

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

პროგრამა: პეტროლოგია-გულკანოლოგია

დოქტორანტი: ქეთევან თედლიაშვილი

III კურსი

ხრამის კრისტალური მასივის გნეისურ-მიგმატიტური

კომპლექსის პეტროლოგია

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

2013 წელი

სარჩევი:

1. ლიტერატურული მიმოხილვა	3
2. კვლევის მიზანი და ამოცანები.....	7
3. კვლევის მეთოდика.....	7
4. მიღებული სამეცნიერო შედეგები.....	8
5. დასკვნა.....	9
6. გამოყენებული ლიტერატურა.....	13

ლიტერატურული მიმოხილვა:

ზოგადი გეოლოგიური ხასიათის პირველ ცნობებს ხრამის კრისტალური მასივის შესახებ ჯერ კიდევ მე-19 საუკუნეში ვხვდებით ჰ. აბიხის და გ. წულუკიძის შრომებში. მე-20 საუკუნის პირველ ნახევარში ხრამის მასივზე მუშაობდნენ: ფ. ოსვალდი, ს. ილინი, ბ. ბელიკოვი, ჰ. ჟელტოვი და სხვები. თ. ყაზახაშვილისა და გ. ლოლაძის (1936, 1938) მიერ შედგენილი იქნა ხრამის მასივის გეოლოგიური რუკა. ასევე, თ. ყაზახაშვილი მიუთითებს ვარდისფერი გრანიტების ორ სახესხვაობაზე: ბიოტიტური და ალიასკიტური. ვ. ედილაშვილისა (1938) და პ. გამყრელიძის (1939) მიერ ხრამის მასივის პერიფერიაზე გამოყოფილი იქნა ე.წ. «ქვედა ტუფიტების» წყება, რომელიც ზედა პალეოზოურად იქნა დათარიღებული. მოგვიანებით ა. ბელოვმა (1966, 1967) «ქვედა ტუფიტებში» ნანახი ორგანიზმების მიხედვით მათი ასაკი ქვედა კარბონულ - ზედა ვიზეურ - ქვედა ნამურულად დაათარიდა. მნიშვნელოვანია თ. ყაზახაშვილის პუბლიკაცია (1941), სადაც მრავალი გეოლოგიურ-პეტროლოგიური სიახლეა, მოცემულია ხრამის კრისტალური მასივის დეტალური პეტროგრაფიული დახასიათება.

მე-20 საუკუნის მეორე ნახევარში მასივში ინტენსიურად მუშაობდა შ. ადამია (1958, 1968, 1984), რომელმაც ბევრი საინტერესო მოსაზრება გამოთქვა ხრამის კრისტალური მასივის გნეისებისა და მიგმატიტების ჩამოყალიბების, გრანიტული ქანების ასაკის, ვულკანოგენურ-დანალექი წყების შესახებ და ა.შ. პ. გამყრელიძის, მ. რუბინშტეინისა და ნ. სხირტლაძის (1958) მიერ ჩატარებული კვლევების შედეგად ვულკანოგენურ-დანალექი კომპლექსი ზედა პალეოზოურად დათარიღდა. ნ. სხირტლაძემ (1960, 1965). ხრამის მასივის ე.წ. «ქვედა ტუფიტების» წყება სამ ჰორიზონტად დაჰყო და ნალექებში ნაპოვნი კარბონული ასაკის ფლორისა და ზღვიური ფაუნის საფუძველზე, «ქვედა ტუფიტების» წყების ასაკი განისაზღვრა შუა-ზედა კარბონულად. აქედან კეთდება მეტად მნიშვნელოვანი დასკვნა: გრანიტების და მით უმეტეს კვარც-დიორიტული გნეისების ასაკი შუა კარბონულზე უფრო ძველია. მნიშვნელოვანია გ. ზარიძისა და ნ. თათრიშვილის (1948, 1953,) ხრამის მასივის ამგები ქანების ჩამოყალიბების ასაკობრივ რიგი: ქარსიანი ფიქლები, გაბროიდები, გრანიტოიდები, კვარც-პორფირები. ამავე ავტორებს ეკუთვნის (1961, 1959, 1961) პუბლიკაციები, სადაც მოცემულია მასივის ამგები ქანების დეტალური აღწერა, მათი პეტროქიმიური და სპექტრალური კვლევა, ვულკანოგენურ-დანალექი წყების პეტროგრაფიული აღწერა, .

გ. ზარიძის და მისი თანაავტორების მიერ (1965) გნეისებში გამოყოფილ იქნა ორი სახესხვაობა: წვრილქერცლოვანი ქარსიანი მასებით (პირველადი სედიმენტოგენური ქანები) და ქარსიანი მასების გარეშე (პირველადი მაგმური ქანები). ამ ნაშრომში და ასევე გ. ზარიძის მონოგრაფიაში (1961) მოცემულია

კვარციანი დიორიტული გნეისების დეტალური აღწერა. მ. რუბინშტეინს (1967,1974) ხრამის კრისტალური მასივის გნეისებრივი კვარციანი დიორიტების ასაკს შუა კარბონულის წინად – სავარაუდოდ ადრეკარბონულად მიაჩნია. მისი აზრით, ხრამის გნეისების მიკროკლინიზაციის და მიკროკლინიანი გრანიტების ჩამოყალიბების პროცესი მოხდა «ქვედა ტუფიტების» დალექვის შემდეგ.

ხრამის მასივის კრისტალური წარმონაქმნები რამოდენიმე პუბლიკაციაში აქვს დახასიათებული მ. ცხელიშვილს (1974,1975). მან პირველად აღწერა გრანიტოიდების გრანატიანი სახესხვაობა, ასევე დაახასიათა კვარც-პორფირებში, გრანიტ-პორფირებში, გრანიტიზირებულ კვარც-პორფირებსა და გრანიტებში ჰიდროთერმალური გენეზისის მადანგამოვლინება, ასევე სპექტრალური ანალიზის მეთოდით შეისწავლა ხრამის კრისტალური მასივის ქანებში მიკროელემენტების განაწილების კანონზომიერებანი, რაც საინტერესოა მასივის კრისტალური ქანების გენეზისის საკითხების გასარკვევად.

თ. ივანიცკისა და თ. მგელიაშვილის (1971) მიერ შესწავლილია ხრამისა და ლოქის კრისტალური მასივების გრანიტოიდებში ტყვიის, თუთიის და სპილენძის განაწილების კანონზომიერებანი.

მ. კეკელია თანაავტორებთან ერთად (1975) მდ. ხრამის მარჯვენა შენაკადების ჭოჭიანისა და კლდეისის მიდამოებში განვითარებულ კორდიერიტის შემცველ გრანიტებს აღნიშნავს. თუმცა, დ. შენგელიამ, ო. ხუციშვილთან, ა. ოქროსცვარიძესთან, რ. კახაძესა და გ. ნათენაძესთან ერთად დაასაბუთა, რომ აღნიშნული კორდიერიტიანი გრანიტები ხრამის მასივზე არ გვხვდება (2005).

ხრამის კრისტალურ მასივის დეტალური გეოლოგიური კვლევის შედეგები მოცემულია ო. ხუციშვილის (1977) მონოგრაფიულ შრომაში, სადაც დახასიათებულია მასივის იურულის წინა წარმონაქმნები. საყურადღებოა მონაცემები მასივის გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსის შესახებ, რომელიც ავტორს ყველაზე ძველ წარმონაქმნებად მიაჩნია. ის, გ. ზარიძისა და ნ. თათრიშვილის მსგავსად გნეისებში გამოყოფს ორ სახეობას – ქარსიანი მასების შემცველს, რომლებიც საწყისი დანალექი ქანების ნარჩენებს წარმოადგენენ და უქარსო, პირველადი მაგმური გენეზისის გნეისებს. ო. ხუციშვილი ანსხვავებს მიგმატიტების ორ გენეტურ სახეობას – კვარც-დიორიტული და გრანიტული შედგენილობის მიგმატიტები. ბაზიტური კომპლექსიდან ო. ხუციშვილი აღნიშნავს პალეოზოური ასაკის სამ სახეობას, რომლები სხვადასხვა დროს ინექციების სახით შემოჭრილია გნეისებში. ასევე, მდ. ჭოჭიანის ხეობაში ავტორი აღნიშნავს ლინზისებური ფორმის, მცირე ზომის სერპენტინიტისებრ სხეულს, რომელიც კვარც-დიორიტულ გნეისებშია მოქცეული. სერპენტინიტების უფრო დეტალური აღწერა მოცემულია მ. კეკელიას და სხვ. (1977) სტატიაში. ამავე მონოგრაფიაში ო. ხუციშვილს კიდევ მრავალი საინტერესო საკითხი აქვს გაშუქებული.

ხრამის კრისტალურ მასივზე მ. კეკელიას და ო. ხუციშვილის (1980) მიერ შესწავლილია გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსი, სადაც მდ. ჭოჭიანის ხეობაში დადგენილია სუსტად მეტაქვიშაქვები და ამფიბოლიტები. მათი მცირე გავრცელების დასტები კვარც-დიორიტულ გნეისებშია დაფიქსირებული და ამ ავტორების მიხედვით წარმოადგენენ ხრამის მასივის უძველეს ფორმაციას. ასევე, ავტორები გამოყოფენ კვარც-დიორიტულ და გრანიტულ მიგმატიტებს.

მდ. ჭოჭიანის ხეობის მეტაქვიშაქვების დეტალური მინერალოგიურ-პეტროლოგიური შესწავლის შედეგად დ. შენგელიამ და სხვებმა (1992) და თ. წუწუნავამ და ს. კორიკოვსკიმ (2002) გამოყვეს კლასტოგენური, აუტიგენური და შემოტანილი მინერალები. დადგენილია, რომ ამ წარმონაქმნების მეტამორფიზმის ხარისხი მწვანე ფიქლების ყველაზე დაბალტემპერატურული ქლორიტ-სერიციტული სუბფაციის საფეხურს ეთანადება, რითაც მკვეთრად ემიჯნება მაღალტემპერატურული ამფიბოლიტური ფაციესის პირობებში წარმოქმნილ კვარციან-დიორიტულ გნეისებსა და მიგმატიტებს. სტატიაში დასაბუთებულია აღნიშნული ქანების ერთიანი ალოქტონური ბუნება.

დ. შენგელია და ნ. იკოშვილი (1998), ეთანხმებიან რიგი მკვლევარების მოსაზრებას ხრამის კრისტალური მასივის გნეისების ორი გენეტიკური ტიპის არსებობის შესახებ, მათ სახელწოდებაში შეაქვთ გარკვეული კორექტივები: კვარციან-დიორიტულ გნეისებს ქარსიანი მასებით უწოდეს ბიოტიტ-კორდიერიტიანი პლაგიოგნეისები, რადგან ქარსიანი მასები წარმოადგენენ კორდიერიტის დაშლის პროდუქტებს, ხოლო ქანები თავისი ქიმიური და მინერალოგიური შემადგენლობით პასუხობს. ხოლო გნეისიმაგვარ კვარციან-დიორიტებს კი უწოდეს ბიოტიტ-რქატყუარიანი კვარციან-დიორიტული გნეისები. ორივე სახეობის გნეისები ყალიბდება რეგიონული მეტამორფიზმის შედეგად, რომელიც დროში წინ უსწრებს გვიანვარისკულ პოსტმეტამორფული კალიუმის გრანიტების წარმოშობას.

დ. შენგელიასა და ნ. იკოშვილის (1992) მიხედვით, ბიოტიტ-კორდიერიტიანი პლაგიოგნეისების მინერალური შედგენილობა მარტივია – $\text{Crd}+\text{Bt}+\text{Pl}+\text{Qtz}\pm\text{Ort}$, რომელიც რეგრესული მეტამორფიზმის ან გრანიტიზაციის შედეგად იცვლება დაბალტემპერატურული პარაგენეზისით – $\text{Ms}(\text{Ser})+\text{Chl}+\text{Ab}+\text{Qtz}\pm\text{Mikr}$. ამავე სტატიაში ავტორების მიერ მიგმატიტებს შორის ორი ასაკობრივ-გენეტიკური სახესხვაობა იქნა გამოყოფილი: პლაგიოგრანიტული და გრანიტული. პირველი წარმოიშობა ულტრამეტამორფიზმის დროს როგორც ბიოტიტ-კორდიერიტიანი გნეისების, ასევე ბიოტიტ-რქატყუარიანი კვარც-დიორიტული გნეისების ხარჯზე.

თ. წუწუნავასა და ნ. იკოშვილის (1998) მიერ ხრამის კრისტალური მასივის გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსის ამგები გნეისების და ტექტონიკური ქერცლის სახით გნეისებში მოქცეული მეტაქვიშაქვების დეტალური პეტროქიმიური შესწავლის შედეგად დადგინდა, რომ მეტაქვიშაქვები გრაუვაკული ქვიშაქვების ან

ფსამიტური დაბალთიხამიწიანი ტუფიტების ტიპის წარმონაქმნებია ანდეზიტ-ბაზალტური შედგენილობის ვულკანიზმის პროდუქტების მინარევებით. ბიოტიტ-კორდიერიტიანი პლაგიოგნეისების საწყისი ქანებიც ვულკანოგენურ-დანალექი ბუნებისაა, ბიოტიტ-რქატყუარიანი კვარც-დიორიტული გნეისების საწყისი ქანები ფუმე მაგმური ქანებია. ასევე, ბიოტიტ-კორდიერიტიანი პლაგიოგნეისები ბ. ბარბარენის (1999) მინერალურ-პეტროგრაფიული კლასიფიკაციით მიეკუთვნება კორდიერიტის შემცველ პარალუმინურ (CPG) ტიპს, ხოლო ბიოტიტ-რქატყუარიანი კვარც-დიორიტული გნეისები კი – ამფიბოლურ კირტუტე (ACG) ტიპს.

ე. გამყრელიძისა და დ. შენგელიას (2005) მონოგრაფიულ ნაშრომში დეტალურადაა განხილული მასივის ამგები ავტოქტონური და ალოქტონური კომპლექსები, ასევე მათი ფორმირების თანამიმდევრობა. ავტოქტონური კომპლექსი აგებულია ვარისკულამდელი გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსით და გვიანვარისკული გრანიტოიდებით. ალოქტონურ კომპლექსში კი განხილულია ულტრაბაზიტ-ბაზიტური წარმონაქმნები და მეტაქვიშაქვები.

გნეისურ-მიგმატიტურ კომპლექსში შემოჭრილია გვიანვარისკული გრანიტების ინტრუზიული სხეულები. ყველაზე გავრცელებულია ბიოტიტიანი გრანიტები, რომლებშიც გვხვდება გრანატის შემცველი და მისგან იზოლირებული ორთიტ შემცველი ბიოტიტ-რქატყუარიანი გრანიტოიდები, შემდეგ გრანოდიორიტები, გვხვდება ასევე ალიასკიტები და აპლიტები. ვარისკულამდელი გნეისებისა და გვიანვარისკული გრანიტოიდების ქიმიური შედგენილობის შედარება გვიჩვენებს, რომ გრანიტული კომპლექსი ხასიათდება უფრო მაღალი SiO_2 და Na_2O შემცველობით, მაღალი ტუტიანობით და რკინიანობით, ვიდრე გნეისები. S, I და A ტიპის დისკრიმინაციულ დიაგრამაზე გრანიტული კომპლექსი ხვდება I ტიპის ველში, ხოლო კორდიერიტიანი პლაგიოგნეისები – S ტიპის ველში. ავტორების აზრით, სავარაუდოდ, გრანიტული კომპლექსი წარმოიქმნა ანატექსისის შედეგად. მონოგრაფიაში დეტალურადაა განხილული ალოქტონური კომპლექსიც: სერპენტინიტები, მეტაქვიშაქვები და ამფიბოლიტები, ასევე მეტაგაბროს შტოკისებური ინტრუზივებიც. ავტორებს ასევე მოცემული აქვთ ხრამის კრისტალური მასივის ამგები ქანების ფორმირების თანამიმდევრობა: მასივის უძველესი წარმონაქმნები გნეისურ-მიგმატიტურ კომპლექსის ქანებია, რომელთა საწყისი ქანების ასაკი ძირულის კრისტალური მასივის გნეისებთან ანალოგიით, კამბრიულისწინად მიაჩნიათ. გნეისურ-მიგმატიტურ კომპლექსში გამოვლენილია რეგიონული მეტამორფიზმის ორი ეტაპი: კამბრიულისწინა პროგრადული HT/LP და გვიანვარისკული რეტროგრადული. გნეისურ-მიგმატიტურ კომპლექსის გამკვეთი გაბროს სავარაუდო ასაკი გვიანვარისკულამდელი ან ადრევარისკულია.

რეგიონალური მეტამორფიზმის კამბრიულამდელი და გვიანვარისკული ეტაპები გეოლოგიური მონაცემების გარდა, კარგად არის დასაბუთებული იზოტოპური მონაცემებით, K-Ar და ცირკონების U-Pb LA-ICP-MS მეთოდით დათარიღების მონაცემები ო. დუდაურის, ე. გამყრელიძის, დ. შენგელიასა და მათი თანაავტორების მიხედვით გვიანვარისკული გრანიტების კონკორდატული ასაკია 325 ± 2.3 Ma, რომელიც $319-332 \pm 6$ Ma ინტერვალს მოიცავს. მხოლოდ ერთ შემთხვევაში ცირკონის კრისტალის ბირთვში დაფიქსირებულია მემკვიდრეობითი ასაკი 931 ± 6 Ma, რაც სავარაუდოდ, ხრამის კრისტალური მასივის გნეისურ-მიგმატიტურ კომპლექსში განვითარებული რეგიონული მეტამორფიზმის გრენვილურ ასაკს აფიქსირებს.

კვლევის მიზანი და ამოცანები:

1. ხრამის კრისტალური მასივის გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსის ფაციალური შესწავლა;
2. გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსის (მეტაპელიტების, მეტავუკანოგენურ-დანალექი ქანების) და მეტაბაზიტების პეტრომინერალოგიური და გეოქიმიური შესწავლა;
3. ხრამის კრისტალური მასივის გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსის ფორმირების პირობების დადგენა და კამბრიულისწინა რეგიონული მეტამორფიზმის PT პირობების შეფასება;
4. ხრამის კრისტალური მასივის ალპურისწინა პოლიციკლური რეგიონული მეტამორფიზმის პეტროგენული მოდელის დადგენა.
5. ცირკონების LA-ICP-MS U-Pb მეთოდით გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსის ასაკის განსაზღვრა.

კვლევის მეთოდика:

სადისერტაციო ნაშრომის მასალის მოპოვების მიზნით ავტორმა სამეცნიერო ხელმძღვანელთან ერთად ოთხჯერ შეასრულა საველე-საექსპედიციო სამუშაოები ხრამის კრისტალური მასივის ფარგლებში. შესრულებულია გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსის სრული ჭრილი (მდინარეების - ხრამის, ჭოჭიანის, ასლანურას ხეობების გასწვრივ).

შეგროვილ იქნა ნიმუშები მიკროსკოპული, მიკროზონდული, პეტრო-გეოქიმიური და იზოტოპურ-გეოქრონოლოგიური კვლევისათვის. ოთხივე საველე სამუშაოს დროს აღებულ იქნა 300 ნიმუშზე მეტი დამზადებული და შესწავლილია

450-მდე გამჭვირვალე თლილი ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ალ.ჯანელიძის გეოლოგიის ინსტიტუტის პეტროლოგიის, მინერალოგიის, ვულკანოლოგიის და ლითოლოგიის განყოფილებაში. სადისერტაციო ნაშრომში შესულია ნიმუშების მიკროსკოპული და მაკროსკოპული ფოტომასალა.

ტაივანის ნაციონალური უნივერსიტეტის და ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გეოლოგიის დეპარტამენტთან არსებულ ლაბორატორიებში შესრულებულია 16 ნიმუშის სრული სილიკატური ანალიზი, რომელთა გამოყენებით თანამედროვე კომპიუტერული პროგრამების მეშვეობით აგებული და გაანალიზებულია პეტროქიმიური დიაგრამები.

ასევე, ტაივანის ნაციონალური უნივერსიტეტის და კინგსტონის (ინგლისი) უნივერსიტეტის ლაბორატორიებში შესრულებულია იშვიათ და იშვიათმიწა ელემენტების ანალიზები. აღნიშნული მონაცემების საფუძველზე, თანამედროვე კომპიუტერული პროგრამების მეშვეობით აგებული და გაანალიზებულია იშვიათ და იშვიათმიწა ელემენტების სპაიდერგრამები.

მოსკოვის ლომონოსოვის სახელობის უნივერსიტეტთან არსებულ ლაბორატორიაში შესრულდა მთავარი ქანმაშენი მინერალების (კორდიერიტი, ბიოტიტი, პლაგიოკლაზი, რქატყუარა, კალიუმის მინდვრის შპატი, მუსკოვიტი, ქლორიტი) მიკროზონდური კვლევა.

ტაივანის ნაციონალურ უნივერსიტეტში ცირკონების LA-ICP-MS U-Pb მეთოდით განსაზღვრულ იქნა გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსის ასაკი.

მიღებული სამეცნიერო შედეგები:

მოცემულია ხრამის კრისტალური მასივის გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსის დეტალური პეტროგრაფიული და მინერალოგიური დახასიათება. კომპლექსი შესწავლილია ფაციალურადაც. მოცემულია ხრამისა და ძირულის კრისტალური მასივების გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსების შედარებითი დახასიათება. ასევე, სიახლეა ხრამის კრისტალური მასივის და ამავე მასივის ასლანურას ბლოკის გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსების შედარება პეტროქიმიური და გეოქიმიური კუთხით.

ხრამის კრისტალური მასივის გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსის მთავარი ქანმაშენი მინერალები (კორდიერიტი, ბიოტიტი, პლაგიოკლაზი, რქატყუარა, კალიუმის მინდვრის შპატი, მუსკოვიტი, ქლორიტი) დეტალურად არის შესწავლილი მიკროზონდის საშუალებით.

გეოთერმომეტრების, საყრდენი მინერალური პარაგენეზისების, ასევე სტანდარტული პეტრომინერალოგიური სქემების გამოყენებით შეფასებულია

ხრამის კრისტალური მასივის პოლიციკლური რეიონული მეტამორფიზმის PT პირობები. წარმოდგენილია რეიონული მეტამორფიზმის პეტროგენული მოდელი.

დადგინდა ცირკონების ჰეტეროგენული აგებულება, სადაც ასახულია პოლიმეტამორფიზმი, კერძოდ, ცირკონის კრისტალის ბირთვში დაფიქსირებულია გრენვილური ასაკი - 905-931 Ma, ხოლო პერიფერიულ ნაწილში - გვიანვარისკული ასაკი 320-330 Ma.

დასკვნა:

ხრამის კრისტალური მასივი წარმოადგენს შავი ზღვა - ცენტრალურამიერკავკასიის ტერეინის ალპურისწინა ფუნდამენტის შვერილს. მასივი აგებულია კამბრიულამდელი გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსით და გვიანვარისკული გრანიტოიდებით, აგრეთვე ვარისკულისწინა მეტაგაბროთი. მასივში აღინიშნება სუსტად მეტამორფიზებული მეტაქვიშაქვების და სერპენტინიტების მცირე ზომის ალოქტონური წარმონაქმნები.

სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის ობიექტს არსებითად გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსი წარმოადგენს. კომპლექსის შემადგენლობაში მონაწილეობს გნეისები და მიგმატიტები, რომლებიც სივრცობრივად ერთმანეთთან მჭიდროდ არიან დაკავშირებული.

ხრამის კრისტალური შვერილის გნეისებს შორის ორი გენეტურად განსხვავებული სახესხვაობა გამოიყოფა: ბიოტიტ-კორდიერიტიანი პლაგიოგნეისები (მეტაპელიტები) და ბიოტიტ-რქატყუარიანი კვარც-დიორიტული გნეისები. ორივე სახესხვაობის გნეისები ჩამოყალიბდა გრენვილური რეგიონული მეტამორფიზმის შედეგად.

ხრამის კრისტალური შვერილის, პოსტმეტამორფული კალიუმისანი გრანიტების შემოჭრამდე, პროგრადული რეგიონული მეტამორფიზმის შედეგად ჩამოყალიბებული ბიოტიტ-კორდიერიტიანი პლაგიოგნეისების მინერალური შედგენილობა საკმაოდ მარტივია – $\text{Crd}+\text{Bt}+\text{Pl}+\text{Qtz}\pm\text{Ort}$. ეს მაღალტემპერატურული მინერალური ასოციაცია, რომელიც შედგენილობით K_2O გაუჯერებელ მეტაპელიტებს პასუხობს, იშვიათად კი – K_2O გაჯერებულ მეტაპელიტებსაც (Ort-თან ასოციაციაში), რეგრესული მეტამორფიზმის ან გრანიტიზაციის შედეგად იცვლება დაბალტემპერატურული პარაგნეზისით – $\text{Ms}(\text{Ser})+\text{Chl}+\text{Ab}+\text{Qtz}+\text{Mikr}$.

ძირითადი ქანმაშენი მინერალებია: კორდიერიტი, პლაგიოკლაზი, ბიოტიტი, კვარცი. ასევე, მუსკოვიტი, იშვიათად გვხვდება კალიუმის მინდვრის შპატი.

მეორადი მინერალებიდან აღსანიშნავია პინიტი, ქლორიტი, კალციტი, ცოიზიტი, ლიმონიტი. გვხვდება გასერიციტებული და გასოსურიტებული პლაგიოკლაზი.

აქცესორული მინერალებიდან გვხვდება: ცირკონი, აპატიტი, ორთიტი, სფენი.

ბიოტიტ-კორდიერიტიან პლაგიოგნეისების საწყისი ქანები ვულკანოგენურ-დანალექი ქანებია, ხოლო პეტროლოგიურ-მინერალოგიური კლასიფიკაციით ისინი მიეკუთვნებიან კორდიერიტის შემცველ პარალუმინურ (CPG) გრანიტების ტიპს.

ბიოტიტ-რქატყუარიანი კვარც-დიორიტული გნეისები ხრამის კრისტალურ მასივზე მცირე გავრცელებით სარგებლობს და გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსის დაახლოებით 2%-ს შეადგენს. ქანის სადი, შეუცვლელი სახესხვაობები იშვიათად გვხვდება და უმეტეს წილად წარმოდგენილია პლაგიოკლაზით, რქატყუარითა და კვარცით. უფრო მცირე გავრცელებით სარგებლობს ბიოტიტი, რომელიც გრანიტიზაციის პროდუქტს წარმოადგენს, ასევე კალიუმის მინდვრის შპატიც. მეორადი მინერალებიდან ქლორიტი ანაცვლებს რქატყუარასა და ბიოტიტს, ეპიდოტის ჯგუფის მინერალები წარმოქმნილია რქატყუარასა და პლაგიოკლაზის ხარჯზე. ასევე შეიმჩნევა პლაგიოკლაზის დენატორტიზაციის პროდუქტები – სოსურიტი, პრენიტი, კალციტი და რქატყუარას გააქტინოლიტება.

ქიმიური შედგენილობის თვალსაზრისით, ბიოტიტ-კორდიერიტიან პლაგიოგნეისებში, ბიოტიტ-რქატყუარიან კვარც-დიორიტულ გნეისებთან შედარებით, მაღალია K_2O შემცველობა და ტუტთანობა, მაღალია ასევე SiO_2 და MgO შემცველობები, ხოლო Na_2O და CaO რაოდენობა პირველი სახეობის გნეისებში უფრო დაბალია.

ბიოტიტ-რქატყუარიანი კვარც-დიორიტული გნეისების საწყისი ქანები ფუძე მაგმური ქანებია, პეტროლოგიურ-მინერალოგიური კლასიფიკაციით ისინი მიეკუთვნებიან ამფიბოლურ კირტუტე (ACG) გრანიტების ტიპს.

მიგმატიტებს შორის გამოიყოფა ორი ასაკობრივ-გენეტური სახესხვაობა: პლაგიოგრანიტული და გრანიტული.

პირველი სახეობის მიგმატიტების ფორმირება დაკავშირებულია როგორც ბიოტიტ-კორდიერიტიანი პლაგიოგნეისების, ასევე ბიოტიტ-რქატყუარიანი კვარც-დიორიტული გნეისების გარდაქმნასთან ულტრამეტამორფიზმის დროს. ეს მიგმატიტები იდენტურები არიან ლეიკოკრატული ნაწილის პლაგიოგრანიტული შედგენილობით, მაგრამ განსხვავებული მათი სუბსტრატის მინერალური შედგენილობა. ბიოტიტ-კორდიერიტიანი პლაგიოგნეისების ხარჯზე წარმოშობილი მიგმატიტების სუბსტრატში დადგენილი მინერალური პარაგენეზისებია: $Bt+Pl+Cor\pm Cum\pm Qtz$, $Cor+Bt+Mu\pm Qtz$, ლეიკოკრატული ნაწილის მინერალური პარაგენეზისია: $Qtz+Pl\pm Cum\pm Bt\pm Mu\pm Ort$; ბიოტიტ-რქატყუარიანი კვარც-დიორიტული გნეისების ულტრამეტამორფიზმის შედეგად წარმოშობილი

მიგმატიტების მელანოკრატული ნაწილი კი შემდეგი მინერალური პარაგენეზისითაა წარმოდგენილი: $Pl+Hbl\pm Bt\pm Qtz$, ხოლო ლეიკოკრატული ნაწილი – $Pl+Qtz\pm Hbl$.

მიგმატიტების გრანიტულ სახეობა წარმოიშობა პოსტმეტამორფული კალიუმის გრანიტების შემოჭრისთანავე ბიოტიტ-კორდიერიტიანი პლაგიოგნეისების, ბიოტიტ-რქატყუარიანი კვარც-დიორიტული გნეისებისა და პლაგიომიგმატიტების (როგორც ბიოტიტ-კორდიერიტიანი, ასევე რქატყუარიანი სუბსტრატის შემთხვევაში) ფელდშპატიზაციის შედეგად. მათი ლეიკოკრატული ნაწილი ერთნაირია – გრანიტული შედგენილობისა, ხოლო სუბსტრატში მუქი მინერალი მხოლოდ ბიოტიტით (კვარც-დიორიტულ გნეისებში რქატყუარა მთლიანად ჩანაცვლებულია ბიოტიტით) და პლაგიოკლაზით არის წარმოდგენილი.

მიგმატიტების მთავარი ქანმაშენი მინერალებია: პლაგიოკლაზი, კვარცი, ბიოტიტი, იშვიათად გვხვდება კალიუმის მინდვრის შპატი, რქატყუარა. მეორადი მინერალებიდან აღსანიშნავია: სერიციტი, მუსკოვიტი, ქლორიტი.

გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსში განვითარებული შტოკისებური მეტაგაბროს ინტრუზივები წვრილი და საშუალომარცვლოვანი, მუქი ნაცრისფერი □ შავი ფერის მკვრივი ქანია, რომელსაც ადგილ-ადგილ კარგად ეტყობა გრანიტების ზეგავლენა. გაბროს არ განუცდია ვარისკულისწინა მაღალტემპერატურული პროგრადული რეგიონული მეტამორფიზმი, რომელიც ინტენსიურად არის განვითარებული გაბროს შემცველ გნეისურ-მიგმატიტურ კომპლექსში. ამავე დროს, გნეისურ-მიგმატიტურ კომპლექსის ქანების მსგავსად მათ განცდილი აქვთ გვიანვარისკული (სუდეტური ფაზის) რეტროგრადული რეგიონული მეტამორფიზმი.

ექვგარეშე მასივზე გნეისურ-მიგმატიტურ კომპლექსთან მიმართებაში მეტაქვიშაქვებისა და სერპენტინიტების ალოქტონური ბუნება. მეტაქვიშაქვების გამოსავალი არ აღემატება 50 მ² -ს. იგი მოქცეულია გნეისურ-მიგმატიტურ კომპლექსში ტექტონიკური ქერცლის სახით. სერპენტინიტების ლინზისებური სხეული 20 მ²-ზე ვრცელდება. სერპენტინიტის სხეული პროტრუზივია.

ხრამისა და ძირულის კრისტალური მასივების გნეისურ-მიგმატიტურ კომპლექსების შედარებისას აღმოჩნდა, რომ ძირულის კრისტალური მასივის ალპურისწინა მაგმატიტები და რეგიონული მეტამორფიზმის გამოვლინება ხრამის კრისტალურ მასივთან შედარებით მნიშვნელოვნად უფრო მრავალფეროვანია. ამავე დროს, დიდ მსგავსებას იჩენს ამავე მასივების ნეოპროტეროზოული გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსები, სადაც გვხვდება კორდიერიტიანი პლაგიოგნეისები და პლაგიომიგმატიტები და CaO-თი მდიდარი ქანები. მინერალური და პეტროქიმიური შედგენილობით ორივე მასივის კორდიერიტიანი პლაგიოგნეისები და პლაგიომიგმატიტები პრაქტიკულად იდენტურია. CaO-თი

მდიდარი მეტამორფიტები კი მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ეს უკანასკნელი ძირულის მასივზე გაცილებით უფრო ჭარბად გვხვდება ($\approx 25\%$), ვიდრე ხრამის გნეისურ-მიგმატიტურ კომპლექსში ($\approx 2\%$).

ხრამის კრისტალური მასივისა და მდ. ხრამის მარჯვენა შენაკადის ასლანურას ხეობაში გაშიშვლებული გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსების შედარებამ გვიჩვენა, რომ მდ. ასლანურას ხეობაში გავრცელებული გნეისები მინერალოგიური შედგენილობით ხრამის კრისტალური მასივის გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსის ბიოტიტ-რქატყუარიანი კვარც-დიორიტული გნეისების მსგავსია, ხოლო ქიმიზმით ბიოტიტ-კორდიერიტიან პლაგიოგნეისებს უახლოვდება.

ბიოტიტ-კორდიერიტიანი პლაგიოგნეისებისა და მიგმატიტების რესტიტების კამბრიულისწინა ეტაპის რეგიონული მეტამორფიზმის ქანმაშენი მინერალებია: კორდიერიტი, პლაგიოკლაზი, ბიოტიტი, კვარცი და ორთოკლაზი. მიგმატიტებში დაფიქსირებულია კუმინგტონიტი.

მინერალების მოკროზონდული გაზომვების შედეგები:

კორდიერიტის პორფირობლასტები უმრავლეს შემთხვევაში მთლიანად პინიტიზირებულია. ძალიან იშვიათად შეიმჩნევა კორდიერიტის საღი უბნები.

კორდიერიტის მაღალ რკინიანია ($X_{Fe} \approx 44-46$), ჰომოგენურია და ზონალობა არ ახასიათებს.

ბიოტიტი უპირატესად გამუსკოვიტებული და გაქლორიტებულია. საღი ბიოტიტი მაღალტიტანია (TiO_2 2,68-3,12 მას.%, $X_{Fe} = 50-55$).

პლაგიოკლაზი ოლიგოკლაზ-ანდეზინის რიგისაა ძალიან ხშირად გასერიციტებული, გამუსკოვიტებული, გაალბიტებულია და ჩანაცვლებულია მესერიანი მიკროკლინით.

კალიუმის მინდვრის შპატი წარმოდგენილია უმესრო პორფირობლასტებით, რომლებშიც ალბიტის მოლეკულის ოდენობა 7-13%-ია, ხოლო - $2V - 59-71^\circ$ - ის ფარგლებშია. ასევე, გვხვდება საღი მესერიანი (მაღალმოწესრიგებული) კალიუმის მინდვრის შპატი - მიკროკლინი, რომელიც მეორადი მინერალია.

მუსკოვიტი, ყოველთვის მეორადი პროდუქტია და ანაცვლებს კორდიერიტს, ბიოტიტსა და პლაგიოკლაზს. მუსკოვიტის ქიმიური შედგენილობა, გვიჩვენებს, რომ მასში ფენგიტისა და პარაგონიტის რაოდენობა მცირეა.

ბიოტიტ-რქატყუარიანი კვარც-დიორიტული ორთოგნეისების მთავარი ქანმაშენი მინერალებია: პლაგიოკლაზი, რქატყუარა და კვარცი. დამორჩილებულ როლს თამაშობს ბიოტიტი, იშვიათად გვხვდება უმესრო კალიუმის მინდვრის შპატი.

ხრამის კრისტალური მასივის ალპურისწინა წარმონაქმნებში დადგენილია რეგიონული მეტამორფიზმის პოლიციკლური ხასიათი, გამოყოფილია

რეგიონული მეტამორფიზმის კამბრიულისწინა (გრენვილური) და გვიანვარისკული ეტაპები.

LA-ICP-MS U-Pb წერტილოვანი მეთოდით დათარიღებულ იქნა ცირკონები ხარმის მასივის გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსის პარაპლაგიოგნეისებიდან და სუდეტური გრანიტებიდან.

დადგინდა ორი ტიპის ცირკონი: Zrn1, ფორმირებული რეგიონული მეტამორფიზმის გრენვილურ ეტაპზე (931-905 Ma) და Zrn 2, ფორმირებული სუდეტური გრანიტების კრისტალიზაციისას (320-330 Ma).

თერმობარომეტრული მონაცემები მოწმობს, რომ კამბრიულისწინა ეტაპის რეგიონული მეტამორფიზმი იზოზარულ ხასიათს ატარებდა. წნევის ვარიაცია მეტად მცირე ფარგლებშია ($P < 1,5$ კბარზე), ხოლო ტემპერატურის დიაპაზონი უფრო ფართო ინტერვალით ($720-770^{\circ}\text{C}$) განისაზღვრებოდა. რეგიონული მეტამორფიზმის რეჟიმი გრანატ-კორდიერიტ-ორთოკლასური და ბიოტიტ-სილიმანიტ-კალიშპატური ფაციესის პირობებს შეესაბამება. მეტამორფიზმის პროდუქტები: კორდიერიტიანი პლაგიოგნეისები, პლაგიოგრანიტები, პლაგიო- და გრანიტული მიგმატიტები, დამორჩილებული რაოდენობით რქატყუარიანი პლაგიოგრანიტები და ორთოკვარციანი დიორიტები, ქმნის სუბკონტინენტურ ქანებს, სადაც გაბატონებულია კალიუმით გაუჯერებელი მეტაპელიტები და მცირე ოდენობით კალიუმით გაჯერებული მეტაპელიტები, უმნიშვნელოა CaO მდიდარი ქანების ოდენობა. ეს უკანასკნელი გამორიცხავს ბაზიტების ფორმირების კერასთან დაკავშირებული გადახურებული ადმავალი ფლუიდური ჭავლების მნიშვნელოვან როლს რეგიონული მეტამორფიზმის წარმართვისათვის. ჩვენი ვარაუდით, სუბდუქციურ სიტბოსთან ერთად, რეგიონული მეტამორფიზმის მთავარ სიტბოს წყაროს წარმოადგენდა რადიაქტიური სიტბო.

გვიანვარისკული რეგიონული მეტამორფიზმის ასაკი - $325-330 \pm 6$ Ma კარგადაა არგუმენტირებული მათი სინქრონული კალიუმისანი გრანიტების არგონული და ცირკონების LA-ICP-MS U-Pb მეთოდების განსაზღვრებით. რეგიონული მეტამორფიზმის ბოლო ეტაპი მკვეთრად გამოხატული რეტროგრადული ხასიათისაა. იგი მიმდინარეობს სუბიზოზარულ პირობებში და წინმსწრებ რეგიონულ მეტამორფიზმთან შედარებით დაბალტემპერატურული პროცესია ($T \approx 430-510^{\circ}\text{C}$, $P \approx 1.3-0.6$ კბარი). იგი ხრამის კრისტალური მასივის ფარგლებში რეგიონული მასშტაბისაა და ზედ ედება ყველა გვიანვარისკულამდელ წარმონაქმნს.

იზოტოპურ-გეოქრონოლოგიური მონაცემები, გეოლოგიურ და პეტროლოგიურ მონაცემებთან ერთად, საშუალებას იძლევა განისაზღვროს რეგიონული მეტამორფიზმისა და გრანიტწარმოშობის ეტაპები და შესაბამისად წარმოდგინოთ ხრამის მასივის ალპურისწინა კონტინენტური ქერქის ფორმირების მოდელი.

ლიტერატურა:

1. Gamkrelidze I. Terranes of the Caucasus and adjacent areas //Bull. Acad. Sci. of Georgia, 1997₁, 155, N3, p.75-81.
2. Гамкрелидзе П.Д. Основные черты тектонического строения Кавказа //Геотектоника, 1966, №3, с.3-13.
3. Цулукидзе Г.А. – Геологическое исследование в области речных долин Алгети и Храма. Мат. для геол. Кавказа, сер. 2, кн. I, Тифлис, 1887.
4. Белов А.А. Новые данные по геологии Храмского массива Южной Грузии //Изв. ВУЗ-ов. Геология и разведка, 1967, №12, с. 3-11.
5. Казахашвили Т.Г. Геолого-петрографический очерк Храмского кристаллического массива //Тр. ТГУ, 1941₁, вып.5, с.56-126.
6. Адамия Ш.А. О возрасте молодых гранитов Храмского кристаллического массива. Сообщ. АН ГССР, т. XXI, №4, 1958.
7. Адамия Ш.А. Доюрские образования Кавказа //Тр. Геол. ин-та АН ГССР. 1968, нов. сер, вып.16, 294 с.
8. Адамия Ш.А. Доальпийское основание Кавказа (состав, строение, становление). В кн.: Тектоника и металлогения Кавказа, 1984, с.3-104.
9. Схиртладзе Н.И. Новые данные о верхнем палеозое Храмского массива //ДАН СССР, 1960, 130, №1, с.170-173.
10. Схиртладзе Н.И. Средний и верхний карбон – толща “нижних туффигов”. В кн.: Геологическое строение и металлогения Юго-Восточной Грузии. Тр.ГИН АН ГССР, 1965, нов.сер., вып.1, с.19-34.
11. Татришвили Н.Ф. Магматическая деятельность в Грузии в допалеозое и палеозое. Гостехиздат, 1948, 290 с.
12. Заридзе Г.М., Татришвили Н.Ф. О возрасте и генезисе древних гранитоидных пород Храмского массива (Груз. ССР) //Изв. АН СССР, 1953₂, сер. геол., №3, с.126-131.
13. Заридзе Г.М. Петрография магматических и метаморфических пород Грузии. М.: Госгеолтехиздат, 1961, 382 с.
14. Заридзе Г.М., Татришвили Н.Ф. Магматизм Грузии и связанные с ним рудопроявления. М.: Госгеолтехиздат, 1959, 254 с.
15. Заридзе Г.М., Татришвили Н.Ф., Хмаладзе И.И., Дудаури О.З. Храмский массив. В кн.: Геологическое строение и металлогения Юго-Восточной Грузии //Тр. ГИН АН ГССР, 1965, нов.сер., вып.1, с.135-144.
16. Рубинштейн М.М. Аргоновый метод в применении к некоторым вопросам региональной геологии //Тр. ГИН АН ГССР, 1967, нов.сер., вып. II, 237 с.
17. Цхелишвили М.С. О гранатовой разновидности гранитоидов Храмского массива // Сообщ. АН ГССР, 1971, 64, №2, с.357-360.
18. Цхелишвили М.С. Ортитсодержащие гранитоиды Храмского массива //Сообщ. АН ГССР, 1976, 83, №3, с.649-652.
19. Иваницкий Т.В., Мгелиашвили Т.Н. Геохимия свинца, цинка и меди в магматических породах Локского массива в связи с вопросом металлогенической специализации пород //Тр. ГИН АН ГССР, 1971, нов.сер, вып.27, 195 с.

20. Кекелия М.А., Хуцишвили О.Д., Кикнадзе И.И. Кордиеритсодержащие граниты Храмского выступа Закавказского срединного массива //Сообщ. АН ГССР, 1975, 80, 3, с.649-652.
21. Гамкредидзе И., Шенгелиа Д. Докембрийско-палеозойский региональный метаморфизм, гранитоидный магматизм и геодинамика Кавказа, Москва, Научный Мир, 2005, 460 с.
22. Хуцишвили О.Д. Тектоника и история формирования Храмского кристаллического выступа //АН ГССР. Геол. ин-т, 1977, вып.56, 109 с.
23. Кекелия М.А., Кикнадзе И.И., Хуцишвили О.Д. Выход серпентинита в Храмском выступе кристаллического фундамента //Сообщ. АН ГССР, 1977, 86, №3, с.641-644.
24. Кекелия М.А., Хуцишвили О.Д. Петрологические особенности пород гнейсово-мигматического комплекса Храмского массива // Изв. геол. общ-ва Грузии, 1980, 9, с.109-115.
25. Шенгелиа Д.М., Хуцишвили О.Д., Ахвледиани И.Р., Кахадзе Р.Г., Попорадзе Н.Г., Блиадзе М.Г., Натенадзе Г.И., Кобаидзе З.И. Новые данные о выходе метаморфитов ущ. р.Чочиани Храмского выступа фундамента Закавказского срединного массива //Научн. труды Груз. техн. ун-та, 1992, №7, с.379-384 (на груз. яз.).
26. Д.М. Шенгелиа, Н.Дж. Икошвили. Новые данные о гнейсах Храмского кристаллического массива //Тр. Груз. технич. университета, 1998, №1 94170, с.72-79. (на груз. яз.).
27. Цуцунава Т., Икошвили Н. О метаморфитах Храмского кристаллического массива//Тр. Груз. техн. унив-та, 1998, №4(418), с.78-85.
28. ქ. თედლაშვილი, ნ. კვახაძე, ნ. მაისურაძე, გ. ბერიძე «შავი ზღვა – ცენტრალური ამიერკავკასიის ტერიტორიის გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსების შედარებითი დახასიათება,» მეცნიერება და ტექნოლოგიები, 2012, #1 (3), გვ. 30-38.
29. O. Dudaury, M. Togonidze, G. Vashakidze, Age of the granitoids of the Transcaucasian Median Massif //Vortage Internat. Isotopen kolloquium. Preiberg, 1990, p.42-44.
30. დ. შენგელია, ო. დუდაური, ქ. ჩიხელიძე, ძირულის კრისტალური მასივის ალპურისწინა წარმონაქმნების U-Pb იზოტოპური გეოქრონოლოგია ცირკონების მიხედვით. აღ. ჯანელიძის გეოლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული. ახალი სერია. 2010, ნაკვ. 125. გვ. 51-61.
31. I. Gamkrelidze, D. Shengelia T. Tsutsunava, Sun-Lin Chung, Han-Yi Chiu, K. Chikhelidze. New data on U-Pb zircon age of Pre-Alpine crystalline Basement of the Black-Sea-Central Transcaucasian terrane and its geological significance. Bull. of Georgian National Acad. of Sci. 2011, Vol. 5. #1. Pp. 64-76.
32. Маракушев А.А. Проблемы минеральных фаций метаморфических и метасоматических горных пород. М.: Наука. 1965, 191 с.
33. Zwart H. The quality of orogenic belts //Geol. Mijnbouw., 1967, 47, p.283-309.
34. С. Кориковский , Фации метаморфизма метapelитов. М.:Наука, 1979, 260 с.
35. Miyashiro A. Metamorphism and metamorphic belts.Halstead Press,1973,92 p.

36. Кориковский С.П. Ретроградный метаморфизм герцинского цикла. В кн.: Петрология метаморфических комплексов Большого Кавказа. М.Наука, 1991, с.210-216.
37. Цуцунава Т.Н. Петрология метаморфитов зеленосланцевой фации Главного хребта Большого Кавказа и Ацгаринского тектонического покрова //Автореф. кандид. дисс., 1988, 25 с.
38. М. Шенгелиа М.Д. Петрология средне-и высокотемпературных метапелитов Большого Кавказа //Автореф. кандид. дисс. Тбилиси, 1989, 18 с.
39. Shengelia D., Korikovskiy S., Chichinadze G., Kakhadze R., Somin M., Potapenko V., Okrostsvavidze A., Poporadze N. Metamorphic facies of the Great Caucasus. Moscow-Tbilisi: Metsniereba, 1995, 71 p.
40. Шенгелиа Д.М., Заридзе Г.М., Чичинадзе Г.Л., Баранов Г.И. Метаморфические формации Большого Кавказа. Объяснительная записка к “Карте метаморфических формаций кристаллического фундамента Большого Кавказа масштаба 1:200 000”. Тбилиси: Изд-во Технич. университета, 1998, 108 с.
41. Заридзе Г.М., Шенгелиа Д.М., Чичинадзе Г.Л., Баранов Г.Л. Карта метаморфических формаций кристаллического фундамента Большого Кавказа масштаба 1:200 000. Тбилиси, 1999.
42. Thompson A. Metamorphism and fluids //Understanding the Earth (a new synthesis). Editors: G.Brown, Ch.Hawkesworth and Ch.Wilson. Cambridge University press, 1992, p.222-248.
43. Cloos M. Lithospheric buoyancy and collisional orogenesis: Subduction of oceanic plateaus, continental margins, island arcs, spreading ridges and seamounts //Geol. Soc.Amer. Bull., 1993, v.105, N6, p.715-737.
44. Plummer Ch.C., Mc Geary D. Physical geology (sixth edition). Wm.C. Brown Publishers, 1993, 573 p.
45. Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г. Глубинная геодинамика //Тр. Ин-та геологии, геофизики и минералогии АН РАН СО. Вып.830. Новосибирск, 1994, 299 с.
46. Ernst W. Metamorphism and plate tectonic regims. Stroudsberg. Pa.: Dowen, Hutchinson and Ross, 1975, 425 p.
47. Хуцишвили О.Д. Тектоника и история формирования Храмского кристаллического выступа //АН ГССР. Геол. ин-т, вып.56, 1977, 109 с.
48. Кекелия М.А., Хуцишвили О.Д. Петрологические особенности пород гнейсово-мигматического комплекса Храмского массива // Изв. геол. общ-ва Грузии, 1980, 9, с.109-115.
49. М.С. Цхелишвили, Петрографические, минералогические и геохимические особенности гранитоидов Храмского массива (Южная Грузия). кандид. дисс. Тбилиси. 1974. 197 с.
50. Хуцишвили О.Д. Состав, строение и формирование Внутрикавказского массива //Диссерт. на соиск. учен. степ. док-ра геолгич. наук. Тбилиси, 1993, 414 с.
51. Заридзе Г.М., Татришвили Н.Ф. Магматизм Грузии и связанные с ним рудопроявления. М.: Госгеолтехиздат, 1959, 254 с.
52. Казахашвили Т.Г. Геолого-петрографический очерк Храмского кристаллического массива //Тр. ТГУ, вып.5, с.56-126. 1941.

53. Заридзе Г.М., Татришвили Н.Ф. О возрасте и генезисе древних гранитоидных пород Храмского массива Груз. ССР //Изв. АН СССР, сер. геол., №3, с.126-131. 1953.
54. Схиртладзе Н.И. Верхний палеозой – триас.В кн.: Геология СССР. Т.10. Грузинская ССР, 1964, ч.1, М.: Наука, с.39-42.
55. დ. შენგელია, ო. დუდაური, ქ. ჩიხელიძე. ძირულის კრისტალური მასივის ალპურისწინა წარმონაქმნების ცირკონების U-Pb იზოტოპური გეოქრონოლოგია. გეოლოგიის ინსტუტის შრომათა კრებული, 2010. ახალი სერია. ნაკვ. 125. გვ. 51-61.
56. Д. Шенгелиа (2000). Моно- и полициклический региональный метаморфизм кристаллического основания Кавказа // ГИН АН Грузии. Нов. серия. Вып.115. С.282-299.
57. Shengelia D, Gamkrelidze I, Tsutsunava T, Shubitidze L, Petro- and Geochemistry of the late variscan granitoids of the Caucasus // proceeding of Al. Janelidze Institute of Geology. New series. Vol. 124. p.204-221. 2008.
58. H. Hassan, A. Mc Alister. An integrated geological geochemical investigations of uranium metallogenesis in selected granitic plutons of the Miramichi anticlinorium, New Brunswick // Geol. Surv. Canada. 1992. p. 15-91.
59. დ. შენგელია, ნ. ფოფორაძე, თ. ბუტულაშვილი (2006). ძირულისა და ხრამის კრისტალური მასივების (საქართველო) კამბრიულისწინა წარმონაქმნების შედარებითი დახასიათება. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები. #2 (460). გვ. 24-29.
60. ნ. კვახაძე. ძირულის კრისტალური მასივის ავტოქტონური კომპლექსის რეგიონალური მეტამორფიზმის შესახებ. // საქ. ტექ. უნივერსიტეტის შრომები. 2003. #3 (449). გვ. 72-72.
61. ქ. ჩიხელიძე, ნ. კვახაძე, ლ. შუბითიძე. ძირულის კრისტალური მასივის ალპურისწინა ავტოქტონური კომპლექსის რეგიონალური მეტამორფიზმის პეტროგენული მოდელი. «საქართველოს ნავთობი და გაზი.» #18. 2006. გვ.72-76.
62. М.С. Иоселиани, В.К. Чичинадзе, Ш.П. Диасамидзе, З.И. Квеладзе, Т.Г. Онопришвили. Строение литосферы территории Грузии по сейсмическим данным. Тбилиси: Мецниереба, 1989. С. 150.
63. A. Okroscvaridze, D. Shengelia. New data on the formation of microline granite of Dzirula salient // Bull. Acad. Sci. Georgia. 1996. V.14. #1. P.93-95.
64. Д.М. Шенгелиа, А.В. Okroscvaridze. Новые данные о строении Дзирульского выступа доальпийского фундамента Грузинской глыбы // Докл. РАН. 1998. Т. 359. №6. С.801-803.
65. I. Gamkrelidze, D. Shengelia. New data on the interrelation and age of the Dzirula crystalline massif constituting rocks // Bull. Acad. Sci. Georgia. 1998. V.158. #1. P.93-96.
66. I. Gamkrelidze, D. Shengelia. Petrogenetic model of the Dzirula crystalline massif magmatits in the light of tectonic layering of the Earth's crust // Bull. Acad. Sci. Georgia. 1999. V. 159. #1. P.117-120.

67. I. Gamkrelidze, D. Shengelia. Origin of the igneous rocks of the Dzirula crystalline massif (the Caucasus) // *Geotectonics*. 2001. V.35. #1. P.51-61
68. Ye. Bartnitsky, O. Dudaury, L. Stepanyuk. Geochronology of phanerozoic gnanites from folded areas of Eastern Europe. Fifth Working Meeting // *Isotope in nature proceedings*. Central Institute of Isotope and Radiation Research. Leipzig, 1990. P.1-10.
69. С.Р. Тейлор, С.М. Мак-Леннан, *Континентальная кора, ее состав и эволюция*, Издательство “Мир,” 1988. 384 с.
70. О. Dudaury, М. Togonidze, G. Vashakidze (1990), Age of the granitoids of the Transcaucasian Median Massif // *Vortage Internat. Isotopen kolloquium*. Freiberg, p.42-44.1. Л. Перчук, И. Лаврентьева (1983), изд. АН СССР, М. “Наука,” с. 17-89.
71. И. Лаврентьева, Л. Перчук (1981), Докл. АН СССР, 259, №3, с. 697-700.
72. Л. Перчук (1967₂), Биотит-гранатовый геотермометр. - Докл. АН СССР, 177, №2.
73. A. Thompson (1975), Mineral reactions in pelitic rocks: II. Calculation of some P-T-X (Fe-Mg) phase relations. *Am. Sci*, 276.
74. D. Goldman, A. Albee (1977), Correlation of Mg/Fe partitioning between garnet and biotite with O^{18}/O^{16} partitioning between quartz and magnetite. *Am. J. Sci*. 277.
75. J. Ferry, F. Spear (1978), Experimental Calibration of the Partitioning of Fe and Mg between Biotite and Garnet. *Contrib.Mineral.Petrol.*, 66.
76. U. Kleemann J. Reinhardt (1994), *Europ. Mineral*, V.6.P.925-941.
77. Д. Шенгелиа, Р. Ахвледиани, Д. Кецховели (1976). Рентгеновское изучение углисто-графитового вещества в температурном интервале 300-850⁰С. *Сообщ. АН ГССР*, т.83, №3, с.661-664.
78. Шенгелиа Д.М., Ахвледиани Р.А., Солдатов И. А. Экспериментальные исследования зависимости параметров элементарной решетки C(Å) углисто-графитового вещества от температуры и давления. *Сообщ. АН ГССР*, 1977₁, 86, №2.
9. Д. Шенгелиа, Р. Ахвледиани, Д. Кецховели (1977₂), Графитовый термометр // *ДАН СССР*, т.235, №6, с.1407-1409.
79. Р. Ахвледиани, Д. Кецховели, Д. Шенгелиа (1978), Графитовый термометр. Тезисы докл. III регион. петр. совещ. по Кавказу, Крыму и Карпат., с.20-21.
80. Whitney A. Games, Stormer C. John (1977), *Am. Mineralogist*. V. 62. p. 687-891.
81. I. Gamkrelidze, D. Shengelia, et. al. (2010). Thessaloniki, Greece, 23-26 September. Abstract. Pp 120-121.