

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გიორგი ბერიძე

ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკული მაგმური და
ვულკანოგენ-დანალექი წარმონაქმნების პეტროლოგია

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2016 წელი

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

ხელმძღვანელი: პროფესორი ნოდარ ფოფორაძე
გეოლ.მინერ.მეცნ. დოქტორი დავით შენგელია

რეცენზენტები: პროფესორი ბეკა თუბურაძე
ტყეპაძე შარენ კაკაბაძე

დაცვა შედგება 2016 წლის 4 აგვისტოს 15⁰⁰ საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური
ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის №53
სხდომაზე, კორპუსი III, აუდიტორია 308
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა – სტუ-ის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი

ასოც.პროფესორი ----- დ. თევზაძე

შესავალი

ბოლო წლებში მნიშვნელოვანი გეოლოგიურ-პეტროლოგიური სამუშაოები შესრულდა კავკასიის ალპურისწინა წარმონაქმნების შესასწავლად. მათ შორის ხრამის კრისტალური მასივისაც, რომელიც სხვა კრისტალურ მასივებთან ერთად, წარმოადგენს საუკეთესო პოლიგონს ხმელთაშუა ზღვის ნაოჭა სისტემის კრისტალური სუბსტრატის რიგი გეოლოგიური საკითხის გადაწყვეტისათვის.

ნაშრომის აქტუალობა: ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკულ გრანიტოიდებს მრავალი ქართველი და უცხოელი გეოლოგი სწავლობდა. ეს წარმონაქმნები, ძირულის მასივის გვიანვარისკულ გრანიტოიდებთან ერთად კარგადაა შესწავლილი კავკასიის ალპურისწინა გრანიტოიდებს შორის. უახლესი აპარატურის და კვლევის თანამედროვე მეთოდების გამოყენებამ (მინერალთა მიკროზონდული შესწავლა, პეტროგეოქიმიური ანალიტიკის ფართოდ გაშიფრვა, ცირკონის LA ICP MS U-Pb მეთოდით ქანების დათარიღება და სხ.) აქტუალურად წარმოაჩინა შესწავლილი ობიექტების კვლევა.

კვლევის მიზანი და ამოცანები: კვლევის მიზანია ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკული მაგმური და ვულკანოგენურ-დანალექი წარმონაქმნების გეოლოგიური და პეტრო-მინერალოგიური შესწავლა, რომლის განსახორციელებლად დავსახეთ შემდეგი ამოცანები:

1. ბიოტიტიან-რქატყუარიან-ალანიტიანი და ბიოტიტიან-გრანატიანი გრანიტების გამოსავლების კონტურების დაზუსტება მსხვილმასშტაბიან რუკაზე;
2. მაგმატიტების და ვულკანიტების პეტრო-მინერალოგიური შესწავლა;
3. მთავარი ქანმაშენი მინერალების და ავტორის მიერ მასივში დადგენილი ზონალური ალანიტისა და გრანატის მიკროზონდული შესწავლა;
4. ვულკანოგენურ-დანალექი წარმონაქმნების, კვარცპორფირების და გრანიტების ურთიერთდამოკიდებულების გარკვევა;
5. გვიანვარისკული გრანიტოიდული და ვულკანური ქანების გენეტური და გეოქიმიური ტიპიზაცია;

6. პეტროგეოქიმიური (მათ შორის იშვიათმიწა ელემენტების) ანალიტიკური მონაცემების შესწავლის საფუძველზე მაგმატიტების ფორმირების პეტროგენული და გეოდინამიკური მოდელების წარმოდგენა.

კვლევის მეცნიერული სიახლე: შესრულებული კვლევები მოიცავს საველე და ლაბორატორიული სამუშაოების ფართო სპექტრს. დაზუსტდა გვიანვარისკული გრანიტოიდების სახვადასხვა სახეობების გამოსავლების კონტურები; მოცემულია მათი დეტალური პეტროგრაფიული და მინერალოგიური დახასიათება. პირველად შესრულდა ალანიტის, გრანატის და კალიუმის მინდვრის შპატის მიკროზონდული კვლევები. გამოყოფილია გრანატის და ალანიტის ორი გენერაცია მაგმური და პოსტმაგმური.

დეტალური საველე სამუშაოების შედეგად დადგინდა გრანიტების, გრანიტპორფირების და კვარცპორფირების ჩამოყალიბების თანამიმდევრობა და ურთიერთდამოკიდებულება. პირველად იქნა შესრულებული გვიანვარისკული მაგმატიტების იშვიათმიწა ელემენტების განსაზღვრა, რომლის შედეგად მიღებულია ბევრი ახალი დასკვნა. დადგინდა გრანიტული მაგმის ფაზების თანამიმდევრობა. პირველად წარმოდგენილი იქნა მაგმატიტების და ვულკანიტების ფორმირების პეტროგენული და გეოდინამიკური მოდელები.

სადისერტაციო ნაშრომის მასალების მოპოვების მიზნით ავტორმა სამეცნიერო ხელმძღვანელებთან ერთად შეასრულა საველე-საექსპედიციო სამუშაოები ხრამის კრისტალური მასივის ფარგლებში. შესრულებულია გრანიტოიდების და ვულკანოგენ-დანალექი კომპლექსის ქანების დეტალური ჭრილები (მდინარეების - ხრამის, ჭოჭიანის, კლდეისის, ტარსენის, სულახის და ასლანურას ხეობებში).

კვლევის მეთოდика: შეგროვილ იქნა ნიმუშები მიკროსკოპული, მიკროზონდური, პეტრო-გეოქიმიური და იზოტოპურ-გეოქრონოლოგიური კვლევისათვის. საველე სამუშაოს დროს აღებულ იქნა 500 ნიმუშზე მეტი. დამზადებული და აღწერილია 600-მდე გამჭვირვალე თლილი. სადისერტაციო ნაშრომში შესულია ნიმუშების მიკროსკოპული და მაკროსკოპული ფოტომასალა.

კინგსტონის (ინგლისი), მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტის და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის გეოლოგიის დეპარტამენტის ლაბორატორი-

ებში შესრულებულია ქანების სრული სილიკატური, აგრეთვე იშიათი და იშვიათმიწა ელემენტების ანალიზები, რომელთა გამოყენებით თანამედროვე კომპიუტერული პროგრამების მეშვეობით აგებული და გაანალიზებულია პეტროქიმიური და იშვიათი და იშვიათმიწა ელემენტების დიაგრამები.

მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მიკროსპექტრული ანალიზის ლაბორატორიაში შესრულდა მთავარი ქანმაშენი მინერალების (გრანატის, ალანტიის და კალიუმის მინდვრის შპატის) მიკროზონდური კვლევა.

ტაივანის ნაციონალურ უნივერსიტეტის ლაბორატორიაში ცირკონების LA-ICP-MS U-Pb მეთოდით განსაზღვრულ იქნა გრანიტოიდების ასაკი.

ახალი ფაქტიური და უახლესი კვლევის მეთოდებისა (მიკროზონდული კვლევა, იშიათმიწა ელემენტების განსაზღვრა, ცირკონის LA ICP MS U-Pb მეთოდით ქანების დათარიღება) და თანამედროვე და კლასიკური დიაგრამების გამოყენებით შესრულებულია ქანების გეოქიმიური და გენეტიური ტიპიზაცია.

გამოყენების სფერო. ნაშრომში მოყვანილია მიკროზონდული და იშვიათმიწა ელემენტები, რომელიც პირველად იქნა შესრულებული ხრამის მასივის ფარგლებში. პირველად გამოიყო მასივის ამგები ქანების გენეტიური ტიპები და შეიქმნა ქანების ფორმირების გეოდინამიკური მოდელები. ნაშრომში განხილული საკითხები და გამოყენებული კვლევის თანამედროვე და კლასიკური კვლევის მეთოდები დაეხმარება გეოლოგიის დარგში მომუშავე მკვლევარებს საკითხების თანამედროვე დონეზე გაშუქებაში.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა: დისერტაცია შედგება შესავალის, 5 თავის, დასკვნისა და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისგან. ნაშრომი წარმოდგენილია 124 ნაბეჭდ გვერდზე, მათ შორის 51 ფოტოსურათი და 13 ცხრილისგან. გამოყენებული ლიტერატურის სია შედგება 104 გამოყენებულ ნაშრომისგან.

ნაშრომის ძირითადი შინაარსი

შესავალში დასაბუთებულია საკვლევი თემის აქტუალურობა და მნიშვნელობა. აღნიშნულია კვლევის მიზანი, გადმოცემულია დასახული სამუშაოს ძირითადი ამოცანები, ჩამოყალიბებულია შედეგები და სიახლე.

1. ხრამის კრისტალური მასივის ალპურისწინა

წარმონაქმნების გეოლოგიური შესწავლილობის ისტორია

ხრამის კრისტალური მასივი მიეკუთვნება შავი ზღვა-ცენტრალური ამიერკავკასიის ტერეინს და წარმოადგენს ართვინ-ბოლნისის ბელტის ჰორსტისებური აზეგების გადარეცხილ ნაწილს

ხრამის მასივის გეოლოგიური კვლევა XIX საუკუნის შუა წლებიდან იწყება. პირველი ცნობები მასივის შესახებ ზოგადი ხასიათისაა და მოცემულია ჯერ კიდევ ჰ.აბიხის შრომებში.

ხრამის კრისტალური მასივის შესწავლაში უდიდესი წვლილი მიუძღვით, როგორც ქართველ ასევე უცხოელ გეოლოგებს. მე-19 საუკუნიდან დღემდე აქ მუშაობდნენ გ.წულუკიძე, პ.გამყრელიძე, ბ.ბელიკოვი, ს.კუზნეცოვი, თ.ყაზახაშვილი, გ.ლოლაძე, მ.რუბენშტეინი, ა.ბელოვი, ნ.თათრიშვილი, გ.ზარიძე. ნ.სხირტლაძე, ვ.ედილაშვილი, შ.ადამია, ე.გამყრელიძე, დ.შენგელია, მ.ცხელიშვილი, ო.დუდაური, თ.ივანიცკი, თმგელიაშვილი, მ. კეკელია, ო.ხუციშვილი, რ.ღამბაშიძე თ.წუწუნავა, ს.კორიკოვსკი, ქ.თედლიაშვილი.

2. ხრამის კრისტალური მასივის გეოლოგიური აგებულება

ხრამის კრისტალური მასივის ალპურისწინა კრისტალური კომპლექსი წარმოდგენილია კამბრიულამდელი გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსით, ქვედა პალეოზოური მეტაგაბროებით, გვიანვარისკული მაგმური და ვულკანოგენურ-დანალექი წარმონაქმნებით, მცირე გავრცელებით სარგებლობს კამბრიულისწინა (?) სერპენტინიტები და მეტამორფიზმის დაბალი საფეხურის გვიანპალეოზოური ქვიშაქვები.

გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსი შიშვლდება ≈ 20 კმ² ფართობზე. იგი წარმოდგენილია ბიოტიტიან-კორდიერიტიანი პლაგიოგნეისებით, ბიოტიტიან-რქატყუარიანი კვარციანი დიორიტული გნეისებით და მიგმატიტებით, რომლებმაც ბიოტიტ-მუსკოვიტ გნეისურ და ბიოტიტ-სილიმანიტ-კალიშპატიანი ფაციესის პირობებში განიცადა კამბრიულისწინა რეგიონული მეტამორფიზმი.

მეტაგაბრო წარმოდგენილია 1-12 მ-ის სიმძლავრის შტოკისებრი სხეულებით. იგი დანაოჭების გვიანპერციინული ოროფაზის პირობებში მეტამორფიზებულია მწვანე ფიქლების ფაციესის პირობებში. აღნიშნება მისი ინტენსიური გაკვარცების, მიკროკლინიზაციის, ქლორიტიზაციის, აქტინოლიტიზაციის და ეპიდოტიზაციის პროცესები. ხრამის კრისტალური მასივის მეტაგაბრო თავისი პეტროგეოქიმიური პარამეტრებით სუბდუქციურ-მიკროკონტინენტული წარმონაქმნებია.

დადგენილია, რომ ბიოტიტიან-კორდიერიტიანი პლაგიოგნეისების საწყისი ქანები ვულკანოგენურ-დანალექი ქანებია, ხოლო ბიოტიტიან-რქატყუარიანი კვარც დიორიტული გნეისების კი – ფუძე მაგმური. ბიოტიტ-კორდიერიტიანი პლაგიოგნეისები მინერალურ-პეტროგრაფიული კლასიფიკაციით მიეკუთვნება კორდიერიტის შემცველ პერალუმინურ (CPG) ტიპს, ხოლო ბიოტიტიან-რქატყუარიანი კვარც-დიორიტული გნეისები - ამფიბოლურ კირ-ტუტე (ACG) ტიპს.

გვიანვარისკული გრანიტები ჰარპოლითური ინტრუზივია, რომელიც გნეისურ-მიგმატიტურ კომპლექსზეა განლაგებული. აღნიშნული გრანიტები ავტორის კვლევის ძრითადი ობიექტია. მისი შედგენილობა და წარმოშობის პირობები ქვევითაა განხილული.

სერპენტინიტების ლინზისებური სხეულის მცირე (≈ 20 მ²) ზომის გამოსავალი მდ.ჭოჭიანის ხეობაში გნეისურ-მიგმატიტურ კომპლექსშია განვითარებული. ქანში გვხვდება სერპენტინი, ტრემოლითი და ტალკი. საწყისი ქანის რელიქტები არ შეიმჩნევა. სერპენტინიტებისა და კვარც-დიორიტული გნეისების კონტაქტი ტექტონიკურია. კონტაქტის ზონები დანაოჭებულია,

გნეისების და სერპენტინირების ნატეხები თავისივე დამსხვრეული მასალით არის შეცემენტებული. შეიმჩნევა სხლეტვის სარკეები, რომლებიც სერპენტინიტებშიც არის განვითარებული.

მდ.ჭოჭიანის ხეობაში გნეისურ-მიგმატიტურ კომპლექსში განვითარებულია მცირე ზომის (≈ 50 მ²) სუსტად მეტამორფიზებული ქვიშაქვების ალოქტონური ფირფიტა. ისინი ანდეზიტურ-ბაზალტური შედგენილობის ვულკანური აქტიურობის, ასევე გრაუვაკული ქვიშაქვების ან ფსამიტური შედგენილობის პროდუქტებია.

3. ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკული გრანიტოიდების პეტროგრაფია

ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკული გრანიტოიდების ასაკი დამაჯერებლად არის დადგენილი U-Pb LA ICP MS ცირკონული მეთოდით. კერძოდ - ცირკონებში 27 წერტილოვანი ანლიზის მონაცემები მოიცავს $321-331 \pm 6.0$ მლნ.წლების პერიოდს.

ხრამის მასივის გვიანვარისკული გრანიტოიდები ოთხი სახესხვაობით არის წარმოდგენილი - ბიოტიტიანი-რქატყუარიანი-ალანიტიანი, ბიოტიტიანი და ბიოტიტიანი-გრანატიანი გრანიტებით და ალიასკიტებით.

3.1 ბიოტიტიანი გრანიტები და ალიასკიტები

ყველაზე ფართო გავრცელებით სარგებლობს ბიოტიტიანი გრანიტები. უფრო მცირე გავრცელებისაა ალიასკიტები და აპლიტები.

ბიოტიტიანი გრანიტების და ალიასკიტების მინერალური შედგენილობა შემდეგია: მთავარი ქანმაშენი მინერალებია კვარცი, კალიუმის მინდვრის შპატი, პლაგიოკლაზი, ბიოტიტი. მეორადი მინერალებია - ეპიდოტი ჯგუფის მინერალები, ქლორიტი, კალციტი, ერთეული სახით გვხვდება სკაპოლითი. აქცესორებია - ცირკონი, აპატიტი, სფენი, მონაციტი, ალანიტი (ორთიტი), ტურმალინი, ფლუორიტი, გრანატი, მაგნეტიტი, ჰემატიტი, ილმენიტი, რუტილი, სპოდუმენი, მოლიბდენიტი.

კვარცი ქსენომორფულია, ის იშვიათად ქმნის პეგმატიტურ სტრუქტურას კალიუმის მინდვრის შპატთან ერთად. კვარცის პროცენტული შემცველობა ფართო საზღვრებში მერყეობს 17,4%-დან 56,3%-მდე. იგი ორი გენერაციისა. პირველს ახასიათებს ტალღისებრი ჩაქრობა. მათი ზომა მერყეობს 0,5-0,8 მმ ფარგლებში. მეორე გენერაციის კვარცი წარმოდგენილია უსწორმასწორო ფორმის წვრილმარცვლოვანი აგრეგატის სახით. კალიუმის მინდვრის შპატი მესრიანი ან უმესრო ქსენომორფული გაპელიტებული მიკროკლინია. გვხვდება შედარებით საღი კრისტალებიც. სხვა მინერალებთან კონტაქტის ზონაში დაკბილულია და ძლიერ შეცვლილია. კალიშპატი თითქმის ყოველთვის გვამლევს პერტიტულ შენაზარდებს პლაგიოკლაზთან. პლაგიოკლაზი პორფირისებრი ალბიტ-ოლიგოკლაზია. კრისტალების ზომა 2 მმ-დეა. კრისტალთა უმრავლესობა ალბიტის კანონით არიან დამრჩობლილი. ბიოტიტიანი გრანიტებისა და ალიასკიტებისთვის დამახასიათებელია გასერიციტებული პლაგიოკლაზები. პლაგიოკლაზის მიკროკლინიზაციის პროცესთან დაკავშირებულია სკაპოლიტის გაჩენა. ბიოტიტის შემცველობა ალიასკიტებში 3%-მდეა, ხოლო ბიოტიტიან გრანიტებში 19,5%-ს აღწევს. იგი მოყვითალო-მომწვანოდან მუქ მწვანემდე, ზოგჯერ-მოყავისფრო შეფერილობისაა, მეტწილად გაქლორიტებული და გამუსკოვიტებულია.

3.2. ბიოტიტიან-რქატყუარიან-ალანიტიანი გრანიტები

ხრამის კრისტალურ მასივში ასევე ფართო გავრცელებით სარგებლობს ბიოტიტიან-რქატყუარიან-ალანიტიანი გრანიტები. მათი მინერალოგიური შედგენილობაა: მთავარი ქანმაშენი მინერალებია - კვარცი, კალიუმის მინდვრის შპატი, პლაგიოკლაზი, ბიოტიტი, ზოგჯერ ალანიტი, რქატყუარა; მეორადი მინერალებია - ეპიდოტის ჯგუფის მინერალები, კალციტი. აქცესორები - ცირკონი, აპატიტი, მონაციტი, სფენი, ტურმალინი, ფლუორიტი, გრანატი, შეელიტი, ქსენოტიმი, თორიტი.

კვარცი ქსენომორფული, საშუალო და წვრილმარცვლოვანია. მისი პროცენტული შემცველობა მერყეობს 20%-დან 30%-მდე. არც თუ ისე იშვი-

ათად იგი კალიუმის მინდვრის შპატთან ერთად გვამლევს პეგმატიტურ სტრუქტურას. კალიუმის მინდვრის შპატი წარმოდგენილია საკმაოდ მსხვილი უმესრო მიკროკლინით. იგი გაპელიტებულია. გვხვდება მისი პერტიტულ შენაზარდები პლაგიოკლაზთან. პლაგიოკლაზის პორფირისებრი გამონაყოფები წარმოდგენილია ალბიტ-ოლიგოკლაზით. მათი ზომა მერყეობს 2-3 მმ ფარგლებში. პლაგიოკლაზი დამრჩობლებულია ალბიტის და კარლსბადის კანონით. პლაგიოკლაზი კალიშპატთან ერთად ქმნის ანტიპერტიტებს, ხოლო მიკროკლინთან ქმნის მირმეკიტულ სტრუქტურას. ბიოტიტი გვხვდება მუქი მოყვითალო-მწვანე ფერის ფირფიტების სახით. იგი ძლიერ შეცვლილია: გაქლორიტებული და გამუსკოვიტებულია. გაქლორიტებულ ბიოტიტში გვხვდება აპატიტის, ცირკონის, ორთიტის და მაგნეტიტის ჩანართები. რქატყუარა მწვანე, მუქი მწვანე, ღია მწვანე იდიომორფული კრისტალებით არის წარმოდგენილი. იგი უპირატესად გაქლორიტებულია, ზოგჯერ მას აქტინოლიტიც ანაცვლებს.

ალანიტი გვხვდება ფირფიტისებური და კარგად გამოხატული პრიზმული კრისტალების სახით, ყავისფერ-მწვანე შეფერილობისაა. პეტრომინერალოგიური კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ბიოტიტიან-რქატყუარიან-ალანიტიან გრანიტებში გვხვდება მაგმური და ასევე პოსტმაგმური ალანიტი. მაგმური ალანიტისთვის დამახასიათებელია კარგად გამოხატული ზონალობა და მას ხშირად თან ახლავს მეორადი ეპიდოტის არშია. პოსტმაგმური ალანიტი კარგად განვითარებული მონოკრისტალების სახით არის წარმოდგენილი და ეპიდოტის ჯგუფის მინერალების პარაგენეტურია. ალანიტის წარმოშობა ბიოტიტიან, განსაკუთრებით ბიოტიტიან-რქატყუარიან გრანიტებში, გაპირობებულია გრანიტულ მაგმაში იშვიათმიწა ელემენტების დიდი რაოდენობით არსებობით, ასევე შემდგომ დიდი რაოდენობით ჰიდროთერმული კალციუმის შემოტანით.

ბიოტიტიან-რქატყუარიან-ალანიტიან გრანიტების ალანიტის მიკრო-
ზონდული კვლევით დადგინდა, რომ ის Ce_2O_3 , La_2O_3 და Nd_2O_3 მაღალი
შემცველობის სახეობაა (ბერიძე, 2015).

3.2.1. ალანიტის გენეზისი ბიოტიტიან-რქატყუარიან გრანიტებში

მიუხედავად ალანიტის ფართო გავრცელებისა საქართველოს მაგმატი-
ტებსა და მეტამორფიტებში მისი კვლევა საერთოდ არ ჩატარებულა. დაფიქ-
სირებულია მხოლოდ მისი გავრცელება ამა თუ იმ ქანში აქცესორული
მინერალის სახით.

ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკულ გრანიტების ალანიტის
მაგალითზე პირველად საქართველოს ფარგლებში შევასრულეთ მისი
დეტალური კვლევა. მიკროზონდული მონაცემებისა და გრანიტების
პეტროქიმიური შესწავლის საფუძველზე გამოვყავით ალანიტის გენეტიური
ტიპები. მისი ქიმიზმი შევადარეთ მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონის
გრანიტოიდების ალანიტებს.

ალანიტი ბიოტიტიან-რქატყუარიანი გრანიტების ქანთმაშნი მინერა-
ლია, სადაც გვხვდება მისი ფირფიტისებური და კარგად გამოხატული
პრიზმული კრისტალები ყავისფერ-მწვანე შეფერილობისაა. ზოგჯერ დამრ-
ჩობლილია. ალანიტი ჩანართის სახით გვხვდება ბიოტიტში, ზოგჯერ
გრანატში. ბიოტიტიან-რქატყუარიან გრანიტებში ორთიტის (ალანიტი)
შემცველობა ბევრად აღემატება მთლიანად გრანიტოიდებში ალანიტის
საშუალო შემცველობას - 756 გ/ტ, ცალკეულ შემთხვევაში 1,5%-ია.

შესწავლილი ალანიტების მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონის
გრანიტოიდების ალანიტებთან შედარებამ გვიჩვენა, რომ ხრამის მასივის
გრანიტოიდების ალანიტში მომატებულია სილიციუმის რაოდენობა, ძალზე
შემცირებულია ალუმინის შემცველობა და გაზრდილია რკინის რაოდენობა,
კალციუმის დაბალი შემცველობის ხარჯზე გაზრდილია იშვიათმიწები

(ცერიუმი), ხოლო ლანთანი და თორიუმი საერთოდ არ ფიქსირდება. აღნიშნული ალანიტები ცერიუმიან სახესხვაობას მიეკუთვნება.

3.3. გრანატიანი გრანიტები

გრანატიანი გრანიტების გამოსავლის ფართობი $\approx 1-1.5$ კმ²-ია.

გრანატიანი გრანიტები ლეიკოკრატული, მსხვილკრისტალური პორფირისებრი ქანია. ქანისთვის დამახასიათებელია მიკროპეგმატიტური სტრუქტურა. გამოირჩევა ორი სახესხვაობა მონაცრისფრო და მოვარდისფრო. მონაცრისფრო სახესხვაობაში გრანატი უფრო ფართო გავრცელებით საგებლობს.

გრანატიანი გრანიტების მთავარი ქანთმაშენი მინერალებია: კვარცი, კალიუმის მინდვრის შპატი, მჟავე პლაგიოკლაზი, ბიოტიტი, მუსკოვიტი და გრანატი; მეორადი მინერალებია - სერიციტი, ქლორიტი, ეპიდოტის ჯგუფის მინერალები, აქცესორები წარმოდგენილია - ცირკონით, აპატიტით, მონაციტით, სპორადული გავრცელებით სარგებლობს ალანიტი, მადნეული მინერალები - მაგნეტიტი, ილმენიტი, რუტილი.

კვარცი - მასიური და წვრილმარცვლოვანია, ახასიათებს ტალღისებური ჩაქრობა. კვარცი და კალიუმის მინდვრის შპატი ქმნის წერილობითი გრანიტის სტრუქტურას. კალიუმის მინდვრის შპატი წარმოდგენილია მიკროკლინით. ის გვხვდება თანაბარი ფორმის კრისტალების სახით, ზოგჯერ - მიკროძარღვების სახითაც. მიკროკლინს ზოგჯერ კარგად ემჩნევა ბადისებრი მრჩობლი, რომელიც ზოგჯერ სუსტად, ზოგ შემთხვევაში საერთოდ არ შეიმჩნევა. გვხვდება მისი როგორც სალი, ასევე გაპელიტებული მარცვლები. პლაგიოკლაზი ალბიტის და ალბიტ-ოლიგოკლაზის რიგისაა. წარმოდგენილია მასიური და პრიზმული კრისტალების სახით. უპირატესად დამრჩობლებულია პოლისინთეტურად. გვხვდება მისი როგორც სალი, ასევე გასერიციტებული კრისტალები. ბიოტიტი უპირატესად გაქლორიტებული და გამუსკოვიტებულია. სალი ბიოტიტი მოწითალო-ყავისფერი,

იშვიათად მუქი ყავისფერია. ბიოტიტში გვხვდება ცირკონი, აპატიტი და მადნეული მინერალები.

გრანატის შემცველობა მერყეობს 5-10%-მდე. იგი კარგად გამოხატული ტეტრაგონ-ტრიოქტაედრული კრისტალების სახისაა. მათი ზომა მერყეობს 2-10 მმ ფარგლებში. გრანატებში გვხვდება აპატიტის, ბიოტიტის, ცირკონის, ორთიტის ჩანართები.

3.3.1. გრანატის გენეზისის შესახებ ბიოტიტიან-გრანატიან გრანიტებში

ხრამის მასივის გვიანვარისკული გრანიტოიდების საწყისი, და შესაბამისად ყველაზე მაღალტემპერატურული ფაზა ბიოტიტიან-რქატყუარიანი სახეობით არის წარმოდგენილი. იგი მის მომყოლ ბიოტიტიან და ბიოტიტიან-გრანატიან სახესხვაობებთან შედარებით ნაკლები რაოდენობით შეიცავს SiO_2 და K_2O , და უფრო გამდიდრებულია FeO და MgO . გრანიტწარმოშობის პროცესი მთავრდება ალიასკიტური ფაზით, სადაც შესამჩნევად გაზრდილია SiO_2 რაოდენობა და შემცირებულია ფემური კომპონენტები.

გრანატი სპორადულად გვხვდება ბიოტიტიან-რქატყუარიან-ალანიტიან გრანიტებშიც.

აღინიშნება ხრამის მასივის გრანატიან გრანიტების გრანატის ასიმილაციური გენეზისი (ცხელიშვილი, 1974), რაც ჩვენი მონაცემებით არ დასტურდება (ბერიძე, 2015). კერძოდ, Al_2O_3 რაოდენობა გრანატიან გრანიტებში ისეთივეა, როგორც ბიოტიტიან-რქატყუარიან და ბიოტიტიან გრანიტებში; არ ფიქსირდება ჰიბრიდული გრანიტებისთვის დამახასიათებელი TiO_2 -ის მაღალი შემცველობა (0.5-0.69), ასევე - კონტამინირებულ გრანატებისთვის CaO მომატებული რაოდენობა, რომელიც 32.5 %, ხოლო არაკონტამინირებულში 0.7-45%-ია, მანგანუმის შემცველობა და სპესარტინული მოლეკულა 5%-მდე შემცირებულია.

გრანატის მიკროზონდული ანალიზისა და მისი მინალური შედგენილობის მონაცემებით კრისტალის ბირთვი პრაქტიკულად ჰომოგენურია, ხოლო გარე ზონა მკვეთრად ზონალურია. რკინის რაოდენობა ბირთვიდან პერიფერიისკენ უმნიშვნელოდ, ხოლო კალციუმის და მაგნიუმის - მკვეთრად კლებულობს, მანგანუმის კი მნიშვნელოვნად იზრდება. ალმანდინის შემცველობის ვარიაცია უმნიშვნელოა, ხოლო პიროპის და გროსულარის რაოდენობა ბირთვიდან პერიფერიისკენ მკვეთრდარ ეცემა, ხოლო სპესარტინის - იზრდება.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ ქანში არსებული პირველადი (მაგმური სტადიის) მაღალტემპერატურული პლაგიოკლაზები და კალიუმის მინდვრის შპატები პოსტმაგმურ სტადიაზე გარდაქმნილია დაბალტემპერატურულ მინერალებად (ალბიტი ანორთიტის 1% შემცველობით; მიკროკლინი 3% ალბიტის მოლეკულით) დავასკვნით, რომ გრანატის ბირთვი ჩამოყალიბდა მაგმურ სტადიაზე პარაგენეზისებში $Bt+Plg+Or+Grt+Qz$, ხოლო მისი პერიფერია - გრანიტული მაგმის გაციების პოსტმაგმურ სტადიაზე (სავარაუდოდ 450-500 °C პირობებში) პარაგენეზისში - $Ab+Mc+Grt+Qz\pm Ms$.

გრანატის ფორმირება მიმდინარეობდა ორ სტადიაზე: გრანიტული მაგმის კრისტალიზაციის პროცესსა და მის მომდევნო პოსტმაგმურ სტადიაზე და არ იყო დაკავშირებული ასიმილაციის პროცესთან, როგორც (ბერიძე, 2015).

3.4. გვიანპალეოზოური კვარცპორფირ-გრანიტპორფირები

კვარცპორფირებისა და ჰრანიტპორფირებს ხრამის მასივის მნიშვნელოვანი ფართობი უკავიათ. ისინი ქმნის მძლავრ სილისებრ სხეულებს და ჰიფსომეტრიულად ყველაზე უფრო მაღალ ნიშნულებს იკავებენ. მათი გამოსავლები შიშვლდება მდ.მდ. კლდეისის დ ასლანურას ხეობებში, სოფ.ქვემო ხარების, დაშბაშის, ახალიკის, ასევე მდ.ტარსენის ხეობაში და თევდორეს მთის მიდამოებში.

კვარცპორფირების და გრანიტპორფირების ქანთმაშენი მინერალებია: კვარცი, კალიუმის მინდვრის შპატი და პლაგიოკლაზი; აქცესორული მინერალები - ცირკონი, აპატიტი, მონაციტი, ტურმალინი, ფლორიტი, მაგნეტიტი, ჰემატიტი, თორიტი.

კვარცი წარმოდგენილია პორფირული და წვრილი კრისტალების სახით. ასევე იძლევა რადიალურ-სხივოსნურ აგრეგატებს. ახასიათებს ტალღისებური ჩაქრობა. კვარცის პროცენტული შემცველობა ფართო საზღვრებში მერყეობს 17,4%-დან 56,3%-მდე. ზომა - 0,01-0,8 მმ. კალიუმის მინდვრის შპატი გვხვდება პორფირული გამონაყოფების სახით და გაპელიტებულია, ასევე გვხვდება შედარებით საღი კრისტალებიც. სხვა მინერალებთან კონტაქტის ზონაში დაკბილულია და ძლიერ შეცვლილია. იძლევა რადიალურ-სხივოსნურ აგრეგატებს, გვხვდება ძირითად მასაშიც წვრილი კრისტალების სახით. პლაგიოკლაზი პორფირისებრი ალბიტი-ოლიგოკლაზია. კრისტალების ზომა 2 მმ-დეა. კრისტალთა უმრავლესობა ალბიტის კანონით არიან დამრჩობლილი. ხშირად გასერიციტებულია.

კვარცპორფირ-გრანიტპორფირები მინერალოგიურად და პეტროქიმიურად მსგავსია, მაგრამ ერთმანეთისგან განირჩევიან სტრუქტურული და ტექსტურული თავისებურებებით. ტექსტურულად ისინი გვამლევენ მიკრო და მსხვილმასშტაბიან ბრექჩიებს (ნატეხები და ცემენტი კვარც-პორფირული შედგენილობისა), ან ლაქებრივი და შრეებრივი ტექსტურით ხასიათდებიან. გარდა ამისა, კვარცპორფირები და გრანიტპორფირები გვხვდება მასიური, ლინზისებური და ასევე დაიკების სახით. ასევე ეს ქანები იკვეთება მრავალრიცხოვანი კვარციანი და უკვარცო ალბიტოფირების დაიკებით, რომლებიც შეცველი ქანისგან ფერით არ განირჩევა.

კვარცპორფირები და გრანიტპორფირები სივრცობრივად და პეტროქიმიურად მჭიდრო გენეტურ კავშირშია ზედაპალეოზოურ ვულკანოგენურ-დანალექ კომპლექსთან ე.წ. „ქვედა ტუფიტებთან“. დისკუსიურია აღნიშნული ქანების ასაკი და ურთიერთდამოკიდებულება.

3.5. ზედაპალეოზოური ვულკანოგენურ-დანალექი კომპლექსი (ქვედა ტუფიტები)

ზედაპალეოზოური ვულკანოგენურ-დანალექი კომპლექსი ფართოდ არის წარმოდგენილი ხრამის კრისტალური მასივის აღმოსავლეთ პერიფერიაზე. კომპლექსში ქვევიდან ზევით გამოიყოფა სამი ჰორიზონტი:

- 1 – კვარცპორფირებისა და გრანიტპორფირების ჰორიზონტი - 1000 მ;
- 2 – მეორადი კვარციტების ჰორიზონტი ≈ 120 მ;
- 3 – შრეებრივი ტუფებისა და ტუფობრექციების ჰორიზონტი, სილიციტების და არგილიტების შუაშრეებით და კირქვის ლინზებით - 700 მ, სადაც მარჯნებისა და ბრაქიოპოდების საშუალებით მათი ასაკი განსაზღვრულია როგორც შუა-ზედა კარბონული. ფაუნისტურად და ფლორის ნარჩენების მიხედვით ზედაპალეოზოური ვულკანოგენურ-დანალექი კომპლექსის ასაკობრივი დიაპაზონი ვიზეურიდან - ბაშკირულ სართულამდეა.

მინერალოგიური და პეტროქიმიური თვალსაზრისით ვულკანოგენურ-დანალექი კომპლექსი ერთგვაროვანია. მასში მონაწილეობას ლებულობს კვარცპორფირული შედგენილობის პიროკლასტოლითები: წვრილ- და საშუალოშრეებრივი, ხშირად გაკვარცებული ტუფიტები და ფერფლიანი ტუფები, უხეშშრეებრივი და მასიური ტუფობრექციები. პიროკლასტოლითებთან არც თუ ისე იშვიათად მორიგეობს ნახშირიანი ფიქლები, არგილიტები, სილიციტები, იშვიათად ქვიშაქვები და გრაველიტები.

4. ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკული მაგმური და ვულკანოგენურ-დანალექი წარმონაქმნების პეტროლოგია

4.1. გრანიტოიდების, კვარცპორფირების და ვულკანოგენური წარმონაქმნების შედარებითი დახასიათება

ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკული გრანიტოიდების, გვიანპალეოზოური კვარცპორფირების და გვიანპალეოზოური ვულკანოგენურ-დანალექი კომპლექსის („ქვედა ტუფიტები-ს“) ქიმიური და იშვიათმიწა ელემენტების შემცველობის მონაცემების საშუალებით მიღებულია რიგი ახალი შედეგი.

ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკული გრანიტოიდები მიეკუთვნება მაღალთიხამიწიან კირ-ტუტე სერიის ქანებს. ისინი უპირატესად წარმოდგენილია I ტიპის გრანიტოიდებით, ალიასკიტები და კვარცპორფირები შეესაბამება A ტიპს, ხოლო ტუფიტები - S და ნაწილობრივ I ტიპს პასუხობს. ფორმირების გეოდინამიკური პირობების მიხედვით ბიოტიტიანი გრანიტოიდების ჩამოყალიბება IAG+CAG+CCG და RRG+CEUG/POG, გრანატის შემცველი გრანიტოიდების IAG+CAG+CCG/POG და RRG+CEUG/POG, ბიოტიტ-რქატყუარა-ალანტიანი გრანიტოიდების - IAG+CAG+CCG და RRG+CEUG/POG, ალიასკიტების - RRG+CEUG/POG, კვარცპორფირების და ტუფიტების - RRG+CEUG/PO – გენეტურ ტიპებს შეესაბამება. პეტროგეოქიმიური მონაცემებით გვიანვარისკული გრანიტოიდების საწყისი მაგმა ქერქის ზედა და ქვედა ნაწილების გამყოფ საზღვართან ჩამოყალიბდა, სადაც დიდი როლი ითმავს ქერქის ზედა ნაწილის ქანებმა, ხოლო კვარცპორფირ-გრანიტპორფირები, ისინი შედარებით ქერქის ზედა ნაწილის ზედა ჰორიზონტში ჩამოყალიბდა, (ბერიძე, 2015).

4.2. გრანიტოიდების გეოქიმიური, გენეტური და გეოდინამიკური ტიპიზაცია

ხრამის კრისტალური მასივის ბიოტიტიანი, გრანატიანი და ბიოტიტიან-რქატყუარიანი გრანიტოიდები SiO_2 და Al_2O_3 % შემცველობის და ტუტეების ჯამის მიხედვით კირ-ტუტე გრანიტოიდების რიგს მიეკუთვნება. გრანიტოიდებში მაღალია ჯამური რკინის შემცველობა, რაც შეიძლება დავუკავშიროთ გრანიტოიდების მეორად პროცესებს, ასევე მასივზე რკინის გამადნებების გამოვლინებას.

ბიოტიტიან გრანიტებში Rb და Sr შემცველობა ძალზე დაბალია და ისინი ანდეზიტური რიგის გრანიტოიდებისკენ იხრება, ხოლო Ba, Pb და Zn შემცველობის მიხედვით კირ-ტუტე გრანიტოიდების (გრანოდიორიტები) რიგს მიეკუთვნება. Nb რაოდენობის მიხედვით ისინი ანდეზიტური რიგის გრანიტოიდებს ეთანადება, ხოლო Ni შემცველობის მიხედვით კი ლატიტური რიგის გრანიტოიდებს, მიეკუთვნებიან. Ba/Rb თანაფარდობის მიხედვით ხრამის კრისტალური მასივის გრანიტოიდები ულტრამეტამორფული რიგის გრანიტოიდებს შეესაბამება.

პეტროგეოქიმიური მონაცემების მიხედვით გვიანვარისკული გრანიტოიდები მაღალთიხამიწიანი კირ-ტუტე სერიის ქანებია, ხოლო იშვიათი და იშვიათმიწა ელემენტების შემცველობის და გენეტური ტიპიზაციის მიხედვით ისინი უპირატესად I, ნაწილობრივ S ტიპის გრანიტოიდებით არის წარმოდგენილი, მხოლოდ ალიასკიტები მიეკუთვნება A ტიპს და ზედა ქერქულ წარმონაქმნებს შეესაბამება. გვიანვარისკული გრანიტები მინერალური ასოციაციების, პეტროგრაფიული შედგენილობის, პეტროგენული ელემენტების მახასიათებლების, გენეზისის და ფორმირების გეოდინამიკური პირობების ტიპიზაციის მიხედვით გარდამავალია MPG (მუსკოვიტის შემცველი პერალუმინიანი) და ACG (ამფიბოლიანი კირ-ტუტე) ტიპებს შორის.

5. ხრამის კრისტალური მასივის ალპურისწინა წარმონაქმნების ფორმირების თანმიმდევრობა

ხრამის მასივის ამგები ალპურისწინა წარმონაქმნების ფორმირების თანმიმდევრობა გეოლოგიურ-პეტროლოგიური და გეოქრონოლოგიური მონაცემების გათვალისწინებით, შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ შემდეგნაირად: მასივის უძველეს წარმონაქმნებია გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსი (ბიოტიტან-კორდიერიტიანი პლაგიოგნეისები, ბიოტიტან-რქატყუარიანი კვარციანი დიორიტული ორთოგნეისები და პლაგიომიგმატიტები). K-Ar მეთოდით მათი დათარიღება გვაძლევს გაახალგაზრდავებულ (166 ± 12 ; 182 ± 13 მლნ.წელი) ან უფრო ძველ ციფრებს -328 ± 10 მლნ.წელი, რაც შეესაბამება შუა კარბონს. ასეთივე ასაკისაა კომპლექსის გამკვეთი გრანიტოიდული კომპლექსის პოსტმეტამორფული ქანები. ცხადია „გაახალგაზრდავება“ სწორედ ამ გრანიტებს უკავშირდება. ხრამის კრისტალური მასივის გნეისების საწყისი ქანების ასაკს ძირულის კრისტალური მასივის გნეისების ანალოგია. ახალი მონაცემებით გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსი პროტეროზოულია. თუ გავითვალისწინებთ, რომ გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსი იკვეთება ადრევარისკულისწინა გაბროს და გვიანვარისკული გრანიტების სხეულებით, ამავე დროს გაბროს განცდილი არ აქვს პროგრადული მაღალტემპერატურული რეგიონული მეტამორფიზმი, სავარაუდოდ გნეისური კომპლექსის პროგრადული რეგიონული მეტამორფიზმის ასაკი ადრეპალეოზოური-კამბრიულისწინაა. ამ საკითხს შემდგომ განვიხილავთ უახლოეს იზოტოპურ-გეოქრონოლოგიური მონაცემების გათვალისწინებით. გვიანვარისკული გრანიტებს ზეგავლენით გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსი განიცდის ინტენსიურ მიგმატიტიზაციას და რეტროგრადული გარდაქმნებს მწვანე ფიქლების ფაციესის პირობებში. როგორც აღვნიშნეთ გნეისურ-მიგმატიტურ კომპლექსში განვითარებულ მასიურ გაბროს განცდილი აქვს გვიანვარისკული გრანიტების გავლენა, მაგრამ არ შეხება მაღალტემპერატურული ვარისკულამდელი ბიოტიტან-მუსკოვიტიანი გნეისებისა და ბიოტიტ-სილიმანიტური ფაციესის რეგიონუ-

ლი მეტამორფიზმი, რომელიც განიცადა გნეისურ-მიგმატიტურ კომპლექსმა. ამავე დროს, გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსის მსგავსად, გაბროს განცდილი აქვთ გვიანვარისკული მწვანე ფიქლების ფაციესის მეტამორფიზმი. ასე რომ, გაბროს ასაკი – გვიანვარისკულამდელი, ხოლო მისი დაბალტემპერატურული რეგიონული მეტამორფიზმის ასაკი შეესაბამება ტექტოგენეზის სუდეტურ ფაზისს.

ხრამის კრისტალური მასივის პერიფერიებზე განვითარებულია ფაუნისტურად დათარიღებული ვულკანოგენურ-დანალექი კომპლექსის ქანები ე.წ. „ქვედა ტუფოტები“, რომლის ასაკი ქვედა ვიზეურიდან ბაშკირულის დასასრულს შეესაბამება. ამავე დროს მონაკვეთს მოიცავს ბიოტიტიანი გრანიტების გამკვეთი კვარცპორფირებისა და გრანიტპორფირების ასაკი, რომელთა ასაკის ზედა საზღვარი ვერ იქნება ზედა ვიზეურზე ახალგაზრდა. K-Ar მეთოდით დათარიღებული პოსტმეტამორფული გრანიტების ასაკი - 326 ± 7 და 323 ± 6 მლნ.წელი, რომელიც შეესაბამება ადრე კარბონულს. ეს არის გრანიტების ფორმირების რეალური ასაკი. ამ მოსაზრებას ამყარებს აგრეძვე ძირულის და ხრამის მასვების პოსტმეტამორფული გრანიტების პეტრომინერალოგიური და პეტროქიმიური მსგავსება.

დასკვნები

- ხრამის კრისტალური მასივის უდიდესი ნაწილი წარმოდგენილია ავტოქტონური გვიანპროტეროზოული გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსის ქანებით, გვიანვარის-კული გრანიტოიდებით, კვარცპორფირებით, გრანიტპორფირებით და ფაუნისტურად დათარიღებული (ქვედა ვიზეურ-ბაშკირული) ვულკანოგენურ-დანალექი კომპლექსის ქანებით ე.წ. - „ქვედა ტუფიტებით“. მასივის ფარგლებში მეტად დამორჩილებული რაოდენობით გვხვდება ალექტონური სერპენტინიტების და ანქიმეტამორფიზმის საფეხურის ქვიშაქვები.
- ხრამის მასივის გვიანვარისკულ გრანიტოიდებს შორის გამოიყოფა: ბიოტიტიანი, ბიოტიტიან-რქატყუარიან-ალანიტიანი და გრანატიანი გრანიტები და ალიასკიტები.
- ავტორის მიერ ტარსენის ხეობაში დაფიქსირებულია გრანიტპორფირების საკმაოდ მძლავრი ზომის გამკვეთი სხეულები, რომელიც აქამდე რუკაზე არ აღინიშნებოდა. აღნიშნული ქანები კვეთს გრანიტებს, რომელიც ასევე იკვეთება კვარცპორფირების დაიკებით და ძარღვებით. ასევე კლედისის ხეობაში პირველად დაფიქსირებულია კვარცპორფირებში გრანიტული ქსენოლითები და კვარცპორფირების მიერ ტუფიტების გაკვეთა, რაც აღნიშნული ქანების გეოლოგიურ ასაკს უფრო აზუსტებს.
- ბიოტიტიანი გრანიტოიდების მთავარი ქანმამშენი მინერალებია - კვარცი, კალიუმის მინდვრის შპატი (მიკროკლინი), მჟავე პლაგიოკლაზი და ბიოტიტი. ბიოტიტიან-რქატყუარიან-ალანიტიანი გრანიტებისთვის გარდა ზემოთ დასახელებული მინერალებისა დამახასიათებელია რქატყუარა და ალანიტი. გრანატიან გრანიტებში ბიოტიტიანი გრანიტებისგან განსხვავებით გვხვდება ქანმამშენი მინერალი ალმანდინური გრანატი.
- პეტრომინერალოგიური კვლევის შედეგად გაირკვა, რომ ბიოტიტიან-გრანატიან გრანიტებში გრანატის ფორმირება მიმდინარეობდა ორ სტადიაზე: გრანიტული მაგმის კრისტალიზაციის პროცესსა და მის მომდევნო პოსტმაგმურ სტადიაზე და არ იყო დაკავშირებული ასიმილაციის მოვლენებთან.
- მინერალოგიური და პეტროქიმიური თვალსაზრისით ვულკანოგენურ-დანალექი კომპლექსის ქანები ერთგვაროვანია; იგი წარმოდგენილია კვარცპორფირული შედგენილობის წვრილ- და საშუალოშრეებრივი პიროკლასტოლითებით: გაკვარცებული ტუფიტებით და ფერფლიანი ტუფებით, ასევე სქელშრეებრივი და მასიური ტუფობრექციები.

- ხრამის კრისტალური მასივის ბიოტიტიან-რქატყუარიანი გრანიტებში ალანიტის მიკროზონდული შესწავლის შედეგად დადგინდა, რომ ალანიტი წარმოდგენილია Ce_2O_3 , La_2O_3 და Nd_2O_3 მაღალი შემცველობის სახეობით. ალანიტის და მისი შემცავი ქანების კომპლექსურმა შესწავლამ გვიჩვენა, რომ მისი წარმოშობა განპირობებულია გრანიტულ მაგმაში იშვიათმიწა ელემენტების დიდი რაოდენობით კონცენტრაციით, ასევე ჰიდროთერმული ხსნარებით კალციუმის შემოტანით.
- გრანატის მიკროზონდულმა კვლევამ გვიჩვენა, რომ მისი კრისტალის ბირთვი პრაქტიკულად ჰომოგენურია, ხოლო გარე ზონა მკვეთრად ზონალურია, სადაც რკინის რაოდენობა ბირთვიდან პერიფერიისკენ უმნიშვნელოდ, ხოლო კალციუმის და მაგნიუმის - მკვეთრად კლებულობს, მანგანუმის კი - მნიშვნელოვნად იზრდება. ალმანდინის შემცველობის ვარიაცია უმნიშვნელოა, ხოლო პიროპის და გროსულარის რაოდენობა ბირთვიდან პერიფერიისკენ მკვეთრდარ ეცემა, ხოლო სპესარტინის - იზრდება. რადგან, ხრამის კრისტალური მასივის გრანიტოიდებში პირველადი (მაგმური სტადიის) მაღალტემპერატურული პლაგიოკლაზი და კალიუმის მინდვრის შპატი პოსტმაგმურ სტადიაზე გარდაქმნილია დაბალტემპერატურულ მინერალებად (ალბიტი ანორთიტის 1% შემცველობით; მიკროკლინი 3% ალბიტის მოლეკულით) დავასკვნით, რომ გრანატის ბირთვი ჩამოყალიბებულია მაგმურ სტადიაზე პარაგენეზისებში $Bt+Plg+Ort+Grt+Qz$, ხოლო მისი პერიფერია გრანიტული მაგმის გაციების პოსტმაგმურ სტადიაზე (სავარაუდოდ $450-500\text{ }^{\circ}C$ პირობებში) პარაგენეზისში - $Ab+Mc+Grt+Qz\pm Ms$. ამრიგად, გრანატის ფორმირება მიმდინარეობდა ორ სტადიაზე: გრანიტული მაგმის კრისტალიზაციის პროცესსა და მის მომდევნო პოსტმაგმურ სტადიაზე და არ იყო დაკავშირებული ასიმილაციის პროცესთან.
- მინერალების მიკროზონდული კვლევის საფუძველზე დადგინდა, რომ ხრამის მასივის გვიანვარისკული გრანიტოიდების საწყისი, და შესაბამისად ყველაზე მაღალტემპერატურული ფაზა ბიოტიტ-რქატყუარიანი სახეობით არის წარმოდგენილი. იგი მის მომყოლ ბიოტიტიან და ბიოტიტ-გრანატიან სახესხვაობებთან შედარებით ნაკლები რაოდენობით შეიცავს SiO_2 და K_2O , და უფრო გამდიდრებულია FeO და MgO . გრანიტწარმოშობის პროცესი მთავრდება ალიასკიტური ფაზით, სადაც შესამჩნევად გაზრდილია SiO_2 რაოდენობა და შემცირებულია ფემური კომპონენტები.

- ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკული გრანიტოიდები მიეკუთვნება მაღალთიხამიწიან კირ-ტუტე სერიის ქანებს; იშვიათი და იშვიათმიწა ელემენტების შემცველობის და გენეტური ტიპიზაციის მიხედვით კი უპირატესად წარმოდგენილია I ტიპის გრანიტოიდებით, ალიასკიტები და კვარცპორფირები A ტიპის, ხოლო ტუფიტები S და ნაწილობრივ I ტიპს პასუხობს. ფორმირების გეოდინამიკური პირობების მიხედვით ბიოტიტიანი გრანიტოიდების ჩამოყალიბება IAG+CAG+CCG და RRG+CEUG/POG, გრანატის შემცველი გრანიტოიდების IAG+CAG+CCG/POG და RRG+CEUG/POG, ბიოტიტიან-რქატყუარიან-ალანიტიანი გრანიტოიდების IAG+CAG+CCG და RRG+CEUG/POG, ალიასკიტების RRG+CEUG/POG, კვარცპორფირების და ტუფიტების RRG+CEUG/PO – შეესაბამება. გვიანვარისკული გრანიტოიდების საწყისი მაგმა დედამიწის ქერქის ზედა და ქვედა ნაწილების გამყოფ საზღვართან ჩამოყალიბდა, სადაც დიდი როლი ითამაშა ქერქის ზედა ნაწილის ქანებმა, ხოლო რაც შეეხება კვარცპორფირ-გრანიტპორფირებს, ისინი შედარებით ქერქის ზედა ნაწილის ზედა ჰორიზონტში ჩამოყალიბდა, რაზეც მიუთითებს Rb/Sr (0,30-0,44) ფარდობაც.
- ხრამის კრისტალური მასივის ბიოტიტიანი, გრანატისანი და ბიოტიტიან-რქატყუარიანი გრანიტოიდები SiO₂ და Al₂O₃ % შემცველობის და ტუტეების ჯამის მიხედვით კირ-ტუტე გრანიტოიდების რიგს მიეკუთვნება. გრანიტოიდებში მაღალია რკინის ჯამური შემცველობა, რაც შეიძლება დავუკავშიროთ გრანიტოიდების პოსტმაგმურ პროცესებს, ასევე მასივზე რკინის გამადნებების გამოვლინებას.
- იშვიათი და იშვიათმიწა ელემენტების განაწილების მიხედვით ბიოტიტიან გრანიტებში Rb და Sr შემცველობა ძალზე დაბალია და ისინი ანდეზიტური რიგის გრანიტოიდებისკენ იხრება; Ba შემცველობის მიხედვით კირ-ტუტე გრანიტოიდების (გრანოდორიტები) რიგს მიეკუთვნება; Pb შემცველობის მიხედვით - კირ-ტუტე გრანიტოიდების რიგს შეესაბამება. Ba/Rb თანაფარდობის მიხედვით ხრამის კრისტალური მასივის გრანიტოიდები ულტრამეტამორფული რიგის გრანიტოიდებს შეესაბამება.
- გვიანვარისკული გრანიტები მინერალური ასოციაციების, პეტროგრაფიული შედგენილობის, პეტროგენული ელემენტების მახასიათებლების, გენეზისის და ფორმირების გეოდინამიკური პირობების ტიპიზაციის მიხედვით მიეკუთვნება

მაღალ თიხამიწინ კირ-ტუტე სერიის ქანებს და გარდამავალია MPG (მუსკოვიტის შემცველი პერალუმინიანი) და ACG (ამფიბოლიანი კირ-ტუტე) ტიპებს შორის.

აპრობაცია

სადისერტაციო მასალები განხილული იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 81-ე ღია ტექნიკურ კონფერენციაზე, სემინარებასა და კოლოკვიუმებზე.

სადისერტაციო ნაშრომთან დაკავშირებული კვლევის შედეგები წარმოდგენილ იქნა ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ალექსანდრე ჯანელიძის გეოლოგიის ინსტიტუტის სამეცნიერო სემინარებზე.

პუბლიკაციები

1. ქ.თედლიაშვილი, ნ.კვახაძე, ნ.მაისურაძე, გ.ბერიძე. შავი ზღვა-ცენტრალური ამიერკავკასიის ტერიენის გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსების შედარებითი დახასიათება. მეცნიერება და ტექნოლოგიები, 2012, №1-3, გვ. 30-38.
2. გ.ბერიძე, ქ.თედლიაშვილი, ი.ჯავახიშვილი. ხრამის კრისტალური მასივის კამბრიულისწინა გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსისა და სუდეტური გრანიტოიდების კალიუმის მინდვრის შპატების გენეტური ტიპები. მეცნიერება და ტექნოლოგიები, 2015, №3(720), გვ. 87-95.
3. გ.ბერიძე. ალანტი ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკულ გრანიტებში. თსუ-ის ალ. ჯანელიძის გეოლოგიის ინსტიტუტის შრომები, 2015, ახალი სერია, ნაკვ. 127. გვ. 155-159.
4. გ.ბერიძე. ახალი მონაცემები ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკული გრანატიანი გრანიტების გრანატების შესახებ. მეცნიერება და ტექნოლოგიები, 2015, №1(718), გვ. 43-48.
5. გ.ბერიძე, ნ.მაისურაძე, ქ.თედლიაშვილი. ახალი პეტროგეოქიმიური მონაცემები ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკული გრანიტოიდების შესახებ. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები, 2011, №4(482), გვ. 28-31.
6. გ.ბერიძე, ქ.თედლიაშვილი, ქ.ვარდანაშვილი. ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკული გრანიტების, კვარცპორფირ-გრანიტპორფირების და ზედაპალეოზოური ვულკანოგენური წარმონაქმნების პეტროქიმია, გენეტური ტიპები და ფორმირების გეოდინამიკური პირობები. თსუ-ის ალ. ჯანელიძის გეოლოგიის ინსტიტუტის შრომები, 2015, ახალი სერია, ნაკვ. 127. გვ. 147-155.
7. გ.ბერიძე. ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკული გრანიტების გენეტური ტიპიზაცია. საქართველოს მინერალოგიური საზოგადოება, სმეცნიერო-ორაქტიკული კონფერენციის შრომათა კრებული. 2015. გვ. 15-21.
8. **G. Beridze, K . Tedliashvili.** New data about regional metamorphism and magmatism of Khrami crystalline massif (the Caucasus, Georgia). Abstract Volume 10th Swiss Geoscience Meeting Bern, 16th – 17th November 2012.
9. **G. beridze, I.Shubitidze, K.tedliashvili.** Comparative characteristic of Pre-alpine Formation Dzirula and Khrami crystalline massif. 1ST International CATM Conference . Tbilisi Georgia. 2013.
10. **G. beridze.** Allanite of late variscan granites of the Khrami crystalline massif (Georgia). The 5Rd international scientific conference of young scientists and students: „Fundamental

and applied geological science: Achievements, prospects, problems and ways of the solutions”. Baku, Azerbaijan. 2013.

11. **G. beridze. Genetic Types of Late Variscan Granites of the Khrami Crystalline Massif.** VI INTERNATIONAL CONFERENCE OF YOUNG SCIENTISTS & STUDENTS, “MULTIDISCIPLINARY APPROACH TO SOLVING PROBLEMS OF GEOLOGY AND GEOPHYSICS” Dedicated to the 70th anniversary of Azerbaijan National Academy of Sciences. Baku, Azerbaijan. 2015.
12. გ.ბერიძე. ახალი მონაცემები ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკული გრანიტების ალანიტის შესახებ. სტუ-ის 81-ე ღია ტექნიკური კონფერენცია. 2013. გვ. 85-86.

Abstract

Petrology of Late Variscan Magmatic and Volcanogenic-Sedimentary Formations of the Khrami Crystalline Massif

In the recent years for studying the pre-Alpine formations of the Caucasus, including the Khrami crystalline massif that along with other crystalline massifs is the best polygon for solving some questions of the crystalline basement of the Mediterranean fold system, important geological-petrologic researches have been carried out.

Late Variscan granitoids of the Khrami crystalline massif were studied by many scientists. These formations along with granitoids of the Dzirula crystalline massif are well studied among the pre-Alpine granitoids of the Caucasia. The use of the latest equipment and up-to-date methods of researches (microprobe analyses of minerals, deciphering of petrologic-geochemical analytics, LA ICP MS U-Pb zircon dating, etc) established the actuality of investigation of the study object.

The goal of research is geological and petro-mineralogical study of the Late Variscan magmatic and volcanogenic-sedimentary formations of the Khrami crystalline massif. For its implementation we have set the following tasks:

1. Mapping of exposures of biotite-hornblende and biotite-garnet bearing granites on a large scale map;
2. Establishment of interrelation between volcanogenic-sedimentary formations, quartz-porphyrines and granites;
3. Petro-mineralogical study of magmatites and volcanites;
4. Microprobe analyses of main rock-building minerals and of zonal allanite and garnet established in the massif by the author;
5. Genetic and geochemical typification of Late Variscan granitoid and volcanic rocks;
6. Presentation of petrogenetic and geodynamic models of magmatite-formation based on the analysis of petrogeochemical analytical data (including REE).

In order to obtain material for doctoral dissertation the author together with the scientific adviser had carried out field works within the limits of the Khrami crystalline massif. The detailed sections of granitoids and volcanic-sedimentary rocks (along the Khrami, Chochiani, Kldeisi, Tarseni, sulakhi and Aslanura river gorges) are produced. The outlines of exposures of Late Variscan granitoids in different valleys

have been specified and detailed petrographic and mineralogical characteristics presented.

The number of samples collected for microscopic, microprobe, petrologic-geochemical and isotope-geochronologic researches exceed 500. About 600 thin sections are prepared and described. The dissertation contains microscopic and macroscopic photo material of the samples.

As a result of detailed field activities succession of granites, granite porphyries and quartz porphyries formation and their interrelation are established.

Microprobe analyses of allanites, garnets and K-feldspar are carried out for the first time. Two generations (magmatic and postmagmatic) of garnet and allanite are established.

Determination of REE of Late Variscan magmatic formations was performed for the first time and due to it many new conclusions are drawn. Petrogenetic and geodynamic models of magmatites and volcanites formation are also presented for the first time.

Total silicate analysis of rocks was performed in Kingston (England) University, Moscow State University and in the laboratories of Geological Department of Tbilisi Technical University. The Re and REE analyses and microprobe analyses of main rock-building minerals (garnet, allanite and K-feldspar) in the pre-Alpine formations of the Khrami crystalline massive were carried out for the first time. Using these data and modern computer programs petrochemical diagrams are constructed and analyzed.

In the laboratory of Taiwan National University the granitoid age was determined by LA-ICP-MS U-Pb zircon dating.

The greater part of the Khrami crystalline massif is represented by the rocks of autochthonous Late Proterozoic gneiss-migmatitic complex, Late Variscan granitoids, quartz porphyries, granite porphyries and faunally dated (Lower Visean-Bashkirian) rocks of the volcanic-sedimentary complex, so called – “lower tuffites”. Within the limits of the massif allochthonous serpentinites and sandstones of the stage of anchimetamorphism are observed in lesser quantities.

Among the Late Variscan granitoids of the Khrami massif biotite-, biotite-hornblende-allanite-, garnet-bearing granites and alaskites are distinguished.

The main rock-building minerals in biotite-bearing granitoids are represented by quartz, K-feldspar (microcline), acid plagioclase and biotite. Hornblende and allanite along with the above-mentioned minerals are characteristic of biotite-hornblende-

allanite-bearing granites. In garnet-bearing granites, unlike the biotite-bearing granites, a rock-building mineral – iron-aluminium garnet is recorded.

Petro-mineralogical researches established that garnet formation in biotitic-garnet bearing granites took place at two stages (during the magma crystallization and at the following postmagmatic stage). It was not connected with assimilation processes as it was considered earlier.

Rather thick cutting bodies of granite porphyries that were not still plotted on the map we have established in the Tarseni valley. The mentioned rocks cut granites that are cut by quartz porphyry dykes and veins.

From mineralogical and petro-chemical view point the rocks of volcanogenic-sedimentary complex are homogeneous. The complex is built up of pyroclastolithes of quartz porphyry composition: thin- and medium-layered, often with silicified tuffs and ash-bearing tuffs, thick-layered and massive tuff-breccias.

Microprobe analyses of allanites in biotite-hornblende bearing granites of the Khrami crystalline massif show that allanite is represented by the variety with high Ce_2O_3 , La_2O_3 and Nd_2O_3 content. Integrated study of allanite and its host rocks established that its generation is induced by high REE concentration in granite magma and the delivery of Ca by hydrothermal solutions.

Late Variscan granitoids of the Khrami crystalline massif belong to the rocks of high aluminous calc-alkaline series, which according to Re and REE content and genetic typification predominantly by I type granitoids are represented, while alaskites and quartz porphyries belong to A type, tuffs correspond to S and partially to I type. According to geodynamic conditions formation of biotite-bearing granitoids correspond to IAG+CAG+CCG and RRG+CEUG/POG, garnet-bearing granitoids to IAG+CAG+CCG/POG and RRG+CEUG/POG, biotite-hornblende-allanite bearing ones to IAG+CAG+CCG and RRG+CEUG/POG, alaskite formation correspond to RRG+CEUG/POG, quartz porphyries and tuffs to RRG+CEUG/PO. Initial magma of Late Variscan granitoids formed near the boundary between the upper and lower parts of the Earth's crust where the rocks of the upper crust played a significant part. Quartz porphyry-granite porphyries formed in upper horizons of the upper crust that is verified with Rb/Sr relation.

Biotite-, garnet- and biotite-hornblende bearing granitoids of the Khrami crystalline massif belong to calc-alkali granitoid series according to SiO_2 and Al_2O_3 percentage and total sum of alkalis. Total content of iron in granitoids is high, that we

can involve with the secondary processes of granitoids and with iron mineralization display on the massif.

By the Re and REE distribution in biotite-bearing granites Rb and Sr content is very low and they tend to granitoids of andesitic series; by Ba content they belong to calc-alkali granitoid (granodiorites) series and by Pb content correspond to the granitoids of calc-alkaline series.

According to Ba/Rb relation granitoids of the Khrami crystalline massif belong to granitoids of ultrametamorphic series.

Late Variscan granites according to mineral associations, petrographic content, petrogenetic element characteristics, genesis and typification of geodynamic conditions of their formation belong to the rocks of high aluminous calc-alkali series and are transitive between the MPG (muscovite bearing prealuminium) and ACG (amphibole-bearing calc-alkali) types.