskali deposit and it is related with

diabase dykes.

Rock crystals are characterized by normal, pseudo-hexagonal and dauphine habits. Among the forms of intergrowth there can be distinguished the gwindel and faden quartz. The aforementioned forms allow to attribute these veins to the Alpine type. Calcite generally occurs in the forms of aggregates. They form entirely carbonate or quartz-carbonate veins. Certain crystals are almost not fixed. Microscopically well-developed polysynthetic twins are distinctly observed on the calcite. According to the thickness of composition surface, in case of rocks characterized by low metamorphism, the studied calcites belong to the first and second types that are generally formed in nature within 150-300°C temperature interval.

Chlorites are represented by vermiculite-like worm-shaped crystals the thickness of which ranges within 0.05-0.08 mm. It forms crust on quartz crystals or it is represented by sprinkling and fills up voids in the quartz mass. As for classification according to mineral composition the chlorites belong to ferric-magnesia trioctahedral type. According to the temperature determination diagram for low temperature chlorites they are formed within 250-350°C temperature interval.

In the veins of the studied area feldspar group minerals are represented by rare segregations of albite in the quartz mass. Microscopically there was observed an incomplete development of plagioclase polysynthetic twins which end with sharpened endings; it points to high stress affecting the crystals.

The less developed are epidote group minerals creating certain districts in the quartz mass and the intergrowths - in free space or they are inter-grown in rock crystal. Both, chemical and X-ray diffraction analyses show that this mineral is represented by a variety of clinozoisite with low iron content.

Lots of dual-phase (gas-liquid) inclusions of various forms and sizes are represented in the crystals of rock crystal; they are developed along the zones of growth and at the intersection of the plane of growth. Visual-computational estimates show that the temperature of homogenization of inclusions ranged within 135-190°C, after correction according to pressure conditions $P = 1000\text{atm}$ the temperature of origin of gas-liquid inclusions was determined to be 210-265°C.

Geochemical study of the quartz veins and host rocks showed that quartz veins, with a few exceptions, completely displays the chemical composition of the host rocks.

The analyses of water solutions extracted from the quartz veins showed that mineral forming solutions are represented by cation complex of calcium, magnesium and sodium. As for anions there occur large quantity of bicarbonate and then there follow chloride solutions; the content of sulfate ions is the lowest.

As for spatial orientation most of the veins are oriented in south-western and north-eastern directions. The origin of south-western veins should be related to the systems of tension fractures and those of north-eastern direction are related to axial plane fractures.