

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

დოქტორანტურის საგანმანათლებლო პროგრამა გეოლოგია

ქრისტინე ვარდანაშვილი

**კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის (კავკასიონი)
პეტროლოგია და გეოქიმია**

გეოლოგიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარმოდგენილი დისერტაცია

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: თამარ წუწუნავა
გეოლოგიურ- მინერალოგიური მეცნიერებათა დოქტორი

თბილისი

2021 წელი

Ivane Javakishvili Tbilisi State University
Faculty of Exact and Natural Sciences

Doctoral Program: Geology

Kristine Vardanashvili

**Petrology and Geochemistry of Klich Gabbro-Diorite Intrusive
(the Greater Caucasus)**

The thesis work is performed to obtain a PhD academic degree in Geology

Scientific Supervisor: Tamara Tsutsunava
Doctor of geological-mineralogical science

Tbilisi

2021

აბსტრაქტი

კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივი მდებარეობს კავკასიონის მთავარი ქედის სტრუქტურული ზონის საუღელტეხილო ქვეზონაში. ინტრუზივის მძლავრი თანხმობითი სხეული კარტირებულია მდ. კლიჩის (მდ. კოდორის სათავეები) აუზში, მთიანი აფხაზეთის ტერიტორიაზე. იგი მდებარეობს გვანდრის წყებაში და მასთან ერთად განცდილი აქვს დეფორმაცია და მეტამორფიზმი. ყველაზე ფართო გავრცელებით ინტრუზივის ქანებს შორის სარგებლობს დაგნეისებული რქატყუარიანი და სუსტად გაბიოტიტებული დიორიტები, ხოლო მათი უკიდურესი წარმომადგენლები – გაბრო და, განსაკუთრებით, კვარციანი დიორიტები შედარებით დამორჩილებულ როლს თამაშობს. ინტრუზივის ქანებში გვხვდება პირველადი მაგმური მინერალები: რუხი ან მომწვანო-რუხი რქატყუარა და ლაბრადორ-ბიტოვნიტის რიგის პლაგიოკლაზი, ხოლო მეტამორფული მინერალებიდან კი - ბიოტიტი, კუმინგტონიტი და გრანატი.

კლიჩის გაბრო დიორიტული ინტრუზივის შესწავლის დონე გეოლოგიური და გეოქიმიური კვლევის თვალსაზრისით, არ შეესაბამება კავკასიონის მთავარი ქედის ზონაში განვითარებული სხვა ინტრუზივების შესწავლილობის დონეს.

კვლევის მთავარი მიზანია კლიჩის ინტრუზივის კომპლექსური შესწავლა, რაც თავის მხრივ გაუთანაბრებს აღნიშნული ობიექტის შესწავლილობის დონეს საუღელტეხილო ქვეზონის სხვა ინტრუზივების შესწავლილობას. ამ მიზნის მისაღწევად დასახული იქნა შემდეგი აქტივობების განხორციელება:

- 1) კლიჩის გაბრო დიორიტული ინტრუზივის დეტალური და კომპლექსური (გეოლოგიური, მინერალოგიური, პეტროლოგიური და გეოქიმიური შესწავლა; 2) მეტამორფიზმის PT პირობების განსაზღვრა; 3) ინტრუზივის ფორმირების პეტროგენული მოდელის წარმოდგენა; 4) ინტრუზივის შემცველ ქანებზე კონტაქტური ზემოქმედების პროცესების შესწავლა; 5) კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის ასაკის დადგენა.

კვლევისთვის საჭირო ფაქტიური მასალა მოპოვებულია კლიჩის ინტრუზივის ყველა გამოსავლიდან, მათ შორის ეგზო- და ენდოკონტაქტური ორეოლებიდან.

წარმოდგენილ კვლევაში გამოყენებულია როგორც ტრადიციული, ასევე თანამედროვე ანალიტიკური მეთოდები: მინერალების შედგენილობა განსაზღვრულია რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის მადნეული საბადოების გეოლოგიის, პეტროგრაფიის, მინერალოგიისა და გეოქიმიის ინსტიტუტის მინერალების შედგენილობის ანალიზის ლაბორატორიაში JEOL JXA-8200 მიკროზონდზე; პეტროგენული, იშვიათი და იშვიათმიწა ელემენტების შემცველობა განსაზღვრულია თსუ-ს ალ. ჯანელიძის გეოლოგიის ინსტიტუტის ქიმიურ ლაბორატორიაში რენტგენოფლოუორესცენციული სპექტრომეტრის გამოყენებით. ქანების სრული სილიკატური ანალიზები შესრულებულია ტაივანის ნაციონალურ უნივერსიტეტის ლაბორატორიაში. ქანების ასაკი განსაზღვრულია ცირკონების U-Pb LA-ICP-MS მეთოდით ტაივანის ჩანგ-ჩენგის ეროვნულ უნივერსიტეტში. აგებულია პეტროქიმიური დიაგრამები; თანამედროვე კომპიუტერული პროგრამების გამოყენებით აგებულია და გაანალიზებულია იშვიათი და იშვიათმიწა ელემენტების სპაიდერგრამები; შესრულებულია ქანების გეოქიმიური ტიპიზაცია; რეგიონული და კონტაქტური მეტამორფიზმის პირობები შეფასებულია რიგი გეოთერმომეტრისა და ბარომეტრის გამოყენებით.

პეტროქიმიური და გეოქიმიური კვლევებით, რომელიც ეყრდნობა სრულიად ახალ მონაცემებს პეტროგენული, იშვიათი და იშვიათმიწა ელემენტების შემცველობასა და თანამედროვე ვარიაციული დიაგრამის მონაცემებს, დადგენილია, რომ კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის შედგენილობა მერყეობს გაბროსა და კვარციან დიორიტებს შორის. იგი უპასუხებს სუსტადდიფერენცირებულ დაბალკალიუმიან სერიას. კლიჩის ინტრუზივი ხასიათდება შერეული მახასიათებლებით: რიგი ნიშნით ინტრუზივი მიეკუთვნება მცირესიღრმულ მაგმურ კერებს, რომელთა ფორმირება ხდება ლითოსფეროს ნაოჭა სისტემების ენსიმატურ ზონაში, ხოლო სხვა ნიშნებით იგი მსგავსია დეპლექტირებული მანტიის ზედა ნაწილში გენერირებული მაგმატიტებისა. კლიჩის ინტრუზივი მიეკუთვნება ACG და RTG ტიპის მაგმატიტებს.

გვანდრის წყებას დანაოჭების კადომური (ვარისკულამდელი) ოროფაზისის გამოვლენის დროს, კლიჩის ინტრუზივის შემოჭრამდე, განცდილი ქონდა სტავროლით-ბიოტიტ-ანდალუზიტური და სტავროლით-სილიმანიტური

სუბფაციის პირობების შესაბამისი რეგიონული მეტამორფიზმი. რიგი გეოთერმომეტრისა და გეობარომეტრის გამოყენებით, ასევე გეოქიმიური და პეტროქიმიური მონაცემების გაანალიზებით დადგინდა, რომ გვანდრის წყების კადომური რეგიონული მეტამორფიზმის პირობები შეესაბამება $T=430-540^{\circ}\text{C}$, ხოლო $P\approx 3\text{კბრ}$.

კლიჩის ინტრუზივის ზემოქმედებით მოხდა გვანდრის წყების ინტენსიური კონტაქტურ-თერმული გარდაქმნა, რამაც მოგვცა ბიოტიტ-მუსკოვიტიანი გნეისებისა და რქაულების ფაციესის მთელი ინტერვალი, სადაც კონტაქტური მეტამორფიზმის პიკია 620°C .

ინტრუზივის ეკზოკონტაქტში განვითარებულია ფელსები, სადაც ავტორის მიერ დადგენილია ინვერსია – $\text{And}\rightarrow\text{Sil}$ და, ასევე რეაქციები: $\text{St}+\text{Qz}\rightarrow\text{Crd}+\text{Grt}+\text{Sil}\pm\text{And}\pm\text{Spl}+\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ms}+\text{St}+\text{Qz}\rightarrow\text{Sil}+\text{Bt}+\text{H}_2\text{O}$, $\text{St}\rightarrow\text{Crd}+\text{Spl}$, $\text{St}\rightarrow\text{And}(\text{Sil})+\text{Spl}$, იშვიათად – $\text{St}+\text{Ged}\rightarrow\text{Grt}+\text{Crd}+\text{Spl}+\text{H}_2\text{O}$. ჩატარებულია ფელსების პეტროგრაფიულ-მინერალოგიური კვლევა, დადგენილია მათი ქიმიზმი.

გვანდრის წყებასა და კლიჩის გაბრო-დიორიტულ ინტრუზივს ერთდროულად განცდილი აქვს გვიანვარისკული რეგიონული მეტამორფიზმი: $T=530-630^{\circ}\text{C}$, $P<3\text{კბრ}$. ამ მონაცემებისა და საკვლევ რაიონის კრისტალური ქანების გეოლოგიური სიტუაციის შეფასებით, წარმოდგენილია გვანდრის წყების მეტამორფიტების, ფელსების და გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის პეტროგენული მოდელი.

კლიჩის ინტრუზივის ცირკონების U-Pb LA-ICP-MS დათარიღების მეთოდის გამოყენებით ინტრუზივში განვითარებული ცირკონების 30 მარცვალში შესრულებულია 39 გაზომვა. 38 გაზომვის შედეგი ერთმანეთთან საკმაოდ მიახლოებულია და გვაძლევს საშუალო მნიშვნელობას 310.9 ± 2.4 მლნ. წ. მიღებული მონაცემები გვიანვარისკულ ენდოგენურ პროცესს ეთანადება. ეს მონაცემები შეესაბამება გვანდრის წყების ქანებსა და კლიჩის გაბრო-დიორიტულ ორთოგნეისებში გვიანვარისკული რეგიონული მეტამორფიზმის გამოვლენის ასაკს. ცირკონის ერთ-ერთ მარცვალში დაფიქსირებულია ასაკი – 428 ± 9 მლნ. წ.

ნაშრომში წარმოდგენილია კვლევის რიგი ახალი მეცნიერული შედეგი. მათ შორის: ცალსახადაა დადგენილი კლიჩის ინტრუზივის ვარისკულამდელი ასაკი, პირველადაა შესრულებული დეტალური პეტროლოგიურ-მინერალოგიური და

გეოქიმიური კვლევები, კვლევის უახლესი მეთოდების გამოყენებით წარმოდგენილია ინტრუზივის ფორმირების პეტროგენული მოდელი; დადგინილია, რომ ინტრუზივის შემოჭრამდე, გვერდით ქანებს განცდილი ქონდათ სტავრლითური ფაციესის პირობების შესაბამისი რეგიონული მეტამორფიზმი, ხოლო კონტაქტური მეტამორფიზმის დროს გარდაქმნის PT პირობები გაცილებით მაღალი იყო.

კვლევისას შესწავლილი იქნა ინტრუზივის ეკზოკონტაქტში განვითარებული ქანები - ფელსები, რომელთა სრული პროგრამით ჩატარებული კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ ისინი წარმოადგენს I დეკორატიული კლასის მოსაპირკეთებელ ნედლეულს.

წარმოდგენილი კვლევა მნიშვნელოვანი წვლილია კავკასიონის ალპურამდელი დროის მაგმატიზმის შესწავლაში. ნაშრომი აქტუალურია და რიგ მეცნიერულ საკითხთან ერთად, ეხება დიდი ხნის სადისკუსიო საკითხს – კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის ფორმირებისა და მისი მეტამორფიზმის ასაკის დადგენას.

ABSTRACT

The gabbro-diorite intrusive of the Klich is located in the Pass subzone of the structural zone of the Greater Caucasus main range. A thick concordant body of the intrusive is mapped in the basin of the river Klich (headwaters of the river Kodori), in the territory of mountainous Abkhazia. It is located in the Gvandra suite and underwent deformation and metamorphism together with it. Among the intrusive rocks, the most widespread are gneissized hornblende and weakly biotitized diorites, and their marginal representatives - gabbro and especially quartz diorites are found in relatively small quantities. In the intrusion rocks primary magmatic minerals are observed: gray or greenish-gray hornblende and plagioclase of labrador-bitovnite series, and from metamorphic minerals - biotite, cummingtonite and garnet.

The level of knowledge of the Klich gabbro - diorite intrusion from the viewpoint of geological and geochemical studies does not correspond to the level of knowledge of other intrusions that formed in the Greater Caucasus Main Range zone. The main purpose of the research is a complex study of the Klich intrusion, which in its turn will equal the level of knowledge of this object to the level of knowledge of other intrusions of the Pass subzone. To achieve this goal, the following activities were outlined:

- 1) Detailed and complex (geological, mineralogical, petrological and geochemical) study of the Klich gabbro diorite intrusive; 2) determination of PT conditions of metamorphism; 3) presentation of a petrogenic model of intrusion formation; 4) study of the processes of contact impact on the host rocks of the intrusion; 5) Determination of the age of the Klich gabbro-diorite intrusion.

Factual material required for the study was obtained from all the outcrops of the Klich intrusive, including exo- and endocontact halos.

In the present study both traditional and modern analytical methods are applied: Mineral composition have been determined in the Mineral Composition Analysis Laboratory of the Institute of Geology, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of Ore Deposits of the Russian Academy of Sciences on the JEOL JXA-8200 microprobe; the content of petrogenic

elements, Re and REE has been determined in the chemical laboratory of TSU, Al.Janelidze Institute of Geology using an X-ray fluorescence spectrometer. The complete silicate analysis of the rocks was carried out in the laboratory of Taiwan National University. The age of the rocks was determined by the U-Pb LA-ICP-MS zircon dating at Chang-Cheng National University of Taiwan. Petro-chemical diagrams were plotted; spiderograms of RE and REE were constructed and analyzed using modern computer programs; geochemical typification of rocks was accomplished; the conditions of regional and contact metamorphism were evaluated using a number of geothermometers and barometers.

Petrochemical and geochemical studies based on completely new data on the content of petrogenic, rare and rare-earth elements, as well as on the data of modern variation diagrams, was established that the composition of the gabbro-diorite intrusion of the Klich varies between gabbro and quartz diorites. It corresponds to a weakly differentiated low-potassium series. The Klich intrusive is characterized by mixed characteristics: in a number of signs the intrusive belongs to the shallow magmatic chambers, which are formed in the ensimatic zone of the folded systems of the lithosphere, while in other signs it is similar to the magmatites generated in the upper part of the depleted mantle. Klich intrusive belongs to ACG and RTG type magmatites.

During the manifestation of the Cadomian orophase (pre-Variscan) of folding, before the invasion of the Klich intrusion, the Gwande suite had underwent regional metamorphism corresponding to the conditions of staurolite-biotite-andalusite and staurolite-sillimanite subfacies. Using a number of geothermometers and geobarometers, as well as analysis of geochemical and petrochemical data, it was established that the conditions of the Cadomian regional metamorphism of the Gwandra suite correspond to $T = 430-540^{\circ}\text{C}$, and $P \approx 3$ kbar.

Under the influence of the Klich intrusive, an intensive contact-thermal altering of the Gwandra suite took place, giving us a whole interval of biotite-muscovite gneisses and hornfels facies, where the peak of contact metamorphism is 620°C .

In the exocontact of the Intrusion felsars are spread where the author established an inversion – $\text{And} \rightarrow \text{Sil}$ and also the reactions: $\text{St} + \text{Qz} \rightarrow \text{Crd} + \text{Grt} + \text{Sil} + \text{And} + \text{Spl} + \text{H}_2\text{O}$, $\text{Ms} + \text{St} + \text{Qz} \rightarrow \text{Sil} + \text{Bt} + \text{H}_2\text{O}$, $\text{St} \rightarrow \text{Crd} + \text{Spl}$, $\text{St} \rightarrow \text{And}(\text{Sil}) + \text{Spl}$, rarely – $\text{St} + \text{Ged} \rightarrow \text{Grt} + \text{Crd} + \text{Spl} + \text{H}_2\text{O}$.

Petrographic-mineralogical research of felses has been carried out; their chemical composition has been established.

The Gwandra suite and the Klich gabbro-diorite intrusive underwent the Late Variscan regional metamorphism: $T = 530-630^{\circ}\text{C}$, $P < 3$ kbar. Based on these data and the assessment of the geological situation of the crystalline rocks of the study area, a petrogenic model of metamorphites, felses and gabbro-diorite intrusive is presented.

Using a U-Pb LA-ICP-MS zircon dating 39 measurements were performed in 30 grains of zircons spread in the Klich intrusive. The results of 38 measurements are rather close to each other and give us an average value of 310.9 ± 2.4 Ma. The obtained data match the Late Variscan endogenous process. These data are consistent with the age of detection of the Late Variscan regional metamorphism in the rocks of the Gwandra suite and in the gabbro-diorite orthogneisses of the Klich. In one of zircon grains an age of 428 ± 9 Ma is established.

The paper presents a number of new scientific results of the research. Among them: the pre-Variscan age of the Klich intrusive is clearly established, detailed petrological-mineralogical and geochemical studies are performed for the first time, the petrogenic model of the formation of intrusive is presented using the latest research methods; It is established that prior to the invasion of the intrusive, the adjacent rocks experienced regional metamorphism corresponding to the staurolitic facies conditions, whereas the PT conditions of transformation during contact metamorphism were much higher.

During the research, the rocks – felses, formed in the exocontact of the intrusive were studied. According to the results of a full-program study of felses it was established that they represent a facing raw material of the first decorative class.

The presented study is an important contribution to the study of the pre-Alpine magmatism of the Greater Caucasus. The work is actual and along with some scientific issues, concerns a long-standing debatable problem - the determination of the age of formation of the Klich gabbro-diorite intrusion and its metamorphism.

სარჩევი

1. შესავალი 1 გვ.
2. ფაქტიური მასალა და კვლევის მეთოდები 4 გვ.
3. კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის შესწავლილობის
რაიონის ისტორია და გეოლოგიური დახასიათება 12 გვ.
4. კლიჩის ინტრუზივის პეტროლოგია და მინერალოგია 25 გვ.
5. კლიჩის ინტრუზივის პეტროქიმია და გეოქიმია 33 გვ.
6. კლიჩის ინტრუზივის კონტაქტური მეტამორფიზმი 50 გვ.
7. კლიჩის ინტრუზივის ასაკი, ფორმირების პეტროგენული
და გეოდინამიკური მოდელი 64 გვ.
 - 7.1 კლიჩის ინტრუზივის ცირკონებით დათარიღების U-Pb LA-ICP-MS
მეთოდით მიღებული გეოქრონოლოგიური შედეგები 64 გვ.
 - 7.2 კლიჩის ინტრუზივის ფორმირების პეტროგენული და
გეოდინამიკური მოდელი 70 გვ.
8. დასკვნები 72 გვ.
9. გამოყენებული ლიტერატურა 75 გვ.

მინერალთა სიმბოლოების განმარტებები

ვიტნისა და ევანსის (Withney and Evans, 2010) კლასიფიკაციის მიხედვით

Ab - ალბიტი	Dol - დოლომიტი	Prl - პიროფილიტი
Act - აქტინოლითი	Ep - ეპიდოტი	Scp - სკაპოლიტი
And - ანდალუზიტი	Ged - ჟედრიტი	Ser - სერიციტი
Adr - ანდრადიტი	Grs - გროსულარი	Sil - სილიმანიტი
Ank - ანკერიტი	Grt - გრანატი	Spl- შპინელი
Ath - ანტოფილიტი	Hbl - რქატყუარა	Spn - სფენი
Bt - ბიოტიტი	Hyp - ჰიპერსტენი	St - სტავროლითი
Cal - კალციტი	Ky - კიანიტი	Stp - სტიპლომელანი
Chl - ქლორიტი	Mc - მიკროკლინი	Tlc - ტალკი
Cld - ქლორიტოიდი	Ms - მუსკოვიტი	Tr - ტრემოლიტი
Cpx-კლინოპიროქსენი	Or - ორთოკლაზი	Tur - ტურმალინი
Cum - კუმიგტონიტი	Pl - პლაგიოკლაზი	Qz - კვარცი
Crd - კორდიერიტი	Pmp - პუმპელიტი	Zo - ცოიზიტი
Czo - კლინოცოიზიტი		

დისერტაცია შესრულებულია ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გეოლოგიის დეპარტამენტსა და თსუ-ს ალ. ჯანელიძის გეოლოგიის ინსტიტუტის პეტროლოგიის, მინერალოგიის, ვულკანოლოგიის და ლითოლოგიის განყოფილებაში გეოლოგიურ-მინერალოგიურ მეცნიერებათა დოქტორის თამარ წუწუნავას ხელმძღვანელობით, ავტორი გულწრფელ მადლობას უხდის მას.

სამუშაო პროცესში დახმარებისთვის ავტორი მადლობას უხდის თსუ-ს ზუსტ და საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტის გეოლოგიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელს, გეოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორს, პროფესორ ბეჟან თუთბერიძეს, ასისტენტ პროფესორ მარიამ ახალკაციშვილს და ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის სამეცნიერო კვლევებისა და განვითარების სამსახურის უფროსს რუსუდან ინჭირველს.

ასევე, სამეცნიერო კვლევის პროცესში ავტორს ეხმარებოდნენ ალ. ჯანელიძის გეოლოგიის ინსტიტუტის თანამშრომლები: გეოლოგიურ-მინერალოგიურ მეცნიერებათა კანდიდატი გ.ჭიჭინაძე, აკადემიური დოქტორი გ. ბერიძე, ასევე, ქ. თედლიაშვილი, ი. მშვენირაძე, თ. ბერიძე, ე. ახვლედიანი, ნ. მაისურაძე ავტორი ყველა მათგანს მადლობას უხდის.

და ბოლოს, ავტორი განსაკუთრებულ მადლობას უხდის გეოლოგიურ-მინერალოგიურ მეცნიერებათა დოქტორს, აკადემიკოს, პროფესორ დავით შენგელიას სამუშაო პროცესში განსაკუთრებული დახმარებისა და თანადგომისთვის.

1. შესავალი

კავკასიონის მთავარი ქედის სტრუქტურული ზონის ალპურისწინა წარმონაქმნები ერთ-ერთი კარგად შესწავლილი რეგიონია და მისი კვლევის დონე შეესაბამება თანამედროვე სტანდარტებს. თუმცა არის გამონაკლისებიც. ერთ-ერთ ასეთ უბანს წარმოადგენს ნაშრომის კვლევის ძირითადი ობიექტი - კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივი, რომელიც, დაახლოებით 10კმ²-ზე შიშვლდება.

თემის აქტუალობა: კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის შესწავლის დონე გეოლოგიური და გეოქიმიური კვლევის თვალსაზრისით ჩამოუვარდება კავკასიონის მთავარი ქედის ზონის ინტრუზივების შესწავლილობის დონეს. ჩატარებული მეცნიერული კვლევა გარკვეული წვლილია კავკასიონის ალპურისწინა დროის ფუძე მაგმატიზმის შესწავლაში და აღნიშნული წარმონაქმნის შესწავლილობის დონე გაუთანაბრდება კავკასიონის კრისტალინიკუმის შესწავლილობის საერთო დონეს.

ნაშრომი მეტად აქტუალურია და ეხება დიდი ხნის სადისკუსიო საკითხებს – როგორცაა კვლევის უშუალო ობიექტის კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის, ასევე კავკასიონის ალპურისწინა ფუნდამენტისა და რეგიონული მეტამორფიზმის ასაკს. იზოტოპური გეოქრონოლოგიის თანამედროვე მეთოდების გამოყენებითა და ახალი გეოლოგიური მონაცემებით პირველად დასაბუთებულია კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის სუდეტურისწინა ინტრუზივის რეგიონული მეტამორფიზმის გვიანვარისკული ასაკი.

ინტრუზივის დეტალურ და კომპლექსურ შესწავლას აქვს როგორც მეცნიერული, ასევე პრაქტიკული მნიშვნელობა. ეს უკანასკნელი გულისხმობს კლიჩის ბაზიტური ინტრუზივის კონტაქტურ არეალში განვითარებულ საუკეთესო ქარგის მქონე მასიური, მკვრივი მეტამორფიტების — ფელსების¹ მოსაპირკეთებელ მასალად გამოყენების პერსპექტივების განსაზღვრას.

¹ ფელსი ჰ. ვინკლერის (Винклер, 1969) მიხედვით მკვრივი, მასიური მეტამორფული ქანია

კვლევის მიზანი და ამოცანები: კვლევის მთავარი მიზანია კლიჩის ინტრუზივის კომპლექსური შესწავლა, რაც თავის მხრივ გაუთანაბრებს აღნიშნული ობიექტის შესწავლილობის დონეს საუღელტეხილო ქვეზონის სხვა ინტრუზივების შესწავლილობას. ამ მიზნის მისაღწევად დასახული იქნა შემდეგი აქტივობების განხორციელება:

1) კლიჩის გაბრო დიორიტული ინტრუზივის დეტალური და კომპლექსური გეოლოგიური, მინერალოგიური, პეტროლოგიური და გეოქიმიური შესწავლა; 2) მეტამორფიზმის PT პირობების განსაზღვრა; 3) ინტრუზივის ფორმირების პეტროგენული მოდელის წარმოდგენა; 4) ინტრუზივის შემცველ ქანებზე კონტაქტური ზემოქმედების პროცესების შესწავლა; 5) კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის ასაკის დადგენა. 6) კლიჩის ბაზიტური ინტრუზივის კონტაქტურ არეალში განვითარებულ საუკეთესო ქარგის მქონე მასივური, მკვრივი მეტამორფიტების — ფელსების მოსაპირკეთებელ მასალად გამოყენების პერსპექტივების განსაზღვრა.

სამეცნიერო სიახლე: ნაშრომში წარმოდგენილია კვლევის რიგი ახალი მეცნიერული შედეგი:

პირველად შესრულდა კლიჩის ინტრუზივის დეტალური გეოლოგიური, პეტროლოგიურ-მინერალოგიური შესწავლა;

ცირკონების დათარიღების U-Pb LA-ICP-MS მეთოდით დადგინდა კლიჩის გაბროდიორიტული ინტრუზივში განვითარებული ცირკონების ასაკი — 310.9 ± 2.4 მლნ.წ.;

პირველად შესრულდა კლიჩის ინტრუზივის, გვანდრის წყებისა და ფელსების ქანმაშენი მინერალების მიკროზონდული კვლევა და ქანების იზოტოპური და იზოტოპურ გეოქიმიური კვლევა;

რიგი გეოთერმომეტრის და ბარომეტრის, ასევე ძირითადი საყრდენი მინერალური პარაგენეზის გამოყენებით დადგინდა კლიჩის ინტრუზივისა და მისი კონტაქტომიჯნე ქანების ფორმირების ტემპერატურული პირობები და წარდმოდგენილი იქნა ინტრუზივის ფორმირების პეტროგენული მოდელი;

განისაზღვრა ფელსების როგორც როგორც მოსაპირკეთებელი ნედლეულად გამოყენების პერსპექტივები.

ნაშრომის აპრობაცია და პუბლიკაციები: სამეცნიერო კვლევის შედეგები წარმოდგენილია სამი სტატიის სახით: ერთი გამოქვეყნებულია ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ალ.ჯანელიძის გეოლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებულში, მეორე საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მოამბეში, მესამე საერთაშორისო ჟურნალ „Geologica Carpathica“-ში. შესრულებული სამუშაოების შედეგები მოხსენებულია ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის კონფერენციებსა და სემინარებზე, ასევე საერთაშორისო კონფერენციებზე.

2. ფაქტიური მასალა და კვლევის მეთოდები

ფაქტიური მასალა მოპოვებულია კლიჩის ინტრუზივის ყველა ხელმისაწვდომ გამოსავლიდან, მათ შორის ევზო და ენდოკონტაქტურ ორეოლებიდან, ასევე ინტრუზივის მიმდებარე გვანდრის წყების ქანებიდან. 350 გამჭვირვალე თლილი შესწავლილია მიკროსკოპულად.

მინერალების მიკროზონდული კვლევებით შესწავლილია კლიჩის ინტრუზივისა და მისი შემცველი გვანდრის წყების კონტაქტურად მეტამორფიზირებული ქანების ყველა სახეობა.

მინერალების (პლაგიოკლაზი, ბიოტიტი, რქატყუარა, გრანატი, კუმინგტონიტი) შედგენილობა განსაზღვრულია რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის მადნეული საბადოების გეოლოგიის, პეტროგრაფიის, მინერალოგიისა და გეოქიმიის ინსტიტუტის (მოსკოვი) მინერალების შედგენილობის ანალიზის ლაბორატორიაში JEOL JXA-8200 მიკროზონდზე.

ქანების გეოქიმიური განსაზღვრები შესრულებულია ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ალ. ჯანელიძის გეოლოგიის ინსტიტუტის ქიმიურ ლაბორატორიაში.

ტაივანის ნაციონალურ უნივერსიტეტის ლაბორატორიაში შესრულებულია ნიმუშების სრული სილიკატური ანალიზები, რომლის მიხედვითაც აგებულია პეტროქიმიური დიაგრამები. ასევე ტაივანის უნივერსიტეტის ლაბორატორიაში შესრულებულია იშვიათი და იშვიათმიწა ელემენტების ანალიზები. თანამედროვე კომპიუტერული პროგრამების გამოყენებით აგებული და გაანალიზებულია იშვიათი და შვიათმიწა ელემენტების სპაიდერგრამები.

ახალი ფაქტიური მასალისა და თანამედროვე და კლასიკური დიაგრამების გამოყენებით შესრულებულია ქანების გეოქიმიური ტიპიზაცია.

კლიჩის ინტრუზივი დათარიღებულია ცირკონების U-Pb LA-ICP-MS მეთოდით. ცირკონების მარცვლების გამოსაყოფად გამოყენებული იქნა სტანდარტული

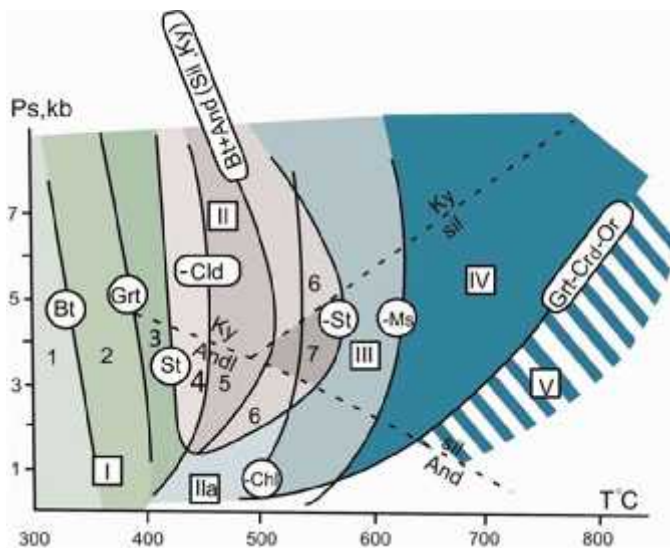
დამსხვრევა/გაცრის, მაგნიტური, მძიმე ხსნარებით სეპარირების ტექნიკები, რის შემდგომაც მოხდა მათი ბინოკულარული მიკროსკოპის ქვეშ ხელით გამოცალკავება. გამოცალკავებული ცირკონის მარცვლები, სტანდარტული მასალის მარცვლებთან ერთად მოთავსდა ეპოქსიდში, შემდეგ მოხდა მათი გაპრიალება და არეკლილი და გამავალი შუქით მიღებული იქნა კათოდოლუმინესცენცური გამოსახულება. კლიჩის ინტრუზივის ცირკონების ცალკეული მარცვლების U-Pb LA-ICP-MS მეთოდით დათარიღება განხორციელდა ტაივანის ჩანგ-ჩენგის ეროვნულ უნივერსიტეტში, aligent 7500s ICP-MS აღჭურვილი ახალი თაობის UP2013 ლაზერულ აბლაციური სისტემით. ლაზერული წერტილები შერჩეული იქნა CL გამოსახულებებში არსებული ზონირების მიხედვით. დაკალიბრებისთვის გამოყენებული იქნა, როგორც GJ-1 ცირკონების მეთოდი (Jackson et al.2004), ასევე ე.წ „ პლესოვიცეს“ (plesovice) ცირკონები (Slama et al.2008). ყველა U-Th-Pb იზოტოპების თანაფარდობა გამოთვლილი იქნა GLITTE 4.4.2 (GEMOC) პროგრამული უზრუნველყოფით და საერთო ტყვიის იზოტოპების თანაფარდობა კორექტირებული იქნა ანდერსენის (Andersen, 2002) მეთოდის გამოყენებით. ჩვენს მიერ გამოყენებული იქნა იზოტოპი v.3.0 (Ludwig, 2003) U-Pb საშუალო შეწონილი ასაკის გამოსათვლელად, სიმკვრივის ალბათობის მრუდების განსაზღვრისა და კონკორდატული გრაფიკების ასაგებად.

ფელსების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები, ისევე როგორც ტექსტურისა და დეკორატიულობის მაჩვენებლების განსაზღვრა განხორციელდა კავკასიის ალ. თვალჭრელიძის მინერალური ნედლეულის ინსტიტუტში.

რეგიონული და კონტაქტური მეტამორფიზმის მინერალური პარაგენეზისების დახასიათებისას ჩვენ ვსარგებლობთ მეტამორფიტების საწყისი ქანების შემდეგი კლასიფიკაციით: განხილულია ორი ძირითადი კლასის მეტამორფიტები - მეტაპელიტები და CaO მდიდარი ქანები. ტერმინი „მეტაპელიტი“ გამოყენებულია თიხიანი დანალექი წარმონაქმნების მეტამორფული ექვივალენტებისთვის, რომლებიც ხასიათდება Ca: (Al+Mg+Fe) დაბალი შეფარდებით და ამიტომ არ შეიცავენ კალციუმიან სილიკატებს. როგორც ცნობილია, მეტაპელიტების მინერალური შედგენილობა

მნიშვნელოვნად განისაზღვრება მათი კალიუმით გაჯერების ხარისხით. ამ მახასიათებლებით ისინი იყოფა სამ ჯგუფად: K_2O გადაჯერებული (ლიტერატურაში ხშირად მოიხსენიებენ როგორც კვარც მინდვრის შპატიან ქანებს) სახეობას მიეკუთვნება ქანები ჭარბი კალიშპატით, დაწყებული მწვანე ფიქლების ფაციესით; გაჯერებული - მუსკოვიტის (ფენგიტის) ჭარბი შემცველობის ქანები, ხოლო მისი მაღალტემპერატურული დაშლით - კალიშპატის ჭარბი შემცველობით; გაუჯერებელი - ქანები რომლებიც არ შეიცავენ ამფიბოლებს, მუსკოვიტსა და კალიშპატს, ერთადერთი კალიუმიანი მინერალის - ბიოტიტის შემცველობით (Шенгелиა, Кецховელი 1982)

ნაშრომში გამოყენებულია გამარტივებული სახით წარმოდგენილი მეტამორფული სუბფაციებისა და ფაციესების გამოყოფის პეტროგენული სქემა (Кориковский, 1979)



სურ 2.1. მეტამორფული ფაციესებისა და სუბფაციების გამარტივებული სქემა (Кориковский, 1979). რომელიც ციფრებით აღნიშნულია ფაციესები, არაბულით - სუბფაციები, მინერალების სიმბოლოებით კი - კრიტიკული მინერალების ან პარაგენეზისების გაჩენა და გაქრობა (-)

ველი I შეესაბამება მწვანე ფიქლების ფაციესის სამ ტემპერატურულ სუბფაციეს: ბიოტიტურის წინას (ქლორიტ-სერიციტული კლასიკური კლასიფიკაციით), ბიოტიტურს და გრანატულს (1-3), რომლებიც ერთმანეთისგან გამოიჯნულია ბიოტიტისა და გრანატის იზოგრადებით.

ტემპერატურის მატებასთან ერთად მწვანე ფიქლების ფაციესს ანაცვლებს სტავროლიტური ფაციესი (ველი II), რომელიც შემოსაზღვრულია იზობარით, სადაც წნევის

მნიშვნელობა >1.5 კბარი; მისი ტემპერატურული საზღვრები კი შეესაბამება ველს, რომელიც შემოიფარგლება სტავროლიტის გაჩენითა და გაქრობით. ამ ფაციესში გამოიყოფა სტავროლიტ-ქლორიტოიდული, სტავროლიტ-ქლორიტული და სტავროლიტ-ბიოტიტ-ანდალუზიტური (სილიმანიტური, კიანიტური) სუბფაციესები. Al_2SiO_5 პოლიმორფიზმის სტაბილურობა განპირობებულია წნევით. სტავროლიტური ფაციესის მცირე სიღრმული ($Ps < 1.5$ კბარი) ანალოგია ბიოტიტ-ქლორიტ-ანდალუზიტ-მუსკოვიტური სუბფაციესი (ველი IIa).

სტავროლიტის ($Ps < 1.5$ კბარი) ან ქლორიტის ($Ps < 1.5$ კბარი) პროგრესული დაშლის შედეგად გამოიყოფა ბიოტიტ-მუსკოვიტიანი გნეისებისა და რქაულების ფაციესი (ველი III), რომლის კრიტიკული პარაგენეზისია $Ms + Qz$. იგი სხვადასხვა ტემპერატურისა და წნევის პირობებში გვხვდება თიხამიწის სილიკატებსა და მინდვრის შპატთან ერთად. სტავროლიტური და ბიოტიტ-მუსკოვიტ-გნეისური ფაციესების გაერთიანებული ველი შეესაბამება ტრადიციულ ეპიდოტ-ამფიბოლიტურ ფაციესს.

მუსკოვიტის საბოლოო დაშლის შემდეგ გამოიყოფა ბიოტიტ-სილიმანიტ-კალიუმის მინდვრის შპატანი (ველი IV) და გრანატ-კორდიერიტ-ბიოტიტ-სილიმანიტ-კალიუმის მინდვრის შპატანი (ველი V) ფაციესები.

დიაგრამაზე (სურ. 2.1.) გამოყოფილია შემდეგი სუბფაციესები: 1 - ქლორიტ-სერიციტული (ბიოტიტურისწინა), 2- ბიოტიტური, 3 - გრანატული (ალმანდინ-ქლორიტ-ქლორიტოიდული), 4 - სტავროლიტ-ქლორიტოიდული, 5 - სტავროლიტ-ქლორიტული, 6 - სტავროლიტ-ბიოტიტ-ანდალუზიტური (კიანიტური), 7 - სტავროლიტ-სილიმანიტური.

ქვემოთ მოცემულია თითოეული სუბფაციესისთვის დამახასიათებელი მინერალური პარაგენეზისები სხვადასხვა ტიპის ქანებში: 1- მაღალთიხამიწიანი მეტაპელიტები; 2- K_2O გაჯერებული მეტაპელიტები; 2a - კორდიერიტიანი მაგნეზიური მეტაპელიტები; 3 - K_2O გაუჯერებელი მეტაპელიტები; 4 - კალიუმის მინდვრის შპატანი მეტაპელიტები და არკოზები; 5 - K-Na მეტაფსამიტები, Na მეტაპორფიროიდები; 6 - მეტაბაზიტები, კარბონატული მეტაქვიშაქვები, ფუძე ტუფები; 7 - კარბონატულ-სილიკატური ქანები.

I. მწვანე ფიქლების ფაცვისი

1. ქლორიტ-სერიციტული (ბიოტიტურისწინა) სუბფაცვისი

1. Prl+Ser+Chl+Qz±Cld_{Fe}
2. Chl+Ser±Ab+Qz
3. Prl+Chl±Cld+Qz, Stp+Chl±Tlc_{Fe-Mg}+Qz
4. Chl+Ser±Stp+Mc+Ab+Qz
5. Chl+Ser±Ep±(Ank, Cal)+Ab+Qz
6. Chl+Ep+Act±Pmp±(Ank, Cal)+Ab+Qz
7. Cal±Dol±Pmp±Tr±Chl

2. ბიოტიტური სუბფაცვისი

1. Cld+Prl>(And, Ky)+Ser+Chl+Qz
2. Chl₀₋₁₀₀+Ser±Ab±Qz (Stp)
3. Cld+Chl± And(Ky)+Qz, Stp+Chl±Cum_{Fe}±Tlc_{Fe-Mg}+Qz
4. Bt+Chl+Ser+Mc+Ab+Qz
5. Chl₀₋₁₀₀+Ser+Bt±(Ank, Cal)±Ep+Ab+Qz
6. Act_{Al2O3< 4%}+Chl+Ep±(Ank, Cal)+Ab+Qz (±Hrb_{მოცისფრო, მოლურჯო-მწვანე})
7. Tr+Chl+Czo+Cal(±Ank)

3. გრანატული (ალმანდინ-ქლორიტ-ქლორიტოიდული სუბფაცვისი)

1. Cld+And(Ky)+Chl_{75<}+Ser+Qz, Grt₉₃₋₁₀₀+Cld+Chl_{75<}+Ser+Qz
2. Grt₉₃₋₁₀₀+Chl_{75<}+Ser±Ab(Pl)+Qz
3. Cld+Chl±Grt±And(Ky)+Qz, Cum+Chl±Grt±Stp+Qz
4. Bt+Ser+Mc+Ab(Pl)+Qz
5. Bt±Grt₉₃₋₁₀₀+Chl_{75<}+Ser±Ep+Ab(Pl)+Qz
6. Hrb_{მოცისფრო-მწვანე}.(±Act_{Al})+Chl_{75<}+Ep±(Ank, Cal)±Grt+Ab(Pl)+Qz

II - სტავროლიტური (ეპიდოტ-ამფიბოლიტური) ფაციესი ($P_s > 1.5$ კბარი)

1. სტავროლიტ-ქლორიტოიდული სუბფაციესი

1. $St + Cld \pm Chl + And(Ky) + Ms + Qz, Cld + Grt_{85-100} + Chl_{60 <} \pm Bt + Ms + Qz$
2. $Grt_{85-100} + Bt + Chl_{60 <} + Ms \pm Qz$
- 2a. $Bt_{Mg} + Crd_{Mg} + Chl + Ms + Qz$ (მხოლოდ And-Sil კომპლექსში)
3. $St + Cld \pm Grt \pm And(Ky) + Qz, Cum + Chl \pm Grt \pm Qz$
4. $Bt + Ms + Mc \pm Grt + Pl + Qz$
5. $Bt \pm Grt_{85-100} + Chl_{60 <} + Ms \pm Ep + Pl + Qz$
6. $Hrb_{\text{მოცისფრო-მწვანე}} + Chl_{60 <} + Ep \pm (Ank, Cal) \pm Grt + Pl + Qz$
7. $Tr(Hrb_{\text{უფერო}}) + Chl + Czo(Zo) + Cal(Ank) \pm Scp \pm (Grs - ADR)$

2. სტავროლიტ-ქლორიტოიდული სუბფაციესი

- 1 $St + Chl_{50 <} + And(Ky) + Grt + Ms + Qz$
- 2 $Bt + Grt_{80-100} + St + Chl_{50 <} + Ms + Qz$
- 2a $Bt_{\sim Mg} + Crd_{\sim Mg} + Chl + Ms + Qz$ (And-Sil ტიპის კომპლექსში)
- 3 $St + Grt + And(Ky) \pm Chl + Qz, Cum \pm Chl \pm Ath + Grt + Qz$
- 4 $Bt + Ms + Mc \pm Grt + Pl + Qz$
- 5 $Bt \pm Grt_{80-100} \pm Chl_{45 <} + Ms \pm Ep + Pl + Qtz$
- 6 $Hbl_{\text{მოცისფრო-მწვანე}} + Chl_{50 <} + Ep \pm (Ank, Cal) \pm Grt_{80-100} + Pl + Qz$
- 7 $Hbl_{\text{უფერო}} + Chl + Czo(Zo) \pm Cal \pm Scp \pm (Grs - ADR)$

3. სტავროლიტ-ბიოტიტი-ანდალუზიტის (კიანტიანი) სუბფაციესი

- 1-2 $St + And(Ky) + Grt + Bt_{75-100} + Ms + Qz$
- 2a $Bt_{Mg} + Chl_{0-30} + Crd_{0-15} + Ky + Ms + Qz$ (Ky-Sil კომპლექსში),
 $Bt \pm Chl + Crd_{0-30} + And + Ms + Qz$ (And-Sil კომპლექსში)
- 3 $Ged + Ky + St + Grt + Qz$ (Ky-Sil კომპლექსში),
 $St + Cor + Grt + Andl + Qz$ (And-Sil კომპლექსში)

Cum+Grt±Ged+Qz

4 Bt+Ms+Mc+Grt+Pl+Qz

5 Bt+Grt₇₅₋₁₀₀+Ms±Ep+Hbl+Pl+Qz

6 Hbl_{მოცისფრო-მწვანე}±Chl+Ep±Cal±Grt₇₅₋₁₀₀+Pl+Qz

7 Hbl_{უფერო}±Cpx+Cro(Zo)±Chl+Cal±Scp±(Adr-Grs)

4. სტავროლიტ-სილიმანიტური სუბფაციესი (Ps=3-4 კბარის პირობებში)

1-2 St+Sil+Grt₇₀₋₁₀₀+Bt+Ms±Pl+Qz

2a Bt(±Chl)±Crd₀₋₂₀+Sil+Ms+Qz (Ky-Sil კომპლექსში),

Bt(±Chl)+Crd₀₋₃₅+Sil+Ms+Qz (And-Sil კომპლექსში)

IIa - ბიოტიტ-ქლორიტ-ანდალუზიტ-მუსკოვიტიანი სუბფაციესი (Ps≤1.5 კბარი)

1-2 And+Bt±Grt+Ms+Qz

2a And+Bt+Chl+Ms+Qz, And+Crd+Chl+Ms±Qz

3 Crd±Grt±Chl+Ged+Qz, Cum+Chl+Ged(Ath)±Crd+Qz

4 Bt+Ms+Mc+Pl+Qz

5 Bt+Chl+Ms±Ep+Pl+Qz

6 Hrb_{მოცისფრო-მწვანე}+Chl±Cum±Cal±Ep+Pl+Qz

III - ბიოტიტ-მუსკოვიტიანი გნეისებისა და რქაულების ფაციესი

1-2 Sil(Ky, And)+Bt+Grt+Ms±Mc+Pl+Qz

2a Sil(Ky, Andl)+Bt+Grt+Ms±Mc+Pl+Qz

3 Ged+Sil+Grt+Crd+Qz (Ky-Sil კომპლექსში),

Crd+Grt+Sil+Qz (And-Sil კომპლექსში)

Hyp_{Fe}+Cum+Grt±Ged+Qz

4 Bt+Mc±Grt±Ms+Pl+Qz

5 Bt+Grt+Ms±Ep±Hbl+Pl+Qz

- 6 Hbl_{მწვანე(რუხ- მწვანე)}+Czo (Zo)±Grt+Pl+Qz
 7 Hbl_{უფერო ან მწვანე}+Cpx+Czo(Zo)+Cal+Scp±(Adr.-Grs)

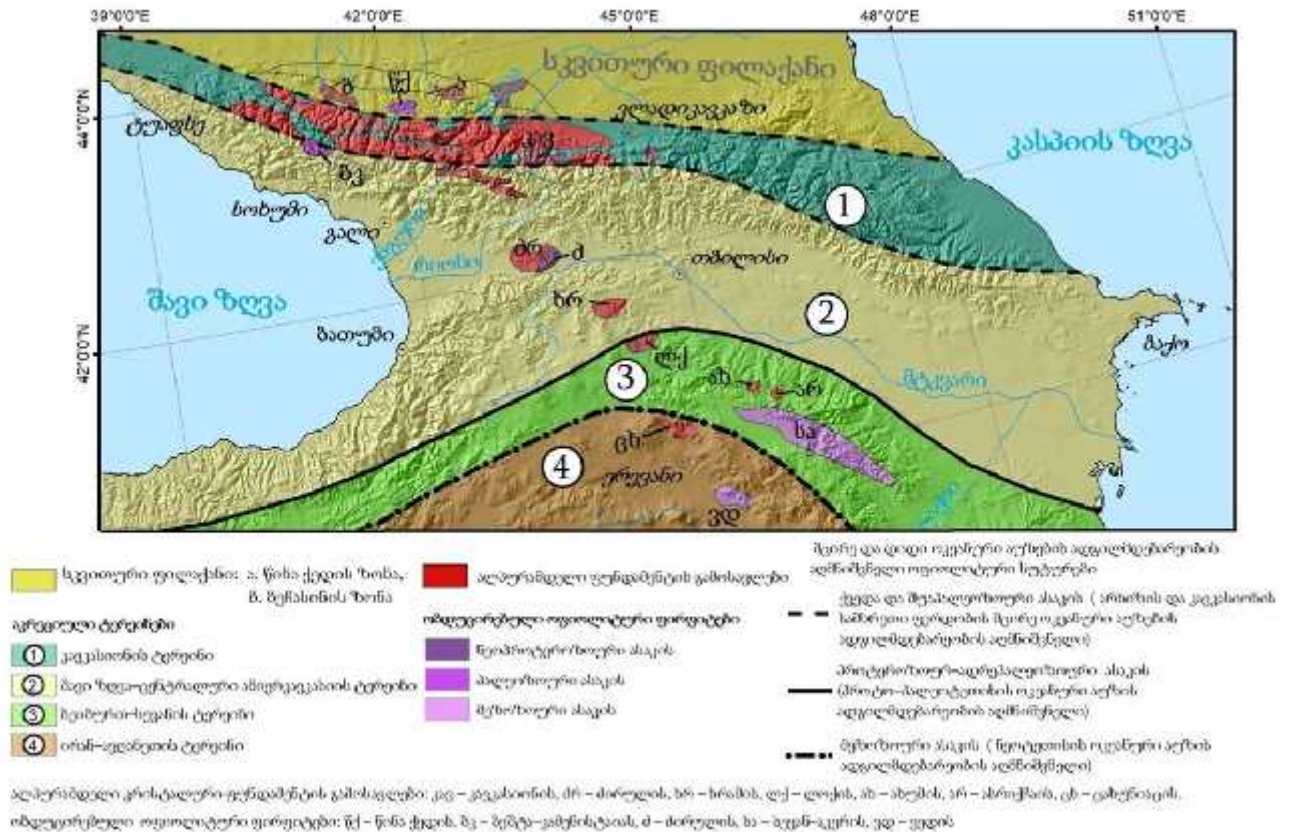
მაღალტემპერატურული ფაციესები - ბიოტიტ-სილიმანიტ-კალიუმის მინდვრის შპატიანი (ველი IV) და გრანატ-კორდიერიტ-ბიოტიტ-სილიმანიტ-კალიუმის მინდვრის შპატიანი წინამდებარე შრომაში არ არის განხილული, რადგან კლიჩის ინტრუზივის და შემცავი მეტამორფიტების ფარგლებში ისინი არ გვხვდება.

რეგიონული და კონტაქტური მეტამორფიზმის პირობები შეფასებულია რიგი გეოთერმომეტრებისა და ბარომეტრის გამოყენებით. შრომაში გრანატის, ბიოტიტისა და კორდიერიტიანი ქანებისათვის ვისარგებლეთ გრანატ-ბიოტიტიანი (Перчук, 1967; Thompson, 1975; Goldman, Albee, 1977; Ferry, Spear, 1977; Перчук, Лаврентева, 1983) გეოთერმობარომეტრებით. პლაგიოკლაზ-რქატყუარისათვის გამოყენებულია პლაგიოკლაზ-რქატყუარიანი თერმობარომეტრი (Перчук, Рябиков 1976).

შესწავლილი ქანები ფორმირების წნევის პირობების განსაზღვრა შევასრულეთ ი. არანოვიჩისა და კ. პოდლესკის (Аранович, Подлеский, 1983; Подлеский 1981) გრანატ-კორდიერიტიანი გეობარომეტრის საშუალებით. რაიონის მეტამორფული კომპლექსში ფართედ განვითარებული გრანატ-პლაგიოკლაზ-Al₂SiO₅- კვარციანი და ბიოტიტ-პლაგიოკლაზ-მუსკოვიტიანი ასოციაციებისათვის შესაბამისად გამოვიყენეთ აგრეთვე რ. ნიუტონის და გ. ჰაზელტონის (Newton, Haselton, 1981) და ფ.გენტ -მ. სტაუტის (Ghent, Stout, 1981) გეოთერმობარომეტრები.

3. კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის შესწავლილობის ისტორია და რაიონის გეოლოგიური დახასიათება

კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივი მდებარეობს კავკასიონის ტერეინის ფარგლებში (სურ. 3.1), კავკასიონის მთავარი ქედის სტრუქტურული ზონის საუღელტეხილო ქვეზონაში, მთიანი აფხაზეთის ტერიტორიაზე, მდ.კლიჩის (მდ. კოდორის სათავეები) ხეობაში.



სურ.3.1 კავკასიონის ტექტონიკური დარაიონება ტერეინული ანალიზის საფუძველზე (ე.გამყრელიძე, 1997).

კავკასიონის მთავარი ქედის ზონის ალპურისწინა წარმონაქმნები საქართველოში ერთ-ერთი კარგად შესწავლილი რეგიონია და მისი კვლევის დონე შეესაბამება თანამედროვე სტანდარტებს. თუმცა არის გამონაკლისებიც. ერთ-ერთ ასეთ უბანს წარმოადგენს კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივი, რომელიც, დაახლოებით 10კმ²-ზე შიშვლდება. მისი შესწავლის დონე გეოლოგიური და გეოქიმიური კვლევის თვალსაზრისით არ არის სრულყოფილი და ხასიათდება რიგი ხარვეზით, კერძოდ:

1. ცალსახად არ არის დადგენილი ინტრუზივის ასაკი: გ. ჩხოტუა (Чхотуа 1938) ინტრუზივის ასაკს კამბრიულის წინად მიიჩნევდა, შ.ჯავახიშვილი (Джавахишвили 1970) – ქვედაპალეოზოურად, გ.ჭიჭინაძე (Чичинадзе 1978) –შუაპალეოზოურად, მ.სომინი (Сомин, 1991) - უკავშირებს დანაოჭების სუდეტურ ფაზას, ა.ოქროსცვარიძე (Окросцваридзе 1995) – ვარისკულს, ხოლო ე.გამყრელიძე და დ.შენგელია (Гамкრелидзе, Шенгелиа 2005) ადრე ბრეტონულ ან ვარისკულისწინად ათარიღებენ;

2. მწირია ინტრუზივის შესახებ პეტროლოგიურ-მინერალოგიური და გეოქიმიური მონაცემები, საერთოდ არ არის შესრულებული მინერალების მიკროზონდული ანალიზი და ქანების გეოქიმიური კვლევა. შესაბამისად არ არსებობდა ინტრუზივის ფორმირების პეტროგენული მოდელი;

3. შეუსწავლელია ინტრუზივის ზემოქმედებით გვერდითი ქანების გარდაქმნის პროცესი;

4. ნაირგვარია მკვლევართა შეხედულება კლიჩის ინტრუზივის გვანდრის წყების ქანებზე კონტაქტური ზეგავლენის შესახებ. მკვლევართა ნაწილს (Сомин, 1971, 2007, Somin, 2011; Бибикова и др., 1991) მიაჩნია, რომ ინტრუზივის შეჭრამდე გვანდრის წყების ქანებს არ განუცდიათ რეგიონული მეტამორფიზმი და მათ ინტრუზივის ქანებთან ერთად, გვიანვარისკულ დროში ერთდროულად განიცადეს მონოციკლური რეგიონული მეტამორფიზმი. ავტორის ახალი მონაცემებით (Gamkrelidze et al., 2020) დასტურდება, რომ გვანდრის წყების ქანებს განცდილი აქვს პოლიციკლური რეგიონული მეტამორფიზმი – კლიჩის ინტრუზივის შემოჭრამდე და კლიჩის ინტრუზივის ქანებთან ერთდროულად.

ცნობა კავკასიონის საუღელტეხილო სტრუქტურული ზონის მეტამორფიტების შესახებ აღინიშნება გ. აბიხის შრომებში ჯერ კიდევ მე-19 საუკუნის 50-70 წლებში. მას შემდეგ ამ რეგიონს სწავლობდა არა ერთი გეოლოგი. გამოვეყოფთ შესწავლილობის მნიშვნელოვან ეტაპებს.

კავკასიონის წინა ქედის სტრუქტურული ქვეზონის ფარგლებში აფხაზეთის მაგმატიტებისა და მეტამორფიტების შესწავლას საფუძველი ჩაუყარა გ.ჩხოტუას მაღალმეცნიერული დონის შრომამ: „მდ. კოდორის (აფხაზეთი) სათავეების ძველი ფუძე და ულტრაფუძე ქანების პეტროგრაფიისთვის“ (Чхотуа 1938). მან პირველად დაადგინდა და შეისწავლა ამ რეგიონის აპლურისწინა მეტამორფიტები და მაგმატიტები, წარმოადგინა მათი პეტრომინერალოგიური დახასიათება და ასაკობრივი განვითარების სქემა.

გასული საუკუნის 50-იანი წლებიდან ორიგინალური, დეტალური პეტროლოგიური კვლევები მიმდინარეობდა კავკასიონის კრისტალინიკუმის შესასწავლად გ. ზარიძისა და ნ. თათრიშვილის მიერ, (Заридзе, 1961,1970; Заридзе, Татришвили 1959, 1967, 1974; Заридзе, Шенгелиа, 1978, 1999). მათი მონაცემებით, კავკასიონის საუღელტეხილო სტრუქტურულ ქვეზონაში განვითარებული ამფიბოლიტები და ამფიბოლიანი ფიქლები პირვანდელი ოკეანური ქერქის წარმონაქმნებია, ხოლო კავკასიონის ალპურისწინა გრანიტოიდები წარმოიშვება გაბროიდების, ან სხვა ფუძე ქანების მეტასომატური გრანიტიზაციის შედეგად - ლეიკოკრატული მასალის შემოტანით გარედან.

შემდეგ წლებში დაიწყო კავკასიონის რეგიონალური მეტამორფიზმისა და მაგმატიზმის შესწავლის დეტალური პეტროლოგიური, სტრუქტურული, სტრატეგრაფიული, ლითოლოგიური, გეოქიმიური და სხვ. კვლევები. სრულიად ახლებურად გაშუქდა მეტამორფული და მაგმური ქანების ფორმირების პირობები, მეტამორფიტების დედა ქანების რაობა, მათი და აგრეთვე მეტამორფიზმის, გრანიტწარმოშობის და ტექტონიკური მოძრაობების ასაკი (ჯავახიშვილი, 1970; Солин, 1971)

შ. ჯავახიშვილის მონოგრაფიაში „კავკასიონის სამხრეთი ფერდის კრისტალური ფიქლები“ (Джавахишвили 1970) დეტალურად დახასიათებულია კავკასიონის საუღელტეხილო ქვეზონის, მათ შორის მდ. კოდორის სათავეების, ალპურისწინა მეტამორფული და მაგმური წარმონაქმნები. მოცემულია მეტამორფიტების მინერალური, პეტროგრაფიული და ფაციალური დახასიათება, დადგენილია მათი დედა ქანების მეტამორფიზმის ხარისხი.

70-იანი წლებიდან მოყოლებული დ.შენგელიას ხელმძღვანელობით საფუძველი ჩაეყარა რეგიონალური პეტროლოგიური სამუშაოების წარმოებას. პეტროლოგიური კვლევები მიმდინარეობდა სტრუქტურული, სტრატეგრაფიული, იზოტოპური და გეოქიმიური მიმართულებით, რაც საშუალებას იძლეოდა სრულად ახლებურად წარმოჩენილიყო მეტამორფული და მაგმური ქანების ფორმირების პირობები, მეტამორფიტების დედაქანების რაობა და სხვ. (Шенгелиа 1978; Шенгелиа, Чичинадзе, Шенгелиа Кецохвели 1978;). ამ მონაცემების საფუძველზე გამოვიდა კოლექტიური მონოგრაფია (Петрология.. 1991), 1 : 200 000 მასშტაბის მეტამორფიზმისა და მეტამორფული ფორმაციების რუკები და არაერთი სტატია.

კავკასიონის საუღელტეხილო სტრუქტურული ქვეზონის იურულისწინა წარმონაქმნების შედგენილობის, სტრუქტურების მორფოლოგიისა და ურთიერთობის ასაკის, დაყოფის და გენეზისის საკითხები მოცემულია მ. სომინის მრავალ პუბლიკაციაში (Сомин, 1965 ; Сомин, 2007; Somin, 2011). კავკასიონის სტრუქტურული ზონის ფარგლებში მან გამოყო საუღელტეხილო და იალბუზის ქვეზონები, რომლებიც ძლიერ განსხვავდება ერთმანეთისგან, პირველ რიგში შედგენილობით, მეტამორფიზმის ხარისხით, ასევე გრანიტოიდების გენეტიური ტიპებითაც. საუღელტეხლო ქვეზონაში მ. სომინმა (Сомин, 1971) გამოყო ბუულგენისა და ლაბის სერიები. ბუულგენის სერია მან დაყო გვანდრისა და კლიჩის წყებებად, გვიჩვენა, რომ ეს წყებები მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისაგან შედგენილობით. U-Pb მეთოდით დათარიღებული კლიჩის ინტრუზივის ცირკონების ასაკი 320 მლნ. წელი (Бибикова и др., 1991). მ. სომინს მიაჩნია, რომ შეესაბამება ჰერცინული ტექტოგენეზის სუდეტურ ფაზისს.

კავკასიონის, მათ შორის საუღელტეხილო ქვეზონის, იურულისწინა წარმონაქმნების ურთიერთდამოკიდებულობის საკითხები დეტალურად აქვს განხილული შ.ადამიას (Адамия, 1968, 1977; Адамия и др, 1973,1978; Adamia et al, 2011). მ. სომინისა (Сомин, 1971) და სხვებისაგან (Снежко, 1968, Срабонян, 1984, და სხვ.) იგი არ მიიჩნევს ბუულგენის სერიას კავკასიონის ყველაზე უფრო ძველ წარმონაქმნად და ბუულგენისა და ლაბის სერიებს თანადროულ სერიებად თვლის.

კ. აქიმიდის (Акимидзе, 1971) მონაცემებით მდ. კოდორის ხეობაში მთავარი შეცოცების ზონაში განვითარებულმა კრისტალურმა ფიქლებმა განიცადა მეტამორფიზმის ორი მთავარი ეტაპი. პირველი — დაკავშირებულია ალპურისწინა რეგიონალურ მეტამორფიზმთან და მოიცავს მეტამორფიზმის ამფიბოლიტური ფაციესის პირობებს, ხოლო მეორე — გაპირობებულია მთავარი შეცოცების მოვლენით, რომლებმაც, გამოიწვია როგორც კრისტალური ფიქლების, ასევე ლიასური თიხაფიქლებისა და შუა იურული დიაბაზების გარდაქმნები.

მ. დუმბაძემ (Думбадзе, 1975, 1977) შეისწავლა საუღელტეხილო ქვეზონის აფხაზეთის ალპურისწინა მაფიტები და ულტრამაფიტების გეოლოგია და პეტროქიმია.

თ. ჩხოტუას მიერ შესწავლილია აფხაზეთის იურულისწინა მეტამორფული კომპლექსი (Чхотуа, 1971, 1977), განსაზღვრული მეტამორფიტების საწყისი ქანები, მათი ფორმირების PT პირობები; განიხილა რეგიონის გეოლოგიის, ტექტონიკის, პეტროქიმიის და გეოდინამიკის პრობლემები.

ნ. ფოფორაძის მიერ კავკასიონის კრისტალინიკუმის პრაქტიკულად ყველა გამოსავლის ამფიბოლიანი მეტამორფიტებისა და ამფიბოლიტების დეტალური კვლევის შედეგები ასახულია მრავალ პუბლიკაციაში (Попорадзе 1984, 1987; Попорадзе, Имнаишвили, 1990; Попорадзе, Хаджи 1991). კერძოდ, დადგენილია ალპურისწინა წარმონაქმნებში განვითარებული ამფიბოლიტების შედგენილობის ქიმიური ზონალობის ერაერთგვაროვნებისა და “შერევალობის შორის წყვეტის ხასიათი და მიზეზები, გაშიფრულია მეტამორფიზმის ევოლუციის ხასიათი, ნაჩვენებია ამფიბოლების მორფოლოგიასა და ქიმიზმზე ზედნადები მეტამორფიზმის ზემოქმედების ხასიათი“ ნ.

ფოფორამის მიერ დადგენილია დაშლისა და მყარფაზური გარდაქმნების მექანიზმი — ანტოფილიტ-ქლორიტი.

გ. ჭიჭინაძის პუბლიკაციებში (Чичинадзе, 1971,1972,1974,1978) ახლებურად არის მოცემული სოფიის აზეების გეოლოგიისა და პეტროლოგიის საკითხები, მან დეტალური გეოლოგიურ-პეტროლოგიური სამუშაოები შეასრულა კავკასიონის სამხრეთი ფერდის მთიანი აფხაზეთის, მათ შორის კოდორის ხეობის, ფარგლებში. წარმოადგინა რეგიონის ახალი მსხვილმასშტაბიანი გეოლოგიური რუკა, დაახასიათა მეტამორფული ფაციესის მინერალური პარაგენეზისები, დაადგინა მათი ფორმირების P-T პირობები, გაშიფრა მაგმატიკების ფორმირების თანამიმდევრობა.

კავკასიონის ვარისკული გრანიტოიდები დეტალურად არის დახასიათებული ა. ოქროსცვარიძის (Окросцвариძე 1995) სადოქტორო დისერტაციაში. განხილულია აღნიშნული რეგიონის გრანიტოიდების გეოლოგიური პოზიცია, გრანიტოიდების პეტროგრაფიის, პეტროქიმიის, გეოქიმიის, მინერალოგიის და წარმოშობის თერმობარული და ფლუიდური რეჟიმების საკითხები. იგი კლიჩის ინტრუზივის წარმონაქმნებს აერთიანებს გაბრო-ადამელიტურ სერიაში, რომელიც ქმნის უწყვეტ რიგს: გაბრო დიორიტი კვარციანი დიორიტი გრანოდიორიტი ადამელიტი.

დ. შენგელიას და დ. კეცხოველის მონოგრაფიაში (Шенгелиа, Кецохвели 1982) მოცემულია ბუულგენის მეტამორფული სერიის გეოლოგიური და პეტრომინერალოგიური კვლევის შედეგები. მასში მოტანილია ზომიერი და დაბალი წნევის რეგიონული მეტამორფიზმის დეტალური ანალიზი, განხილულია მეტამორფიზმის პროცესის PT პირობები, დახასიათებულია ბუულგენის სერიის მეტამორფული ზონალობა.

ბუულგენის კომპლექსში განვითარებული რეგიონული მეტამორფიზმის მწვანე ფიქლების ფაციესი დეტალურად დახასიათებულია თ. წუწუნავას სადოქტორო დისერტაციაში (Цуцუნავა 2005). თანამედროვე მეტამორფულ პეტროლოგიაში არსებული ყველა კრიტერიუმების გამოყენებით მან მკვეთრად გამიჯნა ერთმანეთისგან „საკუთრივ“ მეტამორფიზმის და ანჰიმეტამორფიზმის პროდუქტები კავკასიაში, მათ შორის

ბუულგენის კომპლექსის მეტამორფიტებიც. თ. წუწუნავამ დაასაბუთა, რომ მწვანე ფილების ფაციესის მეტამორფიტები საუდელტეხილო ქვეზონაში განვითარებულია მხოლოდ ლადევალისა და ვერცხლისტბის წყებებში.

ე. გამყრელიძისა და დ. შენგელიას მონოგრაფიაში (Гамкრелидзе, Шенгелиа, 2005) მოტანილია ახალი გეოლოგიურ-პეტროლოგიური მონაცემები კავკასიონის მთავარი ქედის სტრუქტურული ზონის შესახებ. ნაჩვენებია, რომ ბუულგენის მეტამორფული კომპლექსის ფუძეში განლაგებულია გვანდრის წყება, რომელსაც მოყვება კლიჩის ტექტონიკური ფირფიტა, ხოლო შემდეგ - ქარსიანი ფიქლების წყება. კლიჩის ტექტონიკური ფირფიტა შეესაბამება შუაოკეანური ქედების N-MORB-ს. მათი მონაცემებით ბუულგენის კომპლექსმა განიცადა რეგიონული მეტამორფიზმი გრანატული სუბფაციისიდან ბიოტიტ-მუსკოვიტური გნეისების ფაციესის ჩათვლით. ამავე მონოგრაფიაში მოცემულია ცნობები კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის შესახებაც. სახელდობრ, ისინი მინერალოგიურ-პეტროგრაფიული კლასიფიკაციის მიხედვით კლიჩის ინტრუზივს აკუთვნებენ გრანიტოიდების ACG და ნაწილობრივ RTG ტიპებს.

კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივი შიშვლდება ამავე სახელწოდების მდინარის შუა წელში და მოიცავს ხეობის მნიშვნელოვან ნაწილს. ის მონაწილეობას იღებს კავკასიონის მთავარი ქედის კრისტალური გულის გეოლოგიურ აგებულებაში. ეს ზონა დაყოფილია რღვევებით, ვიწრო გრაბენებითა და გრაბენ – სინკლინებით. კლიჩის ხეობა მოიცავს თებერდისა და სოფის აზევებების ნაწილებს, რომლებიც ერთმანეთისგან გამიჯნულია არხიზ-კლიჩის შუა იურული გრაბენ-სინკლინური დეპრესიით. (სურ. 3.2, 3.3)

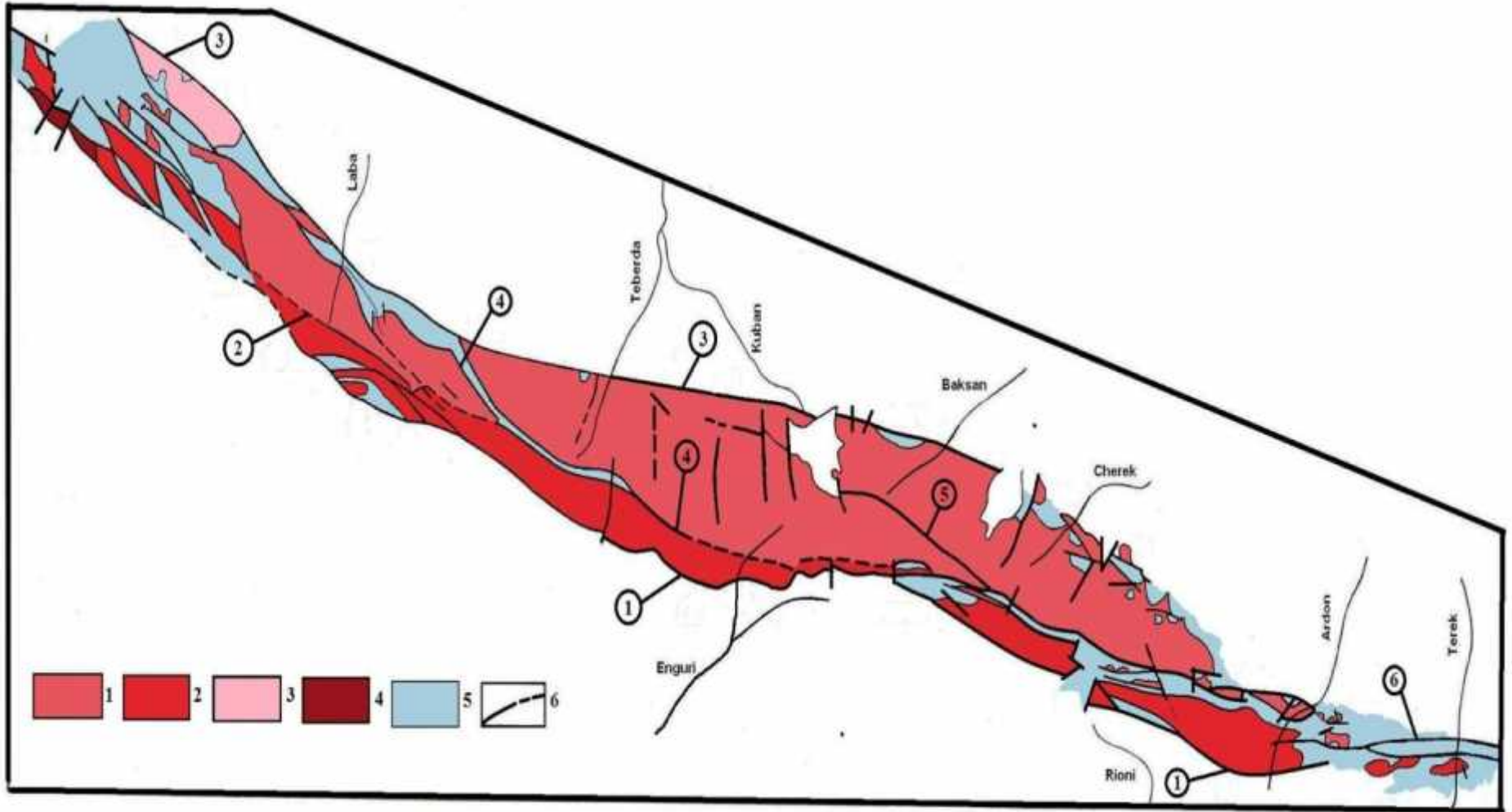
კავკასიონის მთავარი ქედის ზონა სამხრეთიდან შემოსაზღვრული ე.წ. მთავარი შეცოცებით, რომელიც მას გამოყოფს კავკასიონის სამხრეთი ფერდის ზონიდან.

იალბუზისა და საუდელტეხილო ქვეზონები მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისაგან ამგები ქანების შედგენილობითა და სტრუქტურების მორფოლოგიის თავისებურებებით. იალბუზის ქვეზონაში გაბატონებულია სიალური მეტამორფული

ქანები და სხვადასხვაგვარი გრანიტოიდები, მათ შორის პლუტონური, პალინგენური მეტასომატური. ტექტონიკური ფორმები არახაზობრივი ხასიათისაა.

საუღელტეხილო ქვეზონაში მეტამორფიტების შემადგენლობა უფრო ნაირგვარია, აქ მეტაპელიტებთან ერთად მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ამფიბოლიტები, ამფიბოლიანი ფიქლები და გნეისები, ხოლო გრანიტოიდები გვხვდება შედარებით იშვიათად. გაბატონებულია საერთო კავკასიური მიმართულების ხაზობრივი, ძირითადი იზოკლინური ხასიათის ნაოჭა სტუქტურები.

სურ. 3.2



სურ. 3.2 კავკასიონის იურულისწინა ფუნდამენტის ტექტონიკური ზონალობა და მისი გამოსავლების მდებარეობა ალპურ სტრუქტურაში

იურულისწინა კომპლექსები. მთავარი ქედის ზონა (1-4) ქვეზონები: 1_იალბუზის. 2_საუღელტეხილო. 3_ხუკის. 4_მამზაკის. 5_სამხრეთი ფერდის ზონა. 6_ქვედა_შუაიურული კომპლექსი მთავარ ქედის ზონაში. *რღვევები*: - (ციფრები წრებში) 1 _ მთავარი ქედის; 2_ სანჩარ-ძიჩეკისკის; 3_ ფშეკიშ-ტირნიაუზის; 4_ალიბეკის; 5_ ადილსუს; 6 _ ბურონ-ლარსის.

საუღელტეხილო ქვეზონაში განვითარებულია ლაბა-ბუულგენის მეტამორფული კომპლექსის სტრატეფიცირებული წარმონაქმნები. საკვლევ რაიონში წარმოდგენილია ამ კომპლექსის ბუულგენის სერია, რომელიც რიგი მკვლევარის აზრით სამ ნაწილად – გვანდრის, კლიჩის და სისინის წყებებად იყოფა. (Сомин 1971, Чичинадзе, 1978) მკვლევართა მეორე ნაწილს მიაჩნია, რომ კლიჩის წყება ტექტონიკურად არათანხმობითაა განლაგებული გვანდრის წყებაზე, (Баранов, Кропачев 1976) ან ის წარმოადგენს ოფიოლიტური ჭრილის ნაწილს და ტექტონიკური ზეწრის სახითაა ბუულგენის მეტამორფული კომპლექსისი შემადგენლობაში.

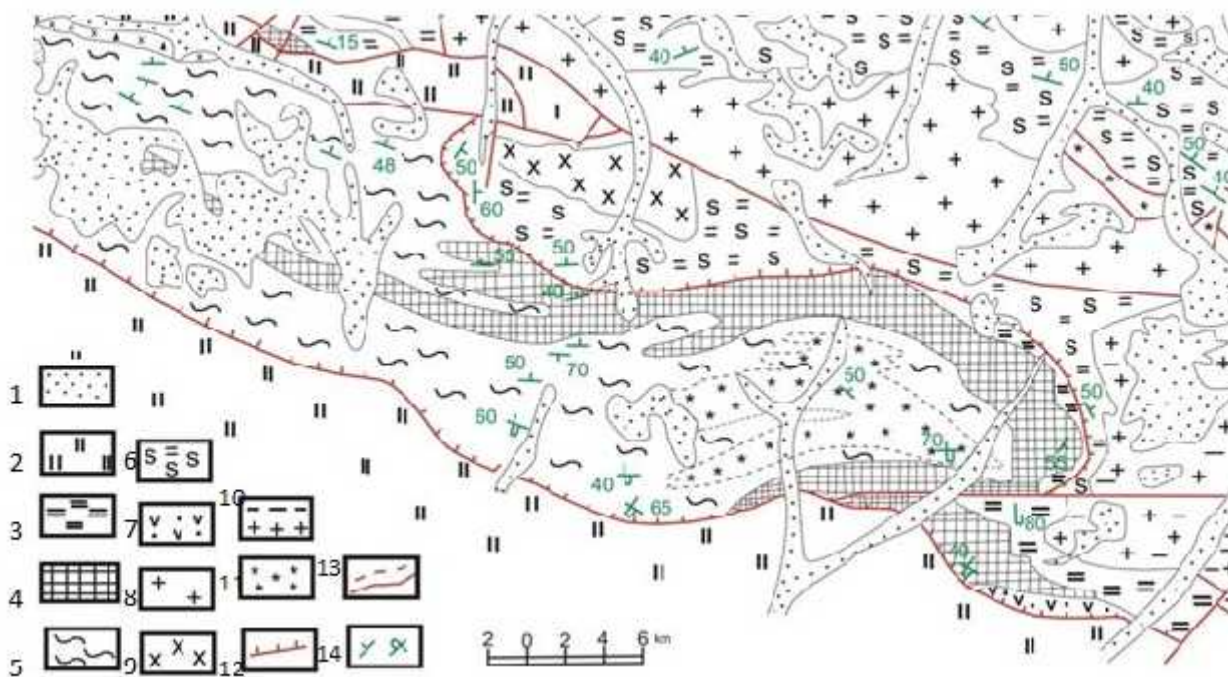
გვანდრის წყება წარმოდგენილია ბიოტიტიანი, მუსკოვიტიანი, ორქარსიანი, გრანატ-ქარსიანი, გრანატ-ანდალუზიტ-ქარსიანი, გრანატ-სტავროლით-ანდალუზიტ-ქარსიანი, გრანატ-კორდიერიტ-სილიმანიტ-ბიოტიტიანი, კვარც-პლაგიოკლაზიანი ფიქლებით, გნეისებით და მიგმატიტებით, აგრეთვე ამფიბოლიტების, ამფიბოლიანი ფიქლებისა და გნეისებით. აღნიშნული ქანები ქმნის სხავდასხვა სიმძლავრის დასტებსა და ცალკეულ შუაშრეებს. მეტაპელიტებისა და ამფიბოლიტიანი ქანების რაოდენობრივი შეფარდება წყების ქვედა ნაწილში თითქმის თანაბარია, ზედა ნაწილში კი მნიშვნელოვნად ჭარბობს მეტაპელიტები. წყების სხვადასხვა დონეზე გვხვდება მცირე სიმძლავრის მარმარილოს ლინზები.

კლიჩის წყება (ან ტექტონიკური ფირფიტა) ძირითადად წარმოდგენილია წვრილმარცვლოვანი ამფიბოლიტებით - 80-85 %, დანარჩენ ნაწილზე კი მოდის ბიოტიტიანი პლაგიოგნეისების, ბიოტიტ-კვარციანი და ორქარსიანი ფიქლების შუაშრეები და დასტები რომელთა სიმძლავრე რამოდენიმე სანტიმეტრიდან ერთეულ მეტრებამდე აღწევს.

სისინის წყების შემადგენლობაში ჭარბობს სხვადასხვა შედგენილობის (ორქარსიანი, ანდალუზიტიანი, კორდიერიტიანი, გრანატიანი) მეტაპელიტები, ამფიბოლიანი ქანები კი გვხვდებიან შედარებით იშვიათად.

ბუულგენის მეტამორფული კომპლექსი მდ. კოდორის სათავეებში ქმნის მსხვილ ანტიკლინურ სტრუქტურას, რომლის გულშიც შიშვლდება გვანდრის, ხოლო ფრთებზე -

კლიჩისა და სისინის წყებები (სურ. 3.4). ეს უკანასკნელი სხვადასხვა ადგილას მხოლოდ ფრაგმენტების სახითაა შემორჩენილი. კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივი შემოჭრილია ამ ანტიკლინური სტრუქტურის გულში და ის ზოგჯერ მთლიანად ანაცვლებს (მდ. კლიჩის მარჯვენა შენაკადის - აჩაფარას ხეობაში) გვანდრის წყებას. შემდგომ ინტრუზივი მეტამორფიტებთან ერთად მონაწილეობს ნაოჭა სტრუქტურების ფორმირების პროცესებში.



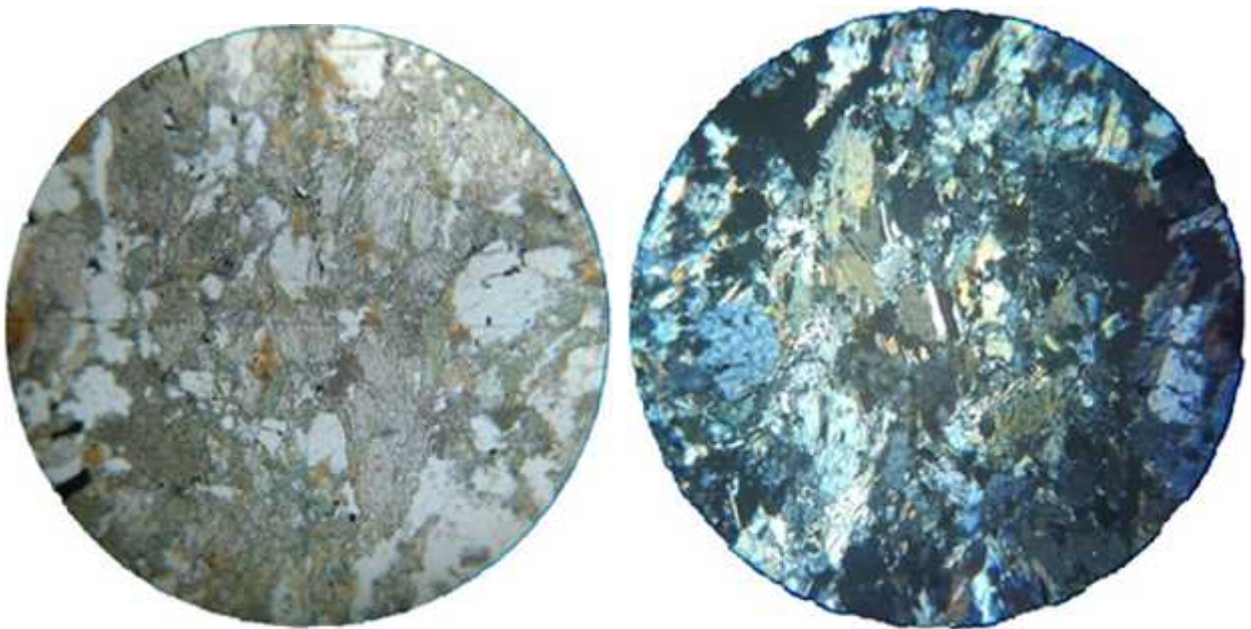
სურ.3.4 კავკასიონის მთავარი ქედის სქემატური გეოლოგიური რუკის ფრაგმენტი (გ. ჭიჭინაძის მონაცემების მიხედვით (ჭიჭინაძე 2010) და ავტორის დამატებით) 1–თანამედროვე მყინვარები და მეოთხეული ნალექები; 2 –ქვედაიურული თიხა-ფიქლები და ქვიშაქვები; 3-6 – ზედაპალეოზოურამდეელი მეტამორფული კომპლექსის ბუულგენის სერია: 3–სისინის წყება, 4–კლიჩის წყება, 5–გვანდრის წყება; 6–იალბუზის ქვეზონის ინფრასტრუქტურის მიგმატიტები; მაგმური ქანები: 7–შუაიურული დიაბაზები და დიაბაზ-პორფირიტები; გვიანვარისკული კომპლექსი: 8–ორქარსიანი და ბიოტიტიანი გრანიტები; 9–პლაგიოგრანიტები; 10–ბიოტიტიანი და ბიოტიტიან-რქატყუარიანი კვარცხანი დიორიტები, პლაგიოგრანიტები, პლაგიოგრანოდიორიტები; 11–კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივი (ადრებრეტონული?); 12–შეცოცება, 13–რღვევები, 14–ქანების წოლის ელემენტები.

დაგნეისებული მეტამორფული ქანების მძლავრი თანხმობითი სხეულები კარტირებულია მდ. კლიჩის აუზში (ზემო აფხაზეთი) (Чхотуа, 1938; Сомин, 1965). ეს ქანები აღწერილია, როგორც "თვალისებრი" ბიოტიტ-რქატყუარიანი და ბიოტიტიანი ორთოგნეისები (Сомин, 1971), ან როგორც გაბრო და გაბრო-დიორიტული გნეისები, რომლებიც შ. ჯავახიშვილის (Джавахишвили 1970) მიხედვით წარმოადგენენ მდ. კოდორის მეტამორფიზებული ინტრუზივებს შორის ყველაზე ძველ წარმონაქმნებს. ისინი განთავსებულია ამფიბოლიტებსა და ბიოტიტურ მეტაპელიტებში და მათთან ერთად განცდილი აქვთ დეფორმაცია-მეტამორფიზმის პროცესი. ყველაზე ფართო გავრცელებით ზემოაღნიშნულ ქანებს შორის სარგებლობს დაგნეისებული რქატყუარიანი და სუსტად გაბიოტიტებული დიორიტები, ხოლო მათი უკიდურესი წარმომადგენლები - გაბრო და განსაკუთრებით კვარციანი დიორიტები შედარებით დამორჩილებულ როლს თამაშობს. მათში დადგენილია მეტამორფული მინერალების: ბიოტიტის, კუმინგტონიტისა და გრანატის არსებობა (Шенгелиა, Кецохвели 1982). ასევე ფელსებში მეტამორფიზმის პროგრესული ხასიათი დგინდება გრანატისა და კუმინგტონიტის გაჩენით.

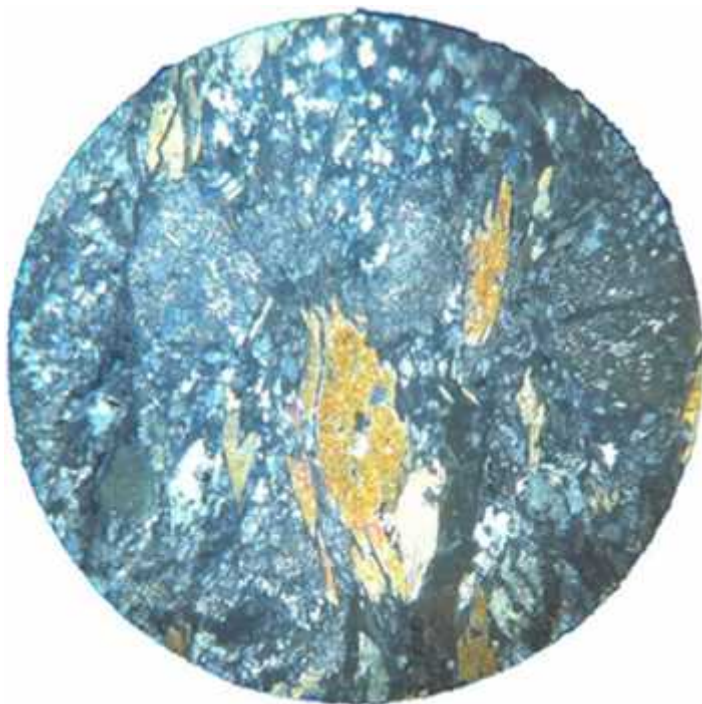
4. კლიჩის ინტრუზივის პეტროლოგია და მინერალოგია

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, კლიჩის ინტრუზივის მმლავრი თანხმობითი სხეულები კარტირებულია მდ. კლიჩის აუზში (Чхотуа, 1938; Сомин, 1965). ეს ქანები აღწერილია, როგორც "თვალისებრი" ბიოტიტ-რქატყუარიანი და ბიოტიტიანი ორთოგნეისები (Сомин, 1971), ან როგორც გაბრო და გაბრო-დიორიტული გნეისები, რომლებიც შ.ჯავახიშვილის (Джавахишвили, 1970) მიხედვით წარმოადგენენ მდ. კოდორის მეტამორფიზებული ინტრუზივებს შორის ყველაზე ძველ წარმონაქმნებს. ისინი განთავსებულია ამფიბოლიტებსა და ბიოტიტურ მეტაპელიტებში და მათთან ერთად განცდილი აქვთ დეფორმაცია-მეტამორფიზმის პროცესი. ყველაზე ფართო გავრცელებით ზემოაღნიშნულ ქანებს შორის სარგებლობს დაგნეისებული რქატყუარიანი (სურ. 4.1, 4.2)

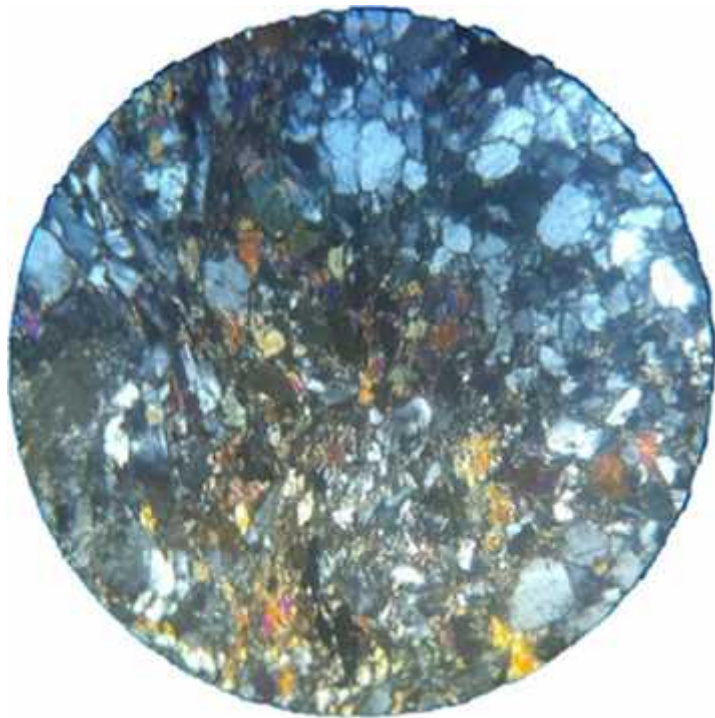
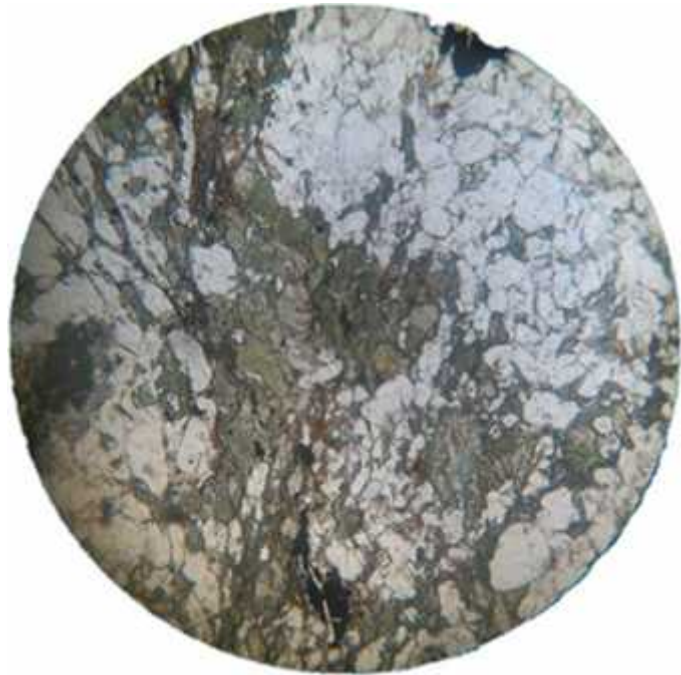
სურ. 4.1



და სუსტად გაბიოტიტებული დიორიტები, (სურ.4.3) ხოლო მათი უკიდურესი წარმომადგენლები-გაბრო და განსაკუთრებით კვარციანი დიორიტები შედარებით დამორჩილებულ როლს თამაშობს.



სურ. 4.1- 4.2 კლიხის ინტრუზივის რქატყუარიანი კვარც-დიორიტი.

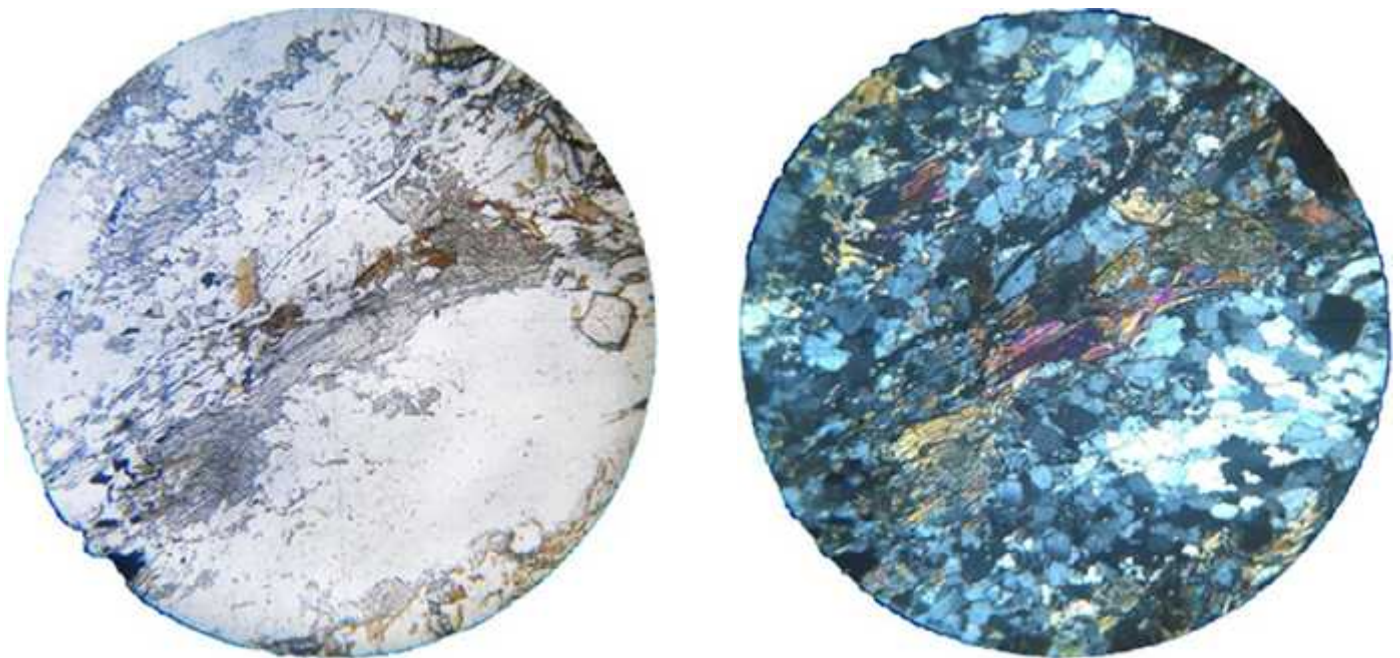


სურ. 4.3 კლიჩის ინტრუზივის რქატყუარიანი გაბრო-დიორიტი, სუსტი ბიოტიტიზაცია.

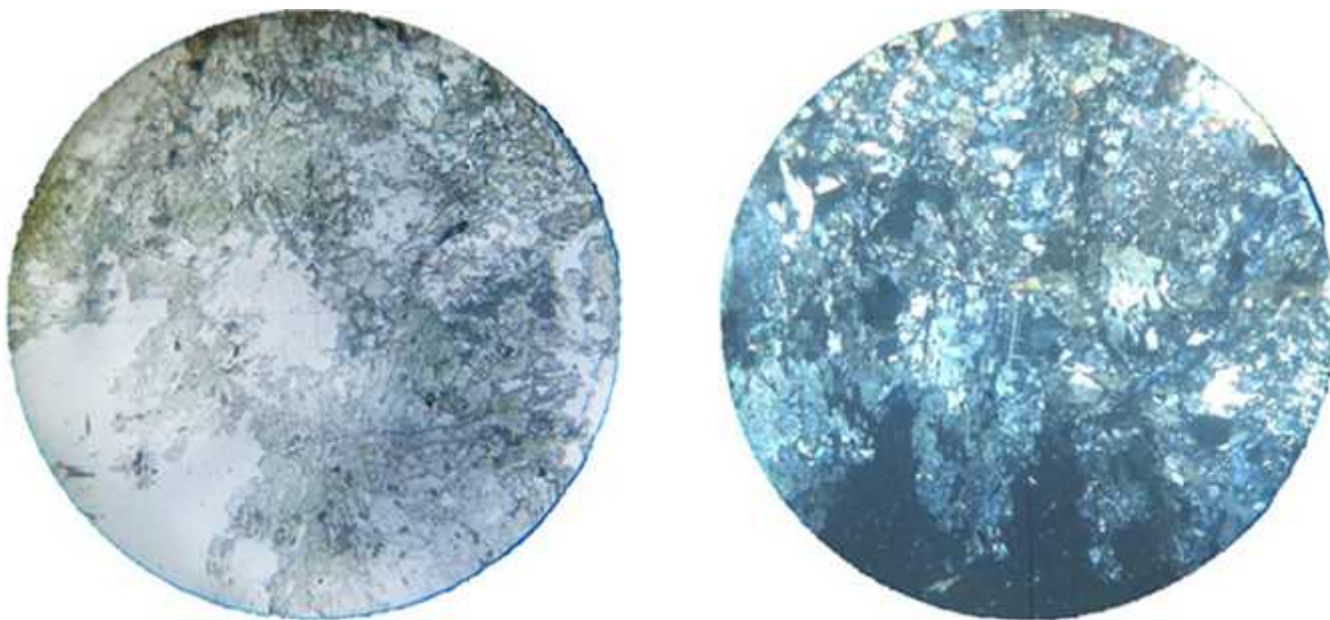
ჩვენი კვლევის შედეგად გამოვლინდა რომ კლიჩის ინტრუზივის შემადგენლობა მერყეობს რქატყუარიან გაბროდან ფუძე რქატყუარა-ბიოტიტიან კვარციან დიორიტებამდე, სადაც ყველაზე მეტად გავრცელებულია გაბრო-დიორიტები და დიორიტები. გამოსავალის ცენტრალურ ნაწილში შიშვლდება მასიური სახეობები, ხოლო პერიფერიებზე - დაგნეისებული სახეობები.

ჩვენი მონაცემებით კლიჩის ინტრუზივში გვხვდება პირველადი მაგმური მინერალები: რუხი ან მომწვანო რუხი რქატყუარა და ლაბრადორ-ბიოტოვნიტის რიგის პლაგიოკლაზი. ქანში ჭარბობს რეგიონული მეტამორფიზმის დროს წარმოშობილი მეორეული მინერალები: მწვანე რქატყუარა, ბიოტიტი, ოლიგოკლაზის რიგის პლაგიოკლაზი, კუმინგტონიტი (სურ. 4.4, 4.5, 4.6), სფენი, იშვიათად სალი გრანატი, გვხვდება კვარციც რომლის რაოდენობა მნიშვნელოვნად მატულობს ქანის მილონიტიზირებულ სახეობებში (სურ. 4.7, 4.8).

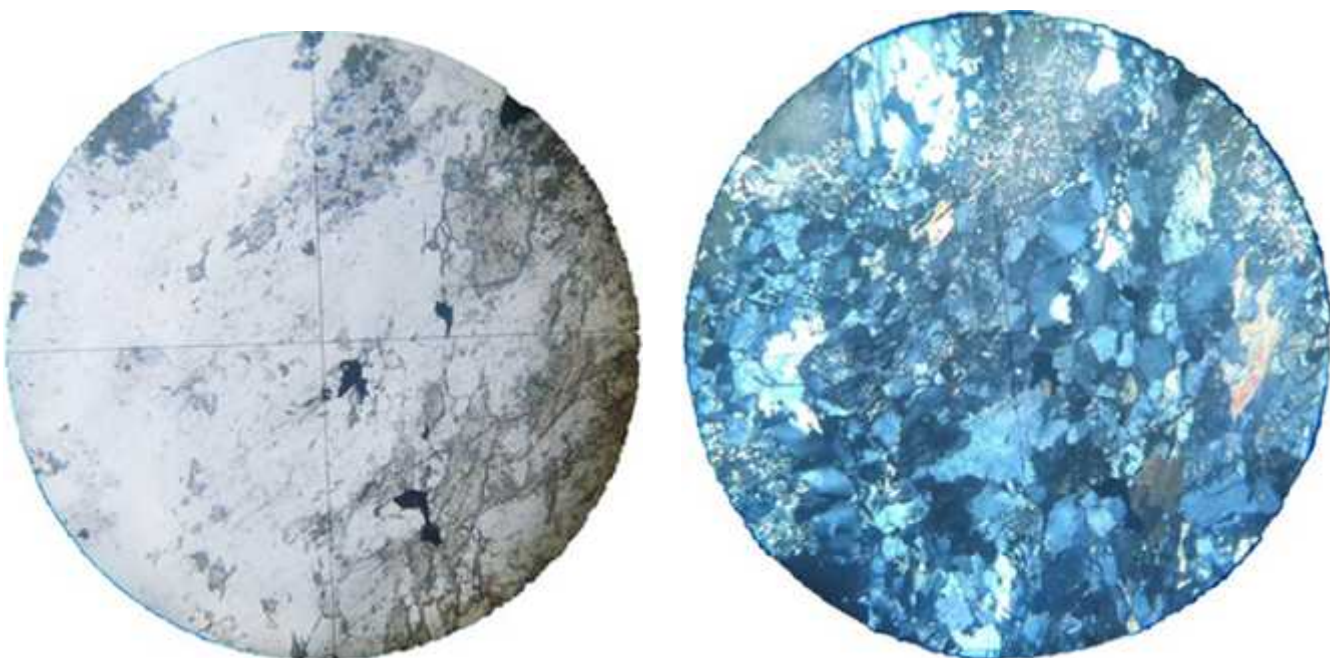
სურ 4.4



სურ.4.5



სურ 4.6

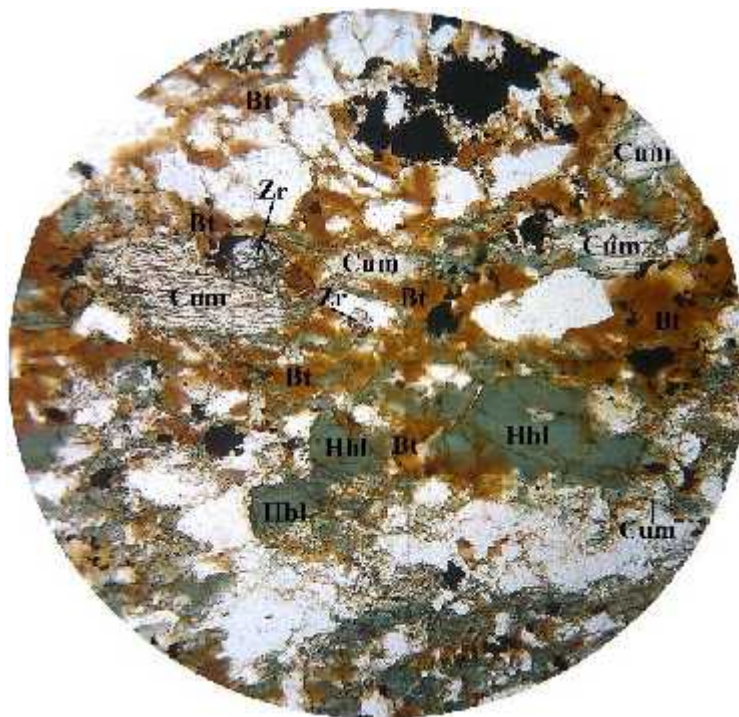


სურ. 4.4, 4.5, 4.6 კლიჩის ინტუზივის გაკვარცხული რექტყუარიანი გაბრო-დიორიტი.

სურ. 4.7



სურ. 4.8



სურ.4.7, 4.8 კლიჩის ინტრუზივის მილონიტიზირებული სახეობები.

აღსანიშნავია, რომ კლიჩის ინტრუზივის ქანებში, სადაც განვითარებულია მხოლოდ პირველადი მაგმური მინერალები ცირკონი არ გვხვდება. ეს მნიშვნელოვანი და საყურადღებო ფაქტია კლიჩის ინტრუზივის დათარიღებისთვის (იხ. ქვემოთ).

მიკროზონდული კვლევით შევისწავლეთ კლიჩის ინტრუზივში განვითარებული მინერალები: რუხი და მომწვანო რქატყუარა, პლაგიოკლაზი, ბიოტიტი, კუმინგტონიტი და გრანატი (ცხრ. 4.1).

ცხრილი 4.1

კომპონენტები	N 1		N2		N3		
	Grt	Bt	Hbl	Pl	Hbl	Pl	Cum
SiO ₂	37.28	36.86	41.09	62.28	43.85	58.99	55.43
TiO ₂	0.38	1.82	0.70	–	0.44	–	0.42
Al ₂ O ₃	15.53	18.81	19.70	22.22	13.43	24.60	2.48
FeO	30.56	18.54	25.06	0.16	21.66	0.15	28.39
MnO	3.30	0.28	0.16	–	0.25	0.11	2.01
MgO	5.50	10.02	6.15	–	6.13	0.10	7.84
CaO	–	–	10.62	–	9.54	0.10	2.50
Na ₂ O	0.14	0.40	1.10	8.32	1.40	10.40	0.20
K ₂ O	–	8.96	0.32	5.82	0.50	4.81	0.25
ჯამი	99.73	95.70	97.90	99.76	97.20	99.19	99.52

ცხრილი 4.1 კლიჩის გაბრო დიორიტული ინტრუზივის მიკროზონდული ანალიზი.

პირველადი მაგმური მინერალების რუხი და მომწვანო-რუხი რქატყუარების ქიმიური შედგენილობის შედარება მოწმობს, რომ პირველი მეორესთან შედარებით ბევრად ჭარბად შეიცავს Al₂O₃, FeO და TiO₂ და უფრო ღარიბია SiO₂, რაც რუხი რქატყუარის წარმოშობის რამდენადმე უფრო მაღალ ტემპერატურულ პირობებზე

მიუთითებს, სადაც განსხვავებულია ამ რქატყუარების რკინიანობის მნიშვნელობებიც, პლგოკლაზი ოლიგოკლაზის რიგისაა და მეორეულ მინერალს მიეკუთვნება.

როგორც ცნობილია კუმინგტონიტი მაგმურ ქანებში, როგორც პირველადი მინერალი არ გვხვდება. კლიჩის ინტრუზივშიც იგი განვითარებულია მხოლოდ მეტამორფულად გარდაქმნილ სახეობებში. მისი რკინიანობა SiO_2 , TiO_2 და MgO შემცველობა მიუთითებს რომ იგი შეესაბამება რეგიონული მეტამორფიზმის სტავროლითურ ფაციესზე უფრო მაღალტემპერატურულ პირობებს.

მიკროზონდის საშუალებით განსაზღვრული გვაქვს აგრეთვე ინტრუზივში რეგიონული მეტამორფიზმის დროს განვითარებული გრანატისა და ბიოტიტის ქიმიური შემადგენლობა (იხ. ცხრ. 4.1) და გრანატ ბიოტიტიანი გეოთერმომეტრის გამოყენებით დავადგინეთ მათი ფორმირების ტემპერატურული პირობები. დგინდება, რომ რეგიონული მეტამორფიზმის PT პირობები, რომლებიც განიცადა კლიჩის ინტრუზივმა ვარისკული ფაზისის გამოვლინების დროს $T = 530-630 \text{ }^\circ\text{C}$ და $P < 3 \text{ კბრ}$. შემოიფარგლა.

5. კლიჩის ინტრუზივის პეტროქიმია და გეოქიმია

როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივი მეტნაკლებად შესწავლილია, მაგრამ პეტროქიმიური და გეოქიმიური თვალსაზრისით იგი დამატებით მნიშვნელოვან შესწავლას საჭიროებს.

ქვემოთ მოყვანილია ავტორის მიერ მიღებული ახალი მონაცემები (ცხრ. 5.1-5.2)² და ამ, და უკვე არსებული მასალის საუძველზე აგებული დიაგრამები (სურ. 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10 და 5.11) და მათი ინტერპრეტაცია (ვარდანაშვილი, მასურაძე 2010).

ცხრილი 5.1

კლიჩის ინტრუზივის ქიმიური შედგენილობა (მას.%-ში)

N	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ^c O	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	TOTAL
K-2	54.87	1.11	16.92	9.91	0.15	4.46	5.67	2.31	2.51	0.64	98.56
K-13	57.59	0.86	17.17	6.66	0.10	3.80	5.84	2.04	3.84	0.19	98.96
K-14	49.75	1.11	20.57	9.80	0.14	5.02	8.50	3.12	0.69	0.27	98.96
K-20	56.97	1.05	17.53	9.32	0.15	3.80	6.43	2.45	1.40	0.26	99.96
515	48.55	0.21	20.19	5.29	0.09	8.26	14.38	1.52	0.21	0.02	100.32
527	49,60	1,02	20,74	8,91	0,10	5,10	9,45	2,60	0,45	0,25	99,50
529	49,50	1,20	18,02	11,73	0,14	6,80	8,30	2,10	0,50	0,17	99,71
530	54,05	1,05	19,05	8,54	0,10	4,05	8,40	2,60	0,60	0,16	99,60
531	57,40	0,85	17,85	6,98	0,07	3,60	7,30	3,00	1,20	0,16	99,68
532	58.60	0.9	17.0	7.20	0.07	3.50	7.30	2.70	0.70	0.15	99.82

² მთავარი და იშვიათი ელემენტების ანალიზი შესრულებულია კინგსტონის (გაერთიანებული სამეფო) უნივერსიტეტის NERC ICP-MS ლაბორატორიაში და ტაივანის ნაციონალური უნივერსიტეტის დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებათა დეპარტამენტში.

K 2 – გაკვარცეული რქატყუარიანი გაბროდიორიტი;

K 13 – რქატყუარიანი კვარც დიორიტი

K 14 – რქატყუარიანი გაბრო

K 20 – ავტოლითი: გაკვარცეული რქატყუარიანი გაბრო-დიორიტი ახალწარმოქმნილი კუმინგტონიტით და ბიოტიტით

515 – რქატყუარიანი გაბრო

527 – კუმინგტონიტ -რქატყუარიანი გაბრო

529 –ბიოტიტ-რქატყუარიანი გაბრო

530, 531, 532 –ბიოტიტ-კუმინგტონიტ-რქატყუარიანი კვარც-დიორიტი

ცხრილი 5.2

იშვიათი ელემენტების შემცველობა (PPM) კლიჩის ინტრუზივში

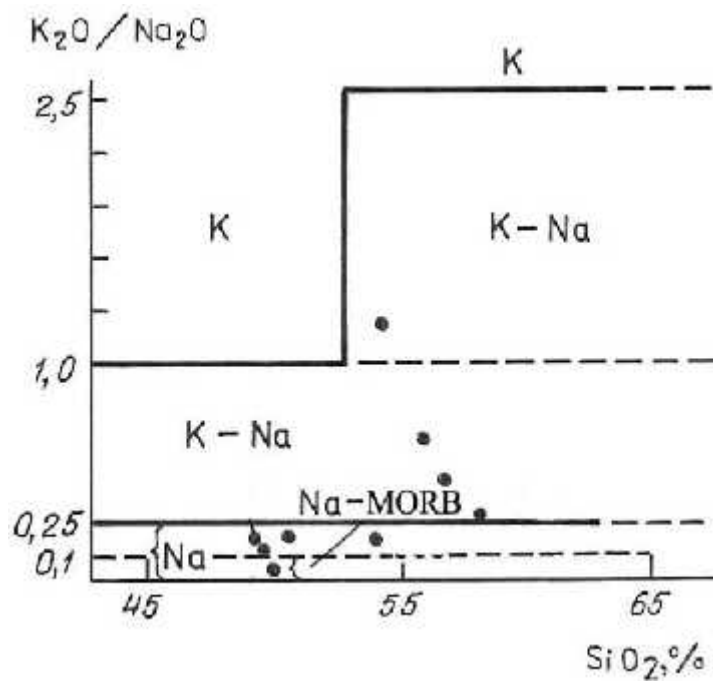
N	K-2	K-13	K-14	K-20	515
P	2809	985	1304	1265	1591
Sc	24.9	20.2	22.7	31.5	24.8
Ti	6703	5330	6598	6179	1300
V	87.0	103	160	120	118
Cr	75.0	298.3	66.1	30.2	117.3
Mn	1165	826	1047	1103	1035
Co	23.6	20.1	27.3	24.3	23.8
Ni	22.1	45.4	20.6	13.5	25.4
Cu	6.71	13.8	9.32	31.6	15.35
Zn	128	88.4	120	109	111

Ga	20.1	19.9	22.9	21.1	21
Ge	1.17	0.850	1.15	1.13	1.07
As	0.656	2.01	0.574	0.605	0.961
Se	0.0498	0.0396	0.0340	0.0483	0.0428
Rb	92.7	170	13.7	62.5	6.88
Sr	323	265	546	313	368
Y	7.34	26.8	13.5	16.1	5.22
Zr	152	163	142	223	21.98
Nb	9.47	9.53	5.90	8.62	0.57
Mo	—	—	—	—	—
Ag	0.0603	0.0693	0.0572	0.0773	0.0665
Cd	0.0607	0.0596	0.0560	0.0625	0.0592
Sn	—	2.52	0.120	0.173	0.702
Sb	0.260	0.280	0.170	0.0992	0.0673
Te	0.0046	0.0067	0.0033	0.0045	0.0048
Cs	0.779	0.364	0.214	0.763	0.53
Ba	1153	1062	248	687	48.91
La	20.9	20.2	12.2	14.9	2.98
Ce	45.6	46.4	27.5	33.3	4.55
Pr	5.86	6.30	3.89	4.53	0.72
Nd	23.0	26.0	17.3	19.0	2.83
Sm	3.95	5.83	3.97	4.09	0.63
Eu	1.50	1.40	1.46	1.31	0.45
Eu	1.77	1.61	1.55	1.466	0.47

Gd	3.52	5.72	3.71	3.98	0.85
Tb	0.330	0.800	0.478	0.524	0.18
Gd	2.75	5.38	3.59	3.76	0.89
Dy	1.45	4.84	2.73	3.05	0.98
Ho	0.249	1.01	0.537	0.621	0.23
Er	0.662	2.67	1.35	1.56	0.63
Tm	0.0860	0.382	0.189	0.219	0.08
Yb	0.575	2.41	1.14	1.37	0.57
Lu	0.0901	0.354	0.168	0.203	0.09
Hf	3.74	4.38	3.57	4.88	0.18
Ta	0.0101	0.0172	0.0076	0.0097	0.09
W	0.135	0.441	0.220	0.142	0.234
Tl	1.40	3.29	0.193	0.977	1.465
Pb	4.01	15.2	5.00	4.84	7.26
Th	0.633	1.16	0.219	0.298	0.22
U	0.278	0.443	0.151	0.220	0.09

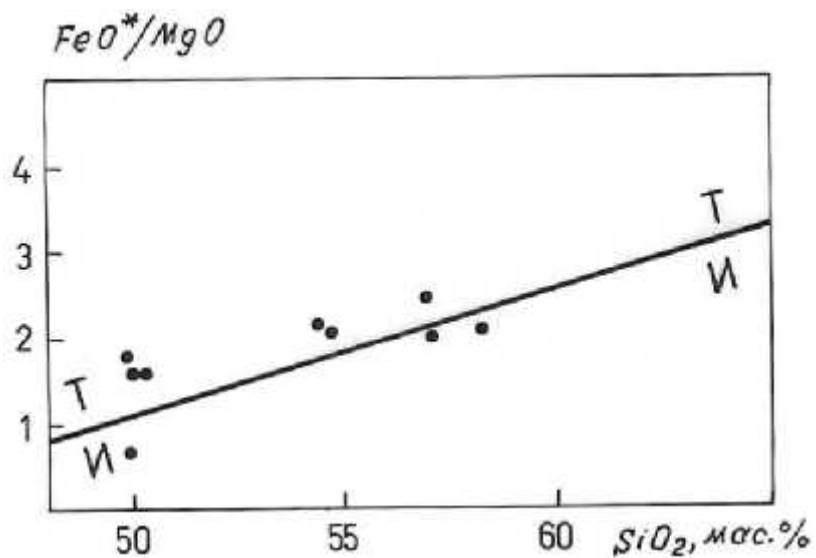
ნიმუშების დასახელება იხ. ცხრ.5.1

როგორც $K_2O/Na_2O - SiO_2$ დიაგრამებიდან ჩანს (სურ. 5.1) კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის აღმნიშვნელი ფიგურული წერტილები Na-, K-Na- და Na – MORB სერიებში განლაგდა. $FeO^*/MgO-SiO_2$ და AFM დიაგრამებზე (სურ. 5.2) ისინი კირ-ტუტე და ტოლეიტურ ველებში თავსდება, ხოლო $Na_2O+K_2O- SiO_2$ დიაგრამაზე (სურ.5. 3) – მხოლოდ კირ-ტუტე სერიას შეესაბამება.

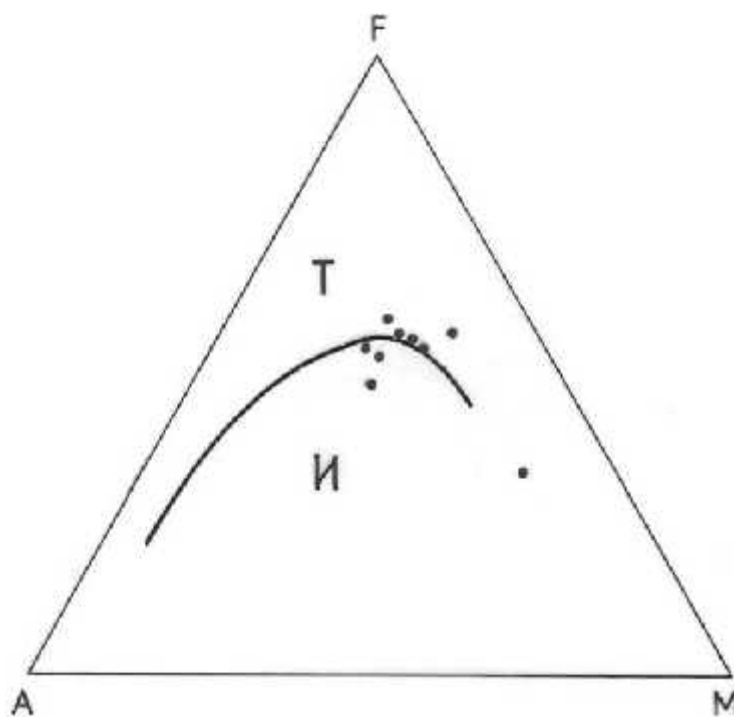


სურ. 5.1 კლიჩის ინტრუზივის აღმნიშვნელი ფიგურული წერტილების განლაგება $K_2O/Na_2O - SiO_2$ დიაგრამაზე.

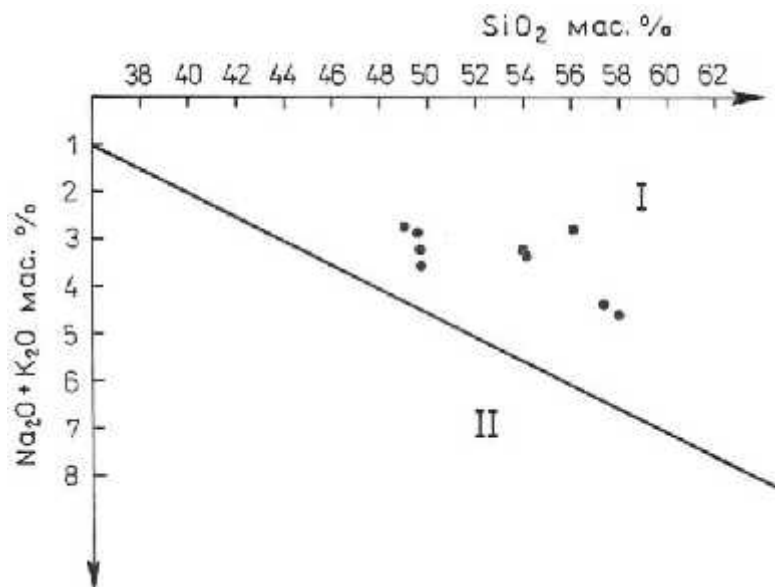
პეტროქიმიური სერიები: Na- ნატრიუმანი, Na-MORB – შუაოკეანური ქედების, ნატრიუმანი, K-Na – კალი-ნატრიუმანი, K-კალიუმანი; პუნქტორით ნაჩვენებია მოსაზღვრე ხაზების მოსალოდნელი მდებარეობა (Магматические горные породы...1971).



სურ. 5.2

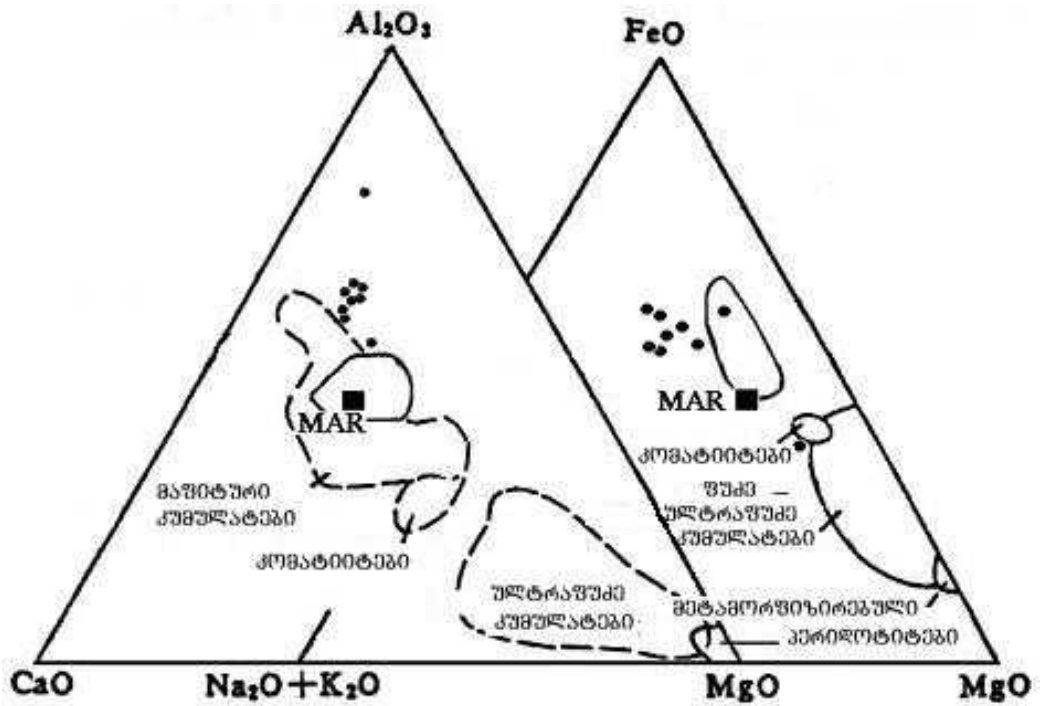


სურ. 5.2. კლიჩის ინტრუზივის აღმნიშვნელი ფიგურული წერტილების განლაგება FeO*/Mg-SiO₂ (Miyashiro, 1974) და AFM (Колман,1979) დიაგრამებზე; T- ტოლეიტური ბაზალტები; H - კორ-ტუტე ბაზალტები.

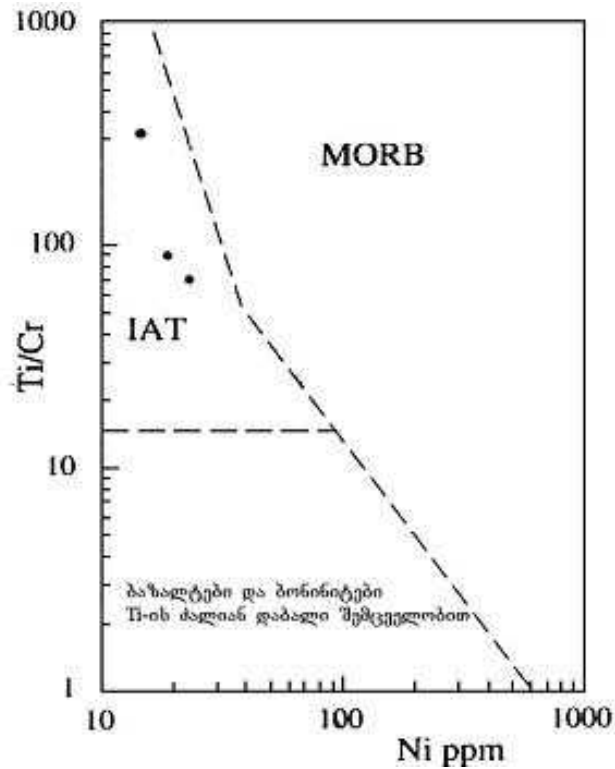


სურ. 5. 3. კლიჩის ინტრუზივის აღმნიშვნელი ფიგურული წერტილების განლაგება $K_2O+Na_2O - SiO_2$ დიაგრამაზე. სერიები: I – ტოლეიტური, II – კირ-ტუტე (Колман, 1979).

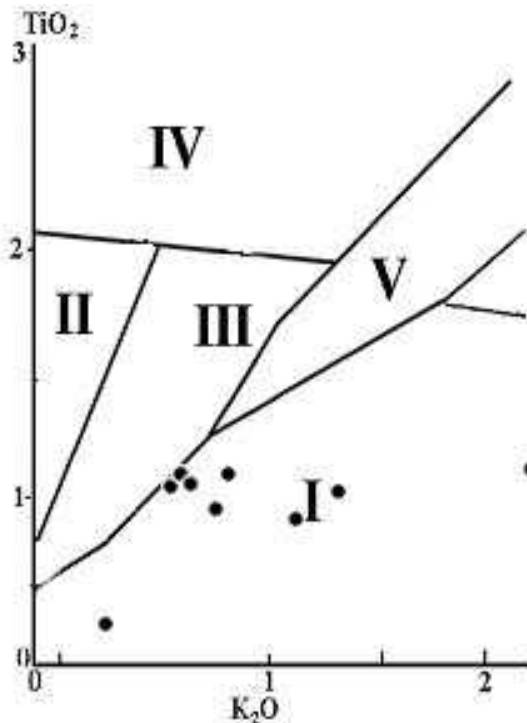
ACM და AFM ორმაგ დიაგრამაზე (სურ. 5.4) შესწავლილი ქანების ფიგურული წერტილები ძირითადად MAR-ის და ფუძე კუმულატების ველების მახლობლად განლაგდა, Ti/Cr-Ni დიაგრამაზე კი – IAT -ის ველში (სურ. 5.5). TiO_2-K_2O და $TiO_2 - FeO/MgO$ დიაგრამების მიხედვით (სურ. 5.6, 5.7), კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის შედგენილობა კუნძულთა რკალების ბაზალტებს უპასუხებს.



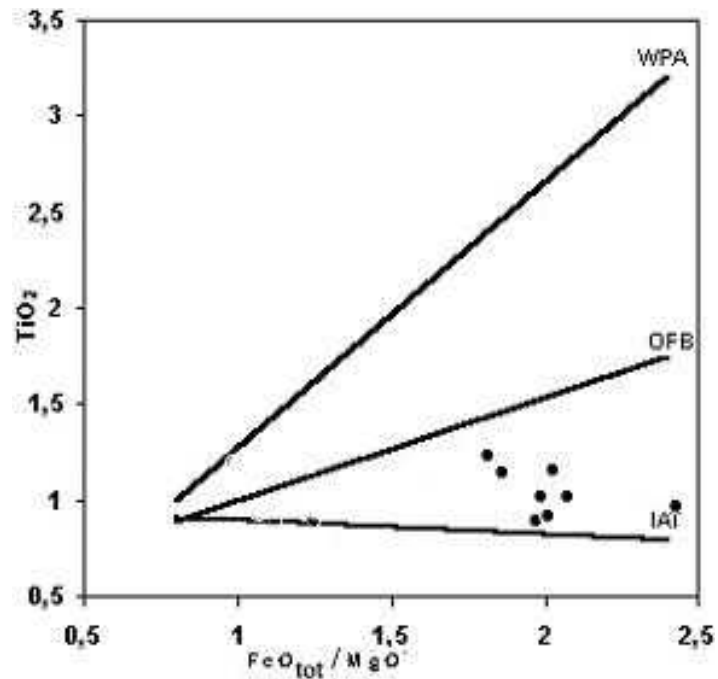
სურ. 5. 4. კლიჩის გაბრო-დიორიტული ორთოგნეისების ალმნიშვნელიფიკური წერტილების განლაგება ACM და AFM დიაგრამებზე (Колман, 1979).



სურ. 5.5. IAT - კუნძულთკალური და MORB - შუაოკეანური ქედების ბაზალტების Ti/Cr – Ni დიაგრამა (Beccaluva et al., 1983).

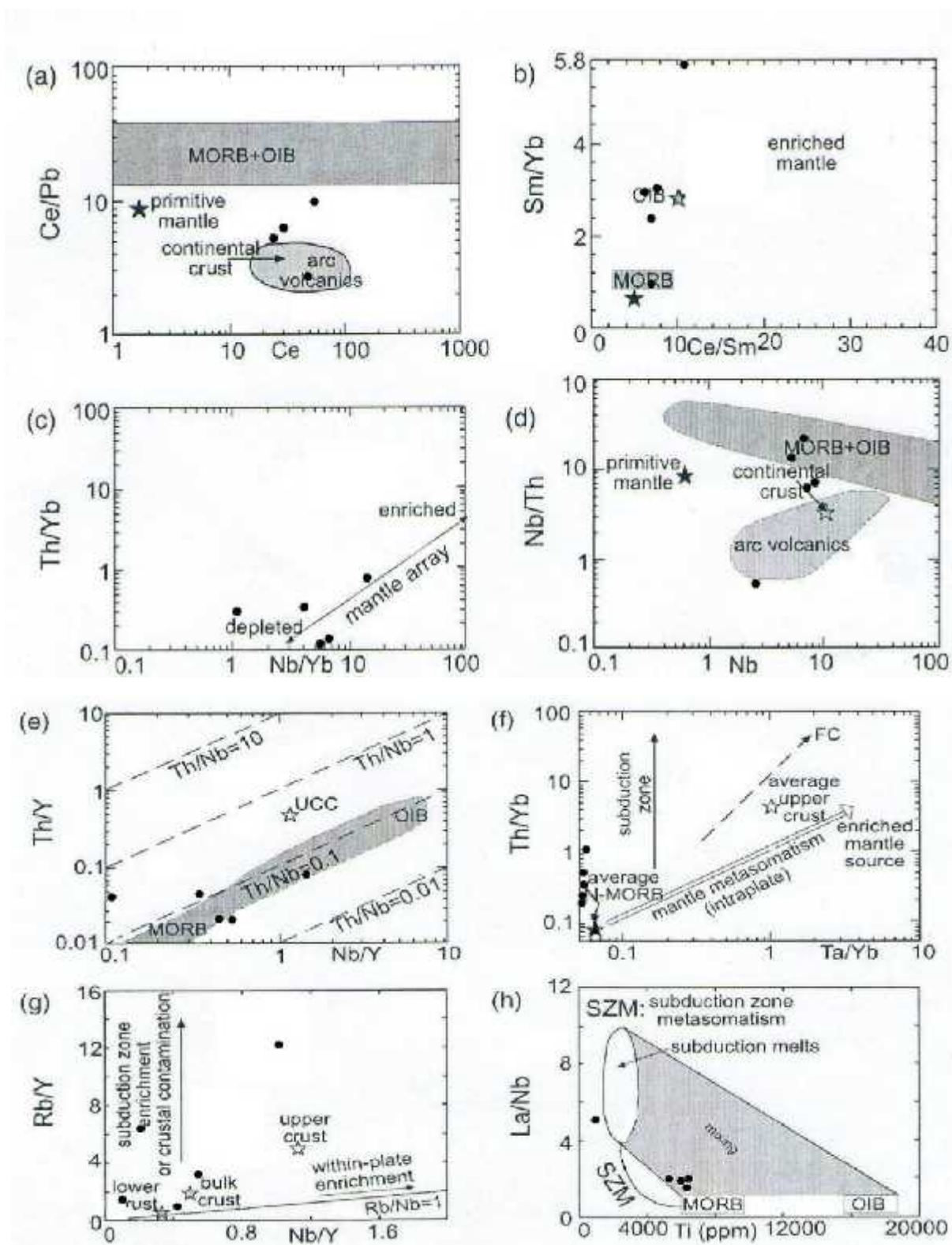


სურ. 5. 6 კლიჩის ინტრუზივის აღმნიშვნელი ფიგურული წერტილების განლაგება TiO_2-K_2O დიაგრამაზე I – კუნძულთკალური ბაზალტები; II – შუაოკეანური ქედების ნორმალური ტოლეიტური ბაზალტები; III – შუაოკეანური ქედების გამდიდრებული; IV – შიდაფილაქნური ბაზალტები; V – ბაქნების აქტივიზაციის ზონების ბაზალტები. (Миронов,).



სურ. 5.7 კლიჩის გაბრო-დიორიტული ორთოგნეისების ინტრუზივის აღმნიშვნელი ფიგურული წერტილების განლაგება $TiO_2 - FeO/K_2O$ დიაგრამაზე. IAT - კუნძულთრკალური, OFB - შუაოკეანური და WPA - შიდაფილაქნური ბაზალტების დისკრიმინაციული ხაზები (Myiashiro, Shido, 1975).

Ce/Pb-Ce, Sm/yb-Ce/Sm, Nb/Th-Nb დიაგრამების მიხედვით კლიჩის ინტრუზივის ამგები ქანების აღმნიშვნელი ფიგურული წერტილები MORB, IOB და MORB+OIB ველებში განთავსდა. Th/Y - Nb/Y, Th/Yb-Ta/Yb და La/Nb-Ti დიაგრამების მიხედვით კი მათი შედგენილობა შეესაბამება MORB. Th/Yb-Nb/Yb დიაგრამებზე წერტილები დეპლექტირებული მანტიის ველში განლაგდა, ხოლო Rb/Y-Nb/Y მიხედვით კი - შუა და ქვედა ქერქულ წარმონაქმნებს უკასუხებს (სურ. 5.8).



სურ. 5.8. კლიჩის ინტრუზივის აღმნიშვნელი ფიგურული წერტილების განლაგება Ce/Pb-Ce, Sm/Y-Ce/Sm, Th/Yb-Nb/Yb, Nb/Th-Nb, Th/Y-Nb/Y, Th/Yb-Ta/Yb, Rb/Y- Nb/Y, და La/Nb-Ti დიაგრამებზე (Boztung D. et al, 2007).

ცხრილ 5.3-ში მოყვანილია კლიჩის ინტრუზივის და მასში განვითარებული სინმორფულ ავტოლითში იშვიათ და იშვიათმიწა ელემენტების შემცველობის მონაცემები, ხოლო ვარიაციული დიაგრამები წარმოდგენილია სურ. 5. 9-ზე.

ცხრილი 5. 3

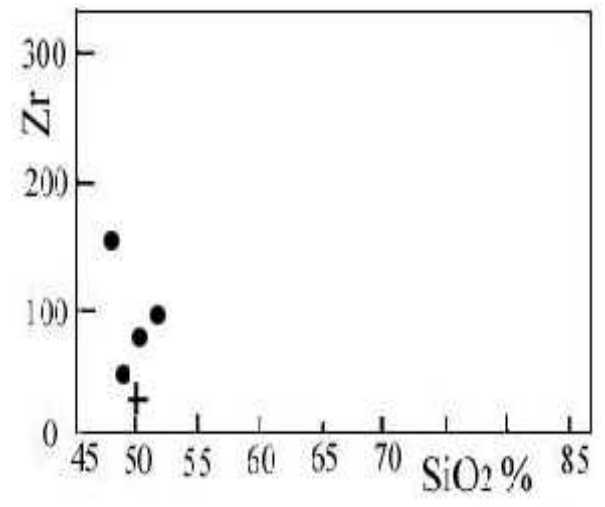
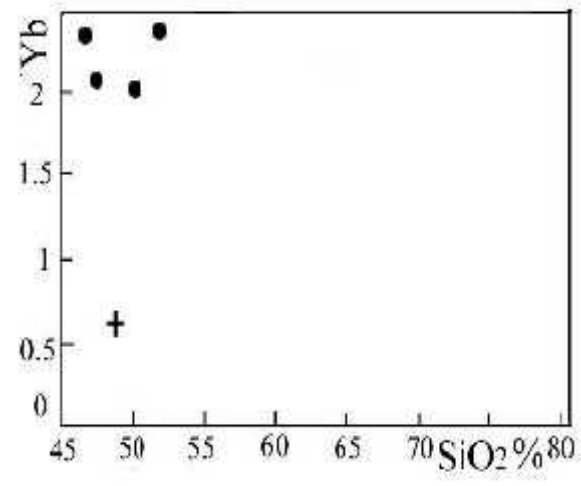
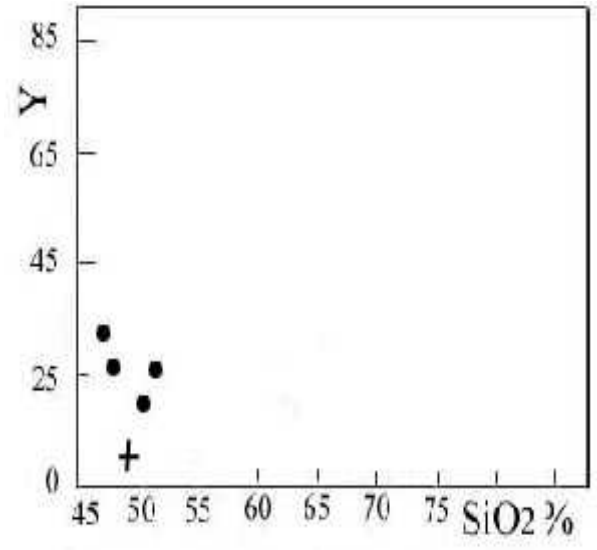
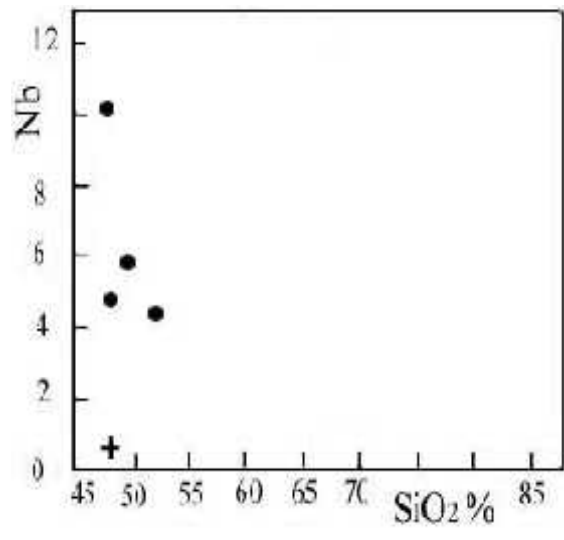
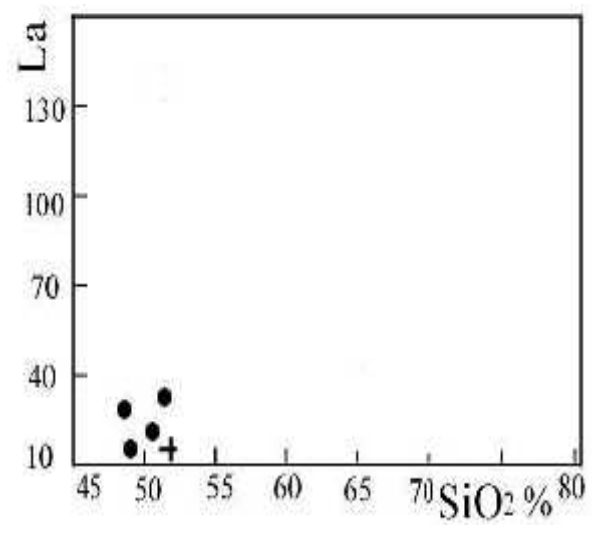
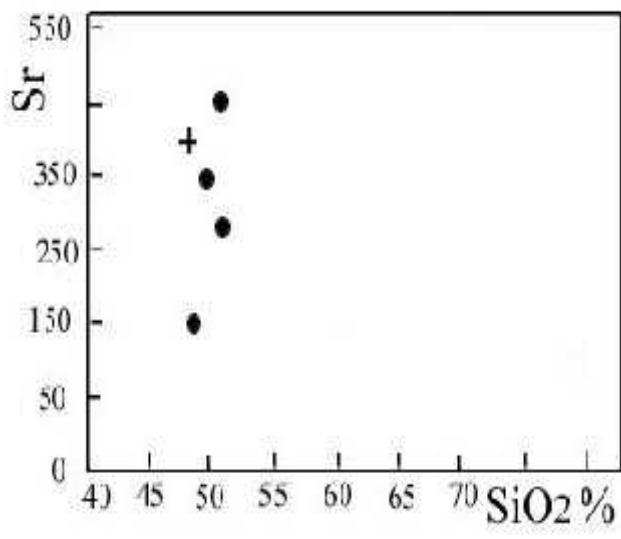
RE და REE შემცველობა კლიჩის გაბრო-დიორიტულ ინტრუზივში

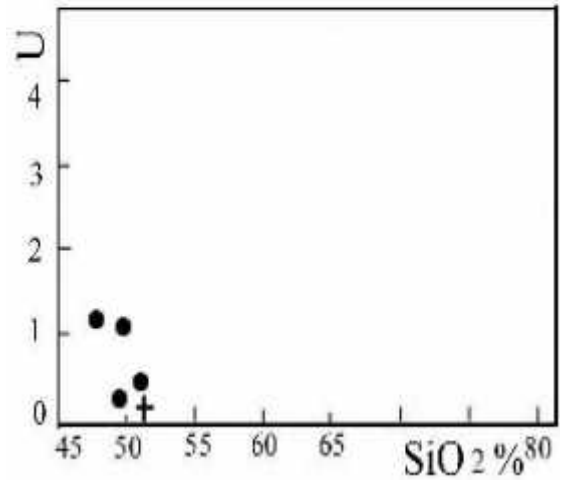
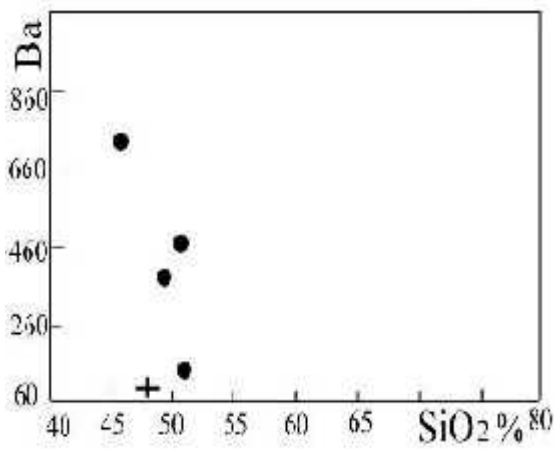
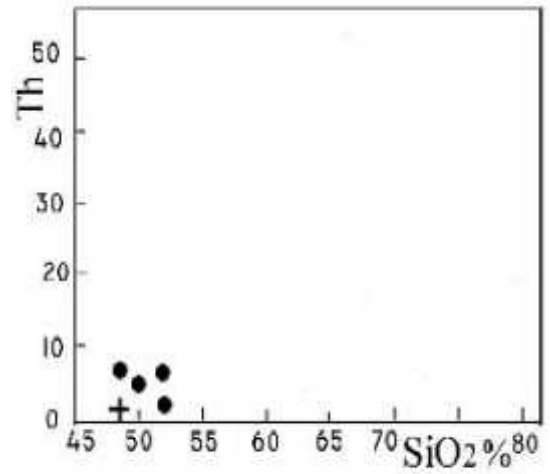
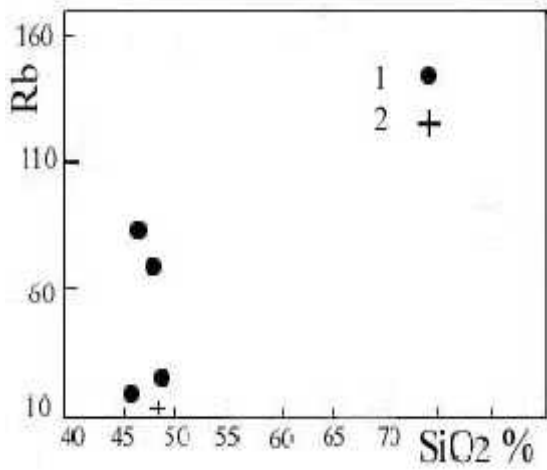
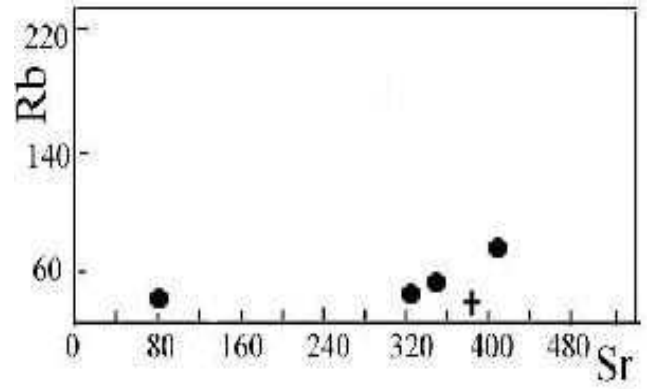
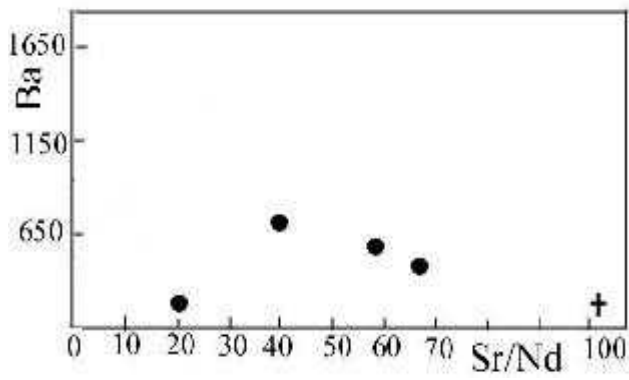
#	K-16	K-20	K-21	K-22	K-23
Rb	6.88	34.79	62.34	22.77	76.12
Sr	368.45	364.17	338.48	97.73	421.06
Y	5.22	20.46	25.51	25.01	29.23
Zr	2.67	87.10	37.78	91.46	126.61
Nb	0.57	5.43	5.02	4.78	10.30
Ba	46.91	436.06	402.61	88.90	679.99
La	2.98	12.04	16.68	8.08	20.38
Ce	4.55	28.40	44.30	7.84	49.05
Pr	0.72	3.68	6.26	1.16	6.62

Nd	2.83	17.17	28.62	6.41	28.84
Sm	0.63	3.77	6.69	2.03	5.90
Eu	0.45	1.52	1.46	1.21	1.75
Gd	0.85	4.23	6.47	3.34	6.34
Tb	0.18	0.63	0.95	0.88	0.96
Dy	0.96	3.93	5.44	4.47	5.67
Ho	0.23	0.78	1.03	1.02	1.11
Er	0.63	2.31	2.78	3.04	3.13
Tm	0.08	0.31	0.36	0.49	0.45
Yb	0.57	2.14	2.36	3.36	2.88
Lu	0.09	0.33	0.33	0.50	0.41
Hf	0.18	2.10	1.80	2.71	3.87
Ta	0.09	0.31	0.33	0.31	0.70
Th	0.22	1.25	1.96	0.36	4.01
U	0.09	0.22	1.16	0.27	1.15

K 16 – კლიჩის ინტრუზივი

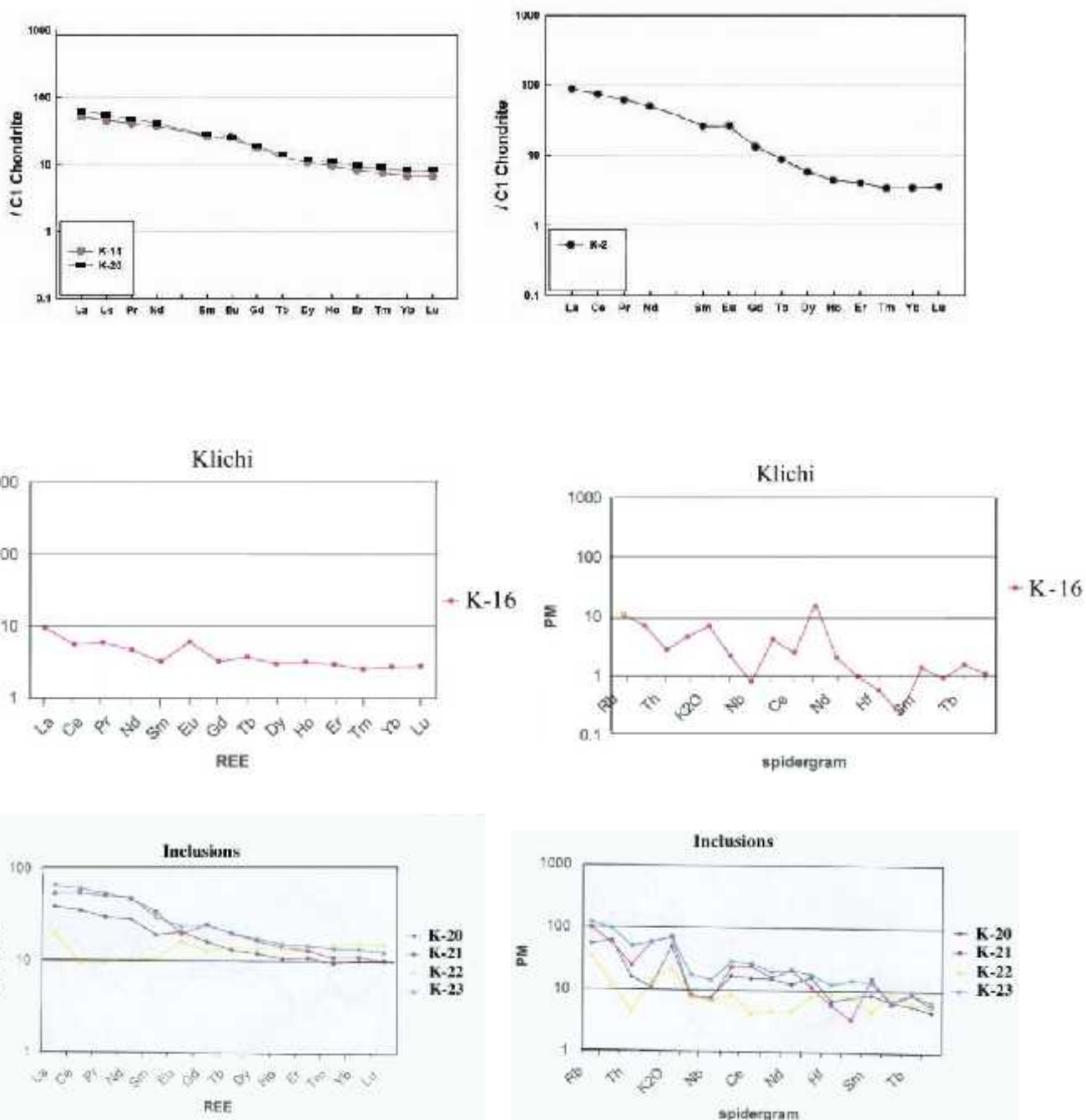
K 20; K 21; K 22; K 23 – სინმორფული ავტოლითი





სურ 5.9 კლიჩის ინტრუზივის ავტოლითის ვარიაციული დიაგრამები

1. კლიჩის ინტრუზივი.
2. სინმორფული, ჰომოლოგიური ავტოლითი



სურ 5.10 კლიჩის ინტრუზივის და სინმორფულ, ჰომოლოგიურ ავტოლითში იშვიათ და იშვიათმიწა ელემენტების განაწილების ამსახველი სპაიდერგრამები, სტანდარტიზებულია ქონდრიტზე (Taylor, McLennan, 1985).

K-2, K-14, K-16 – კლიჩის ინტრუზივი

K-20, K 21, K-22, K-23 – სინმორფული, ჰომოლოგიური? ავტოლითი

იშვიათ და უშვიათმიწა ელემენტების სპაიდერგრამები (სურ. 5.10) ხასიათდება დახრის მცირე კუთხით და Eu/Eu^* -ის დადებითი ფარდობით, რაც სიღრმულ წარმოშობაზე მიუთითებს და ტიპური საშუალო სიმჟავიანობის ქანებისთვისაა დამახასიათებელი.

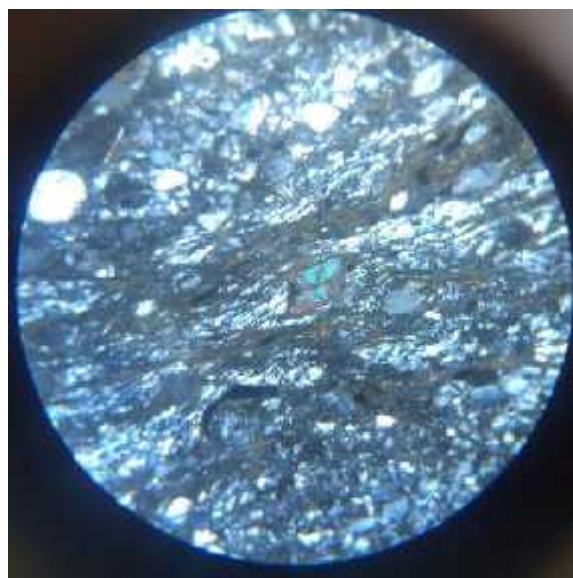
ავტოლითის სპაიდერგრამები შერეული ხასიათისაა, დახრის აგრეთვე მცირე კუთხით Eu/Eu^* ფარდობა სუსტად უარყოფითი ან დადებითია.

ამრიგად, კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის შედგენილობა მერყეობს გაბროსა და კვარციან დიორიტებს შორის. იგი უპასუხებს სუსტად დიფერენცირებულ დაბალკალიუმიან სერიას. როგორც ზევით ავღნიშნეთ ეს ქანები ხასიათდება K_2O/Na_2O დაბალი შეფარდებით, კლიჩის ინტრუზივი ხასიათდება შერეული მახასიათებლებით: რიგი ნიშნით ინტრუზივი მიეკუთვნება მცირე სიღრმულ მაგმურ კერებს, რომელთა ფორმირება ხდება ლითოსფეროს ნაოჭა სისტემებში ენსიმატურ ზონაში, ხოლო სხვა ნიშნებით იგი მსგავსია დეპლექტირებული მანტიის ზედა ნაწილში გენერირებული მაგმატიტებისა. ბ. ბარბარენის (Barbarin, 1999) კლასიფიკაციის მიხედვით იგი მიეკუთვნება ACG და RTG ტიპის მაგმატიტებს, რაც დასტურდება ჩვენი გეოქიმიური მონაცემებით.

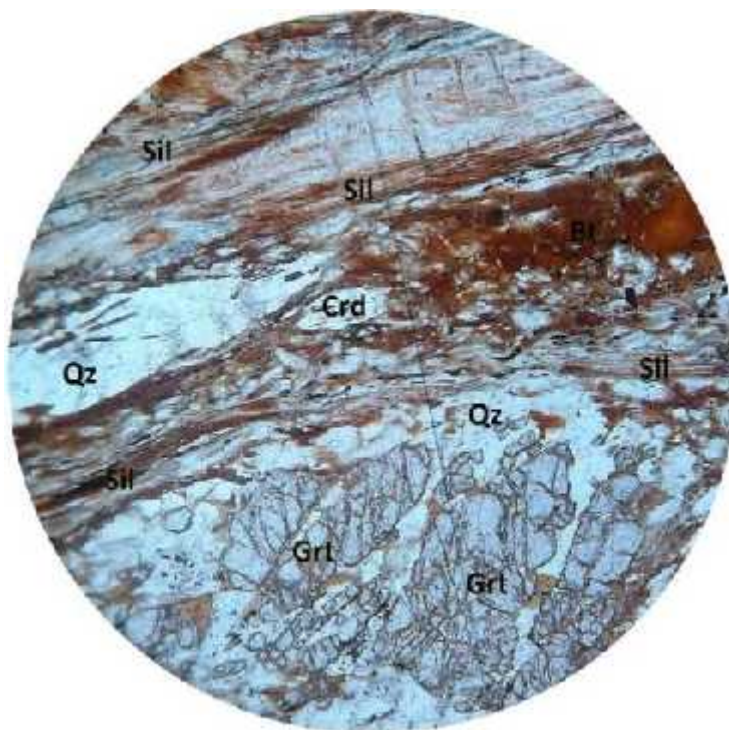
6 . კლიჩის ინტრუზივის კონტაქტური მეტამორფიზმი

გვანდრის წყებას დანაოჭების კადომური (ვარისკულამდელი) ოროფაზის გამოვლინების დროს, კლიჩის ინტრუზივის შემოსვლამდე განცდილი ქონდა სტავროლით-ბიოტიტ-ანდალუზიტური და სტავროლით-სილიმანიტური სუბფაციების პირობების რეგიონული მეტამორფიზმი (Vardanashvili et.al 2017). წყებაში განვითარებული რეგიონული ვარისკულამდელი მეტამორფიზმის დროს განვითარებული წონასწორული მინერალური პარაგენეზისებ: $Bt+St+And+Ms+Pl+Qz$, $Bt+Ms+Grt+Pl+Qz$, (სურ. 6.1) $St+Sil+Bt+Ms+Crd+Pl+Qz$, $St+Grt+Bt+Ms+Pl+Qz$, $Grt+St+Sil+And+Bt+Ms+Pl+Qz\pm C$, $Grt+Sil+Crd+Qz$ (სურ. 6.2) $Hbl+Pl+Ep+Qz$, $Hbl+Bt+Pl+Qz$.

სურ. 6.1



სურ. 6.1 მეტამორფული ფიქალი, გრანატითა და ცირკონით



სურ. 6.2 კლიჩის ინტრუზივისა და გვანდრის წყების ეგზოკონტაქტში განვითარებული კვარც-გრანატ-სილიმანიტ-კორდიერიტიანი ფიქლები. ანალიზატორის გარეშე, X64

კლიჩის ინტრუზივი იწვევს გვანდრის წყების ინტენსიურ კონტაქტურ-თერმულ გარდაქმნას. ეს უკანასკნელი მოიცავს ბიოტიტ-მუსკოვიტიანი გნეისებისა და რქაულების ფაციესის მთელ ინტერვალს, სადაც კონტაქტური მეტამორფიზმის პიკი 620°C აღწევს. ინტრუზივის ეგზოკონტაქტში განვითარებულია ძალიან მკვრივი, მასიური მეტამორფული ქანები – ჰ.ვინკლერის მიხედვით ფელსები (Винклер, 1969). უკანასკნელის მძლავრი გამოსავლები (10-90 მ) დაფიქსირებულია მდინარეების კლიჩისა და აჩაპარას შეერთების რაიონში (სურ. 6.3 – 6.6). ფელსებში გაბატონებულია კორდიერიტი, გრანატი, შპინელი (ჰერცინიტი), პლაგიოკლაზი (6.7-6.9)



სურ. 6.4



სურ. 6.5



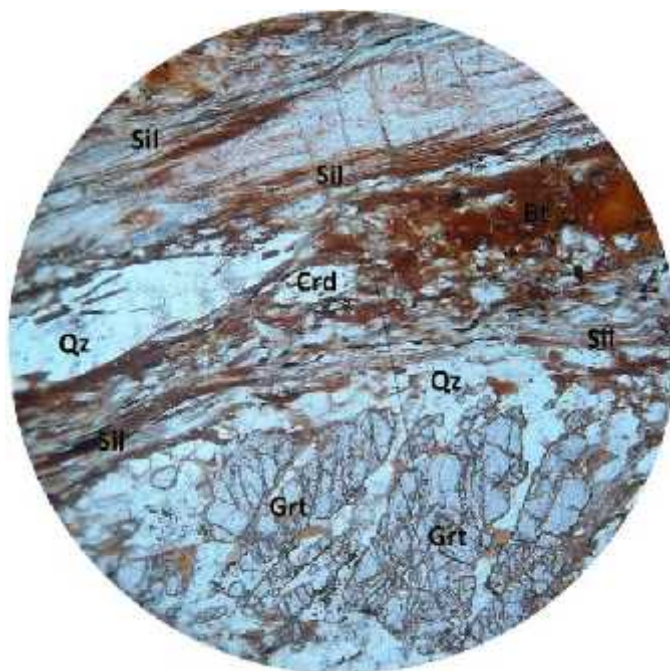


სურ. 6.3-6.6 ფელსების გამოსავლები მდ.კლიჩისა და მდ. აჩაპარას შეერთების რაიონში

აქ დადგენილი გვაქვს ინვერსია, – $\text{And} \rightarrow \text{Sil}$, ასევე რეაქციები:
 $\text{St} + \text{Qz} \rightarrow \text{Crd} + \text{Grt} + \text{Sil} \pm \text{And} \pm \text{Spl} + \text{H}_2\text{O}$, (სურ.6.7) $\text{St} + \text{Qz} \rightarrow \text{Crd} + \text{Grt} + \text{Bt} + \text{Pl}$ (სურ.6.8)
 $\text{Ms} + \text{St} + \text{Qz} \rightarrow \text{Sil} + \text{Bt} + \text{H}_2\text{O}$, $\text{St} \rightarrow \text{Crd} + \text{Spl}$ (სურ.6.9), $\text{St} \rightarrow \text{And}(\text{Sil}) + \text{Spl}$, იშვიათად –
 $\text{St} + \text{Ged} \rightarrow \text{Grt} + \text{Crd} + \text{Spl} + \text{H}_2\text{O}$ (Vardanashvili et al. 2017).

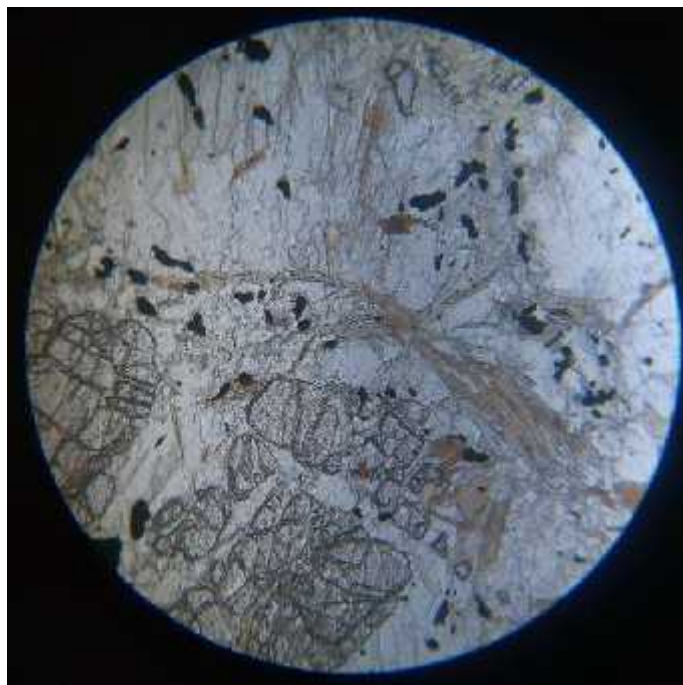
კონტაქტურად გარდაქმნილი ქანებში არცთუ ისე იშვიათად გვხვდება სტავროლითის მოჯავშნური რელიქტები, რომლებსაც თან ახლავს მონომინერალური ჰერცინიტის და/ან ანდალუზიტის (სილიმანიტის) სიმპლექტიკური არშიები (სურ.6.10, 6.11)

სურ. 6.7

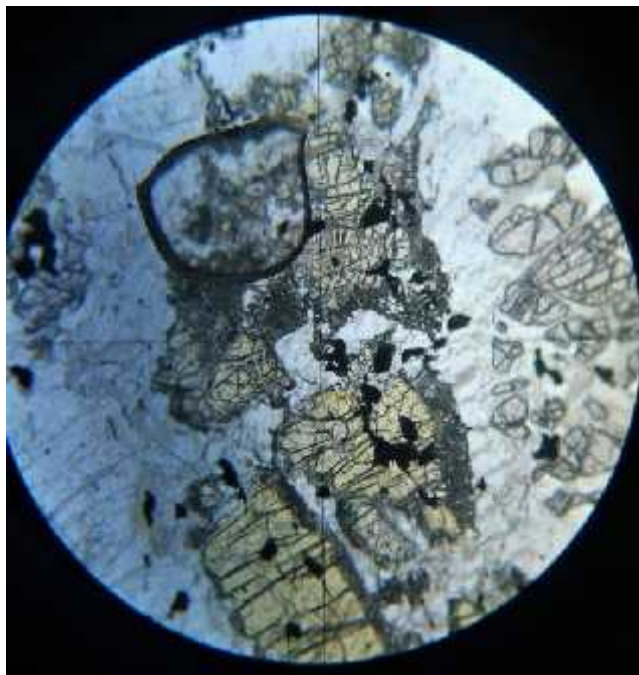


სურ. 6.7 კორდიერიტ-გრანატ, სილიმანიტ შპინელიანი ფელსი. ერთი ნიკოლი, X 64

სურ. 6.8



სურ. 6.8 კორდიერიტ – გრანატ – ბიოტიტ – პლაგიოკლასიანი ფელსი. ერთი ნიკოლი, X 64

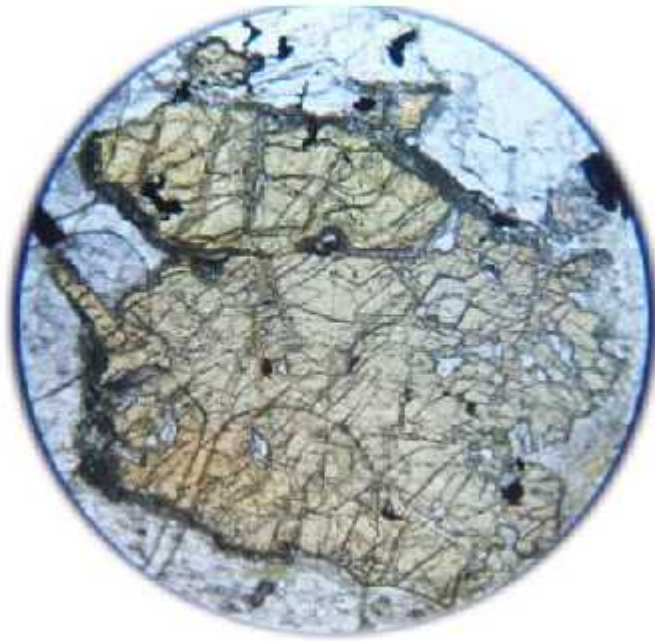


სურ. 6.9 შპინელიანი ფელსი. ერთი ნიკოლი, X 80



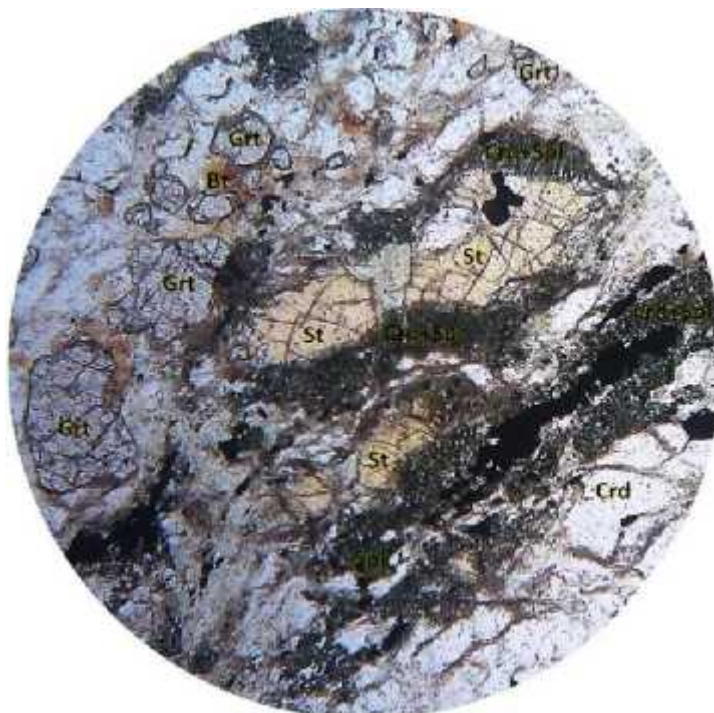
სურ. 6.10. სტავროლითის რელიქტი მოჯავშნული ჰერცინიტისა და ანდალუზიტის არშიით. ერთი ნიკოლი, X 80

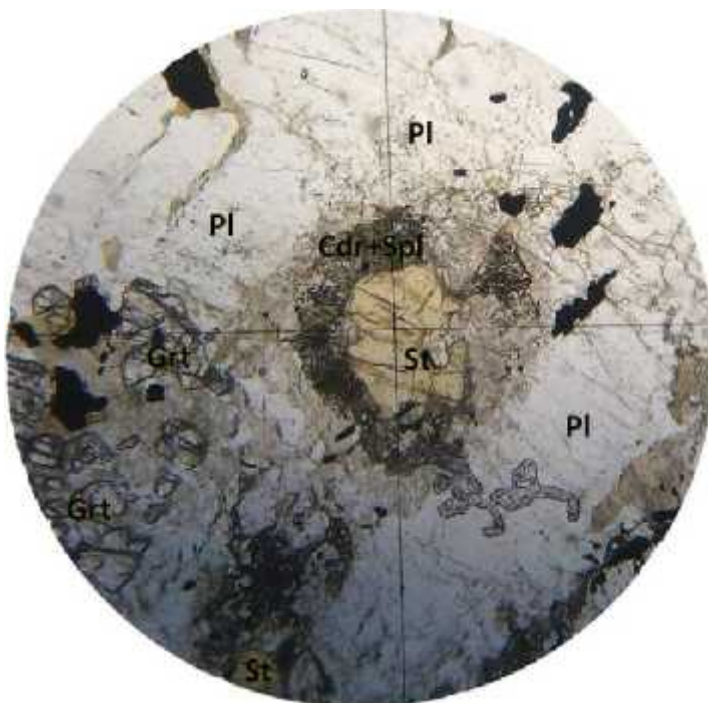
სურ. 6.11



სურ. 6.11 სტაგროლითის რელიქტი მოჯავშნული ჰერცინიტის არშიით. ერთი ნიკოლი, X 80

სურ.6.12-1





სურ. 6.12 კლიჩის ინტრუზივის ევოკონტაქტში გრანატ-ბიოტიტ-კორდიერიტ-პლოგიოკლზიან ფიქლებში შენარჩუნებულია მონომინერალური ჰერცინიტით გარშემორტყმული სტავროლითის რელიქტები (სურ. 6.12-1), ან კორდიერიტ-ჰერცინიტის რელიქტით (სურ. 6.12.-2). ანალიზატორის გარეშე, X 64.

გვანდრის წყებისა და კლიჩის ინტრუზივის უშუალო კონტაქტში (1-5 მ) გვანდრის წყებაში განვითარებულია გრანატ-კორდიერიტ-სილიმანიტ-ჰერცინიტული პარაგენეზისები. შემდეგ, ენდოკონტაქტური ზონისგან დაცილებით (5-20 მ) განვითარებულია გრანატ-ბიოტიტ-სილიმანიტ-ანდალუზიტ-კორდიერიტიანი მკვირივი, მასიური ქანები, რომლებსაც ანაცვლებს სტავროლით-ბიოტიტ-ანდალუზიტ-გრანატიანი ფიქლები (20-90 მ).

გვანდრის წყების მეტამორფიტებისა და ფელსების ფორმირების PT პირობების განსაზღვრისათვის შესრულებულია მათი ქანმაშენი მინერალების მიკროზონდული ანალიზი (ცხრ. 6.1).

ცხრილი 6.1

გვანდრის წყების მეტამორფიტებისა და კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის კონტაქტომიჯნე ფელსების ქანმაშენი მინერალების მიკროზონდული ანალიზი

კომპონენტები	1			2	3	
	St	Grt	Bt	Cor	Grt	Bt
SiO ₂	32.16	38.71	36.40	44.98	37.28	36.86
TiO ₂	0.48	0.20	2.80	0.02	0.38	1.82
Al ₂ O ₃	48.77	19.50	18.05	35.57	15.53	18.81
FeO	14.30	34.99	19.51	8.00	30.56	18.54
MnO	0.14	1.01	0.09	0.35	3.30	0.28
MgO	1.66	3.99	7.90	8.29	5.50	10.02
CaO	0.22	0.82	1.80	–	–	–
Na ₂ O	0.20	–	0.60	–	0.14	0.40
K ₂ O	0.26		8.60	0.02	–	8.96
ჯამი	98.19	99.22	95.75	97.11	99.73	95.70

1. სტავროლით-გრანატ-ბიოტიტ-მუსკოვიტიანი ფიქალი (გვანდრის წყება);
2. კორდიერიტ-სილიმანიტ-შპინელიანი ფელსი;
3. გრანატ-ბიოტიტ-სილიმანიტიანი ფელსი.

ბუნებრივი ფელსი საკმაოდ ლამაზი ქარგისაა: ნაცრისფერ ფონზე შავი-მოყვითალო-მოვარდისფრო ჩანართები ჰარმონიულ ნახატს ქმნის (სურ. 6.12). ფელსები

შესაძლებელია გამოყენებული იქნას მოსაპირკეთებელ ქვებად. მათი გამოსავალი საკმაოდ მძლავრია.

სურ. 6.13



სურ. 6.13 ფელსის ნიმუში

ჩვენ შევასრულეთ ფელსების პეტროგრაფიულ-მინერალოგიური კვლევა, დავადგინეთ მათი ქიმიზმი (ცხრ. 6. 2)

ცხრ. 6. 2

ცხრ. 6.2 კლიჩის ინტრუზივის ევზოკონტაქტური ქანების - ფელსების ქიმიური შემადგენლობა (მასივური %)

#	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn O	Mg O	Ca O	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺	ჯამი
K-6	41.98	1.45	24.31	3.35	12.99	0.30	3.98	1.47	1.20	3.20	0.11	0.94	4.36	99.64
K-7	47.57	0.52	24.84	4.57	8.70	0.03	2.40	3.60	1.00	3.20	0.02	0.40	1.96	99.79
K-8	58.15	0.85	18.50	1.60	10.33	0.24	2.58	3.60	1.60	0.09	0.12	0.26	1.48	100.21
K-9	54.47	0.55	20.40	4.46	9.16	0.25	2.86	3.07	1.20	1.40	0.09	0.34	1.80	100.12
K-10	43.20	1.82	31.96	4.00	5.45	0.03	2.34	4.60	1.90	0.60	0.13	0.47	3.11	99/61
K-10 ¹	44.30	1.80	28.70	3.82	9.80	0.17	3.70	1.30	0.50	0.70	0.10	0.67	4.30	99.86

ჩვენს მიერ შესწავლილი იქნა ფელსების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები. ქანის სრული პროგრამით შესრულებული კვლევების შედეგები მოყვანილია (ცხრ. 6.3 და ცხრ.6.4) Σ ტექტ.=11ბალი, A დ = 33 = I დეკორატიული კლასი.

ცხრილი 6.3 ქანის ტექსტურისა და დეკორატიულობის განსაზღვრა

ფაქტურა	ტექსტურა			ფერი				
	ნახატის სახე	სტრუქტურა	შუქგამტარობა	ფერადოვნება	ფერის გაჯერებულობა	ფერთა უპირატესობა	ფერთა ერთგვაროვნება	ფერთა შეხამება
II კატეგორია 3 ბ.	I კატ. 6 ბ.	I კატ. 4 ბ.	III კატ. 1 ბ.	I კატ. 5 ბ.	III კატ. 3 ბ.	II კატ. 4 ბ.	II კატ. 4 ბ.	II კატ. 3 ბ.
	Σ ტექსტ. = 11 ბალი			A დ = 33 = I დეკორატიული კლასი				

ცხრილი 6.4 ფელსების ფიზიკურ მექანიკური მაჩვენებლები

#	გამოსაცდელი მაჩვენებლის დახასიათება განზომილება	მნიშვნელობა
1	ჭეშმარიტი სიმკვრივე	2.910
2	საშუალო სიმკვრივე	2.907
3	წყალშთანთქმადობა (ნორმა არაუმეტეს 0.75%), %	0.19
4	ფორიანობა, %	0.2

5	სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას მშრალ მდგომარეობაში (ნორმა არაუმეტეს 30%), %	92.0
6	სიმტკიცის კლება კუმშვისას წყალგაჟღენთილ მდგომარეობაში (ნორმა არაუმეტეს 30%)	1.9
7	მარკა ყინვამედეგობაზე	ყინვამედეგი
8	მარილმედეგობა, მასის დანაკარგი გოგირდმჟავა ნატრიუმის ხსნარში გაჟღენთვისა და შრობის 0 ციკლის შემდეგ (ნორმა არაუმეტეს 0.5%), %	2.7
9	ცვეთადობა(ნორმა არაუმეტეს 0.5 g/sm ²), g/sm ²	0.32

როგორც მიღებული შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, შესწავლილი ქანი სრულიად პასუხობს მოსაპირკეთებელი ქვის ნედლეულის მოთხოვნებს. იგი მიეკუთვნება ქანების ყველაზე მდგრად ჯგუფს და შეუზღუდავად შეიძლება გამოყენებული იქნას შენობების და ნაგებობების როგორც გარე, ისე შიდა მოპირკეთებისათვის, ასევე იატაკის და კიბის საფეხურებად, ანუ იქ სადაც ადამიანის მოძრაობა ყველაზე ინტენსიურია და შეადგენს 1000 კაცი/სთ.

ამრიგად, მდ. მდ. კლიჩისა და აჩაფარას ხეობებში განვითარებული ფელსები წარმოადგენს მაღალხარისხოვან ნედლეულს, ამ ქანებით, როგორც მოსაპირკეთებელი მასალებით დაინტერესების შემთხვევაში, საჭიროა ჩატარდეს მათი უფრო დეტალური გეოლოგიური შესწავლა.

7. კლიჩის ინტრუზივის ასაკი, ფორმირების პეტროგენული და გეოდინამიკური მოდელი

7.1. კლიჩის ინტრუზივის ცირკონებით დათარიღების U-Pb LA-ICP-MS მეთოდით მიღებული გეოქრონოლოგიური შედეგები

კლიჩის ინტრუზივის ფორმირების ასაკის დასადგენად, გამოვიყენეთ ცირკონების დათარიღების U-Pb LA-ICP-MS მეთოდი.

საკვლევი გაბრო-დიორიტული ორთოგნეისის ნიმუში აღებული იქნა მდ. კლიჩის ხეობაში. ნიმუშის მდებარეობის კოორდინატებია: 41°51'45"N, 43°10'33' E. შესრულებულია ცირკონების 30 მარცვალში 39 გაზომვა (იხ. ცხრ. 7. 1.1, სურ 7.1.1) .

ცირკონებში Th/U 0.1-დან 0,54-მდე ფარგლებშია (სურ. 7.1.2) . 38 გაზომვის შედეგი ერთმანეთთან საკმაოდ მიახლოებულია და იგი 299-331 მლნ. წ. ფარგლებში მერყეობს, ხოლო საშუალო მნიშვნელობა 310.9 ± 2.4 მლნ. წ. მოიცავს. აღსანიშნავია, რომ ცირკონების კრისტალები ზონალური აგებულებისაა და კრისტალების გულსა და პერიფერიებს შორის ასაკის განსხვავება 2.0 დან 10 მლნ.წ ფარგლებშია. მიღებული მონაცემები გვიანვარისკულ ენდოგენურ პროცესს ეთანადება. ეს მონაცემები შეესაბამება გვანდრის წყების ქანებსა და კლიჩის გაბრო-დიორიტული ორთოგნეისებში გვიანვარისკული რეგიონული მეტამორფიზმის გამოვლინების ასაკს. ცირკონის ერთ-ერთ მარცვალში დაფიქსირებულია ასაკი – 428 ± 9 მლნ.წ. თუ გავითვალისწინებთ იმ გარემოებას, რომ კლიჩის გაბრო-დიორიტული ორთოგნეისების იმ სახესხვაობებში რომლებშიც დაფიქსირებული არ არის რეგიონული მეტამორფიზმის დროს ახლად გაჩენილი მინერალები (ბიოტიტი, კუმინგტონიტი, მწვანე რქატყუარა, კვარცი) ცირკონი პრაქტიკულად არ გვხვდება, აღნიშნული ასაკი სრულიად შესაძლებელია ინტრუზივის პროტოლითის ასაკი იყოს.

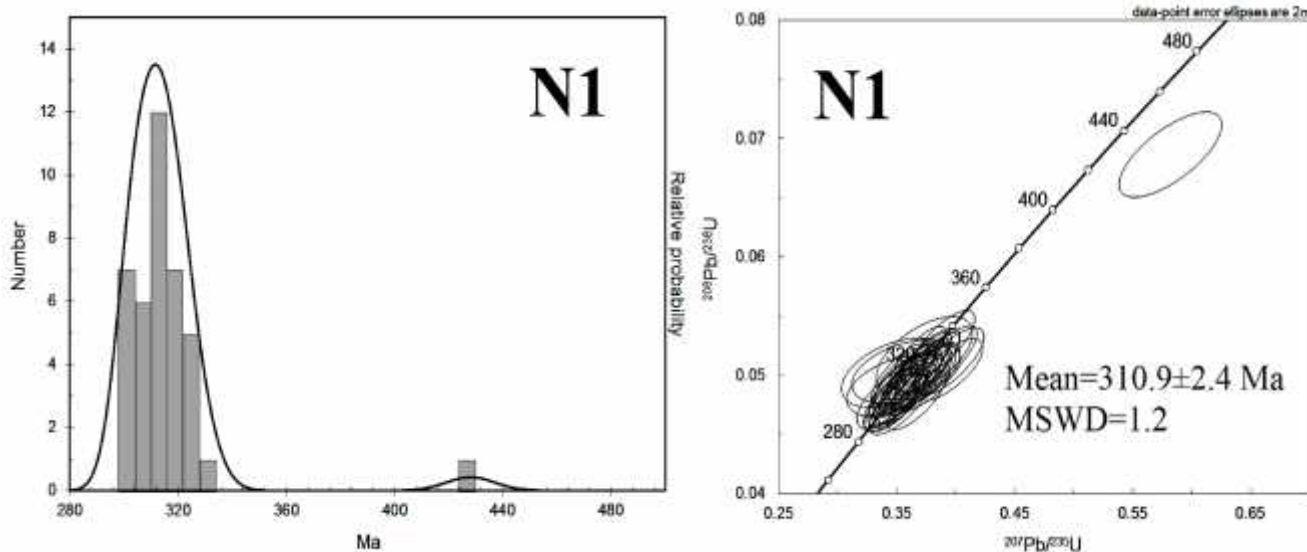
ნიმუშის N1 LA-ICP-MS ცირკონების U-Pb იზოტოპის ანალიტიკური მონაცემები

N1

Spot	Th/U	U ppm	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	error corr	INFERRED AGE(მლნ.წ.)	1σ
N1-1	0.36	560	0.05393	0.00062	0.37903	0.00985	0.05098	0.00108	0.8151946	321	7
N1-1a*	0.47	527	0.0518	0.00061	0.3676	0.00973	0.05147	0.00109	0.8000829	324	7
N1-2	0.48	688	0.054	0.00062	0.37179	0.00968	0.04994	0.00106	0.8152291	314	7
N1-2a	0.43	527	0.05328	0.00065	0.36457	0.00989	0.04963	0.00106	0.7873108	312	7
N1-3	0.30	347	0.05336	0.00072	0.37728	0.01088	0.05128	0.00109	0.7370779	322	7
N1-3a	0.45	433	0.05669	0.0008	0.39453	0.01166	0.05048	0.00106	0.7105064	317	7
N1-4	0.37	414	0.05356	0.0007	0.38929	0.01102	0.05272	0.00112	0.7504716	331	7
N1-5	0.51	70	0.05035	0.00167	0.34855	0.0185	0.05021	0.0012	0.4502818	316	7
N1-6	0.45	459	0.05231	0.00059	0.36076	0.00926	0.05002	0.00106	0.8255998	315	7
N1-7	0.34	352	0.05187	0.00182	0.35119	0.0178	0.0491	0.00107	0.4299564	309	7
N1-8	0.39	313	0.05261	0.00067	0.34622	0.00965	0.04774	0.00102	0.7665537	301	6
N1-9	0.38	285	0.0538	0.00071	0.3651	0.01036	0.04923	0.00104	0.7444844	310	6
N1-10	0.37	146	0.0615	0.0009	0.58194	0.01779	0.06863	0.00147	0.7006572	428	9
N1-11	0.18	432	0.05158	0.0006	0.34921	0.00917	0.04911	0.00104	0.8064561	309	6
N1-12	0.39	303	0.05114	0.00066	0.35291	0.00994	0.05005	0.00107	0.7590271	315	7
N1-13	0.47	342	0.05325	0.00067	0.35071	0.00971	0.04777	0.00101	0.7636512	301	6
N1-14	0.42	427	0.05299	0.00064	0.35395	0.00947	0.04845	0.00102	0.7868616	305	6
N1-15	0.45	357	0.05186	0.00065	0.35024	0.00969	0.04899	0.00104	0.7673047	308	6
N1-16	0.34	199	0.05179	0.00081	0.34298	0.01095	0.04803	0.00104	0.6782276	302	6
N1-17	0.34	180	0.05414	0.00087	0.37394	0.01225	0.0501	0.0011	0.6702253	315	7

N1-17a	0.46	158	0.05383	0.00087	0.37045	0.01219	0.04992	0.00111	0.6757317	314	7
N1-18	0.38	258	0.05269	0.00072	0.35064	0.0103	0.04827	0.00105	0.740519	304	6
N1-19	0.38	156	0.05268	0.00085	0.35872	0.01185	0.04939	0.0011	0.6742033	311	7
N1-20	0.44	271	0.05598	0.00078	0.39481	0.01193	0.05116	0.00116	0.7503695	322	7
N1-21	0.35	396	0.05197	0.00063	0.34433	0.00933	0.04805	0.00103	0.7911103	303	6
N1-20a	0.44	447	0.05251	0.00062	0.35913	0.00956	0.0496	0.00106	0.8028196	312	7
N1-22	0.46	363	0.0556	0.00069	0.36724	0.0101	0.04791	0.00103	0.7816992	302	6
N1-23	0.25	249	0.054	0.00076	0.37004	0.01108	0.0497	0.00109	0.7324518	313	7
N1-24	0.25	315	0.05375	0.00073	0.35184	0.01028	0.04749	0.00102	0.7351062	299	6
N1-24a	0.42	416	0.05363	0.00067	0.35845	0.00994	0.04848	0.00104	0.7735937	305	6
N1-25	0.34	744	0.05227	0.00056	0.36208	0.00888	0.05024	0.00106	0.8602958	316	7
N1-26	0.43	407	0.05345	0.00064	0.35416	0.00942	0.04805	0.00102	0.7980965	303	6
N1-27	0.36	293	0.05516	0.00069	0.39153	0.01085	0.05148	0.0011	0.7710623	324	7
N1-28	0.54	662	0.05327	0.00059	0.37122	0.0093	0.05055	0.00107	0.8449111	318	7
N1-28a	0.43	240	0.0524	0.00127	0.37336	0.01672	0.05168	0.00134	0.5789937	325	8
N1-29	0.31	527	0.053	0.00062	0.37257	0.0098	0.05098	0.00107	0.7979318	321	7
N1-29a	0.34	398	0.05162	0.00194	0.35813	0.01887	0.05032	0.0011	0.4148784	316	7
N1-30	0.30	411	0.05283	0.00066	0.35956	0.00989	0.04936	0.00105	0.7733734	311	6
N1-30a	0.36	255	0.0521	0.00076	0.35857	0.01096	0.04992	0.00107	0.7012496	314	7

შენიშვნა: ასო „ა“ ნიმუშის ნომერთან ერთად მიუთითებს იმას, რომ ასაკები მიღებული იქნა ცირკონის კრისტალის გულიდან, ხოლო დანარჩენი ციფრები - პერიფერიებიდან



სურ. 7.1.1. ალბათობის სიმკვრივის მრუდები გაანალიზებული ცირკონებისა და კონკორდიას დიაგრამებისათვის

მეტად საინტერესოა კლიჩის გაბრო-დიორიტულ ორთოგნეისში მონოციკლურ ენდოგენურ პროცესში, რომელიც როგორც წესი მიმდინარეობს ტემპერატურის კლების პროცესში, ცირკონების უმრავლეს ზონალურ მარცვალში დაფიქსირებული მოვლენა: ცირკონების გულში ასაკის უფრო დაბალი მნიშვნელობა ვიდრე პერიფერიულ ნაწილში (იხ. სურ 7.1.2).

321 → 324 მლნ.წ.,

312 → 314 მლნ.წ.,

317 → 322 მლნ.წ.,

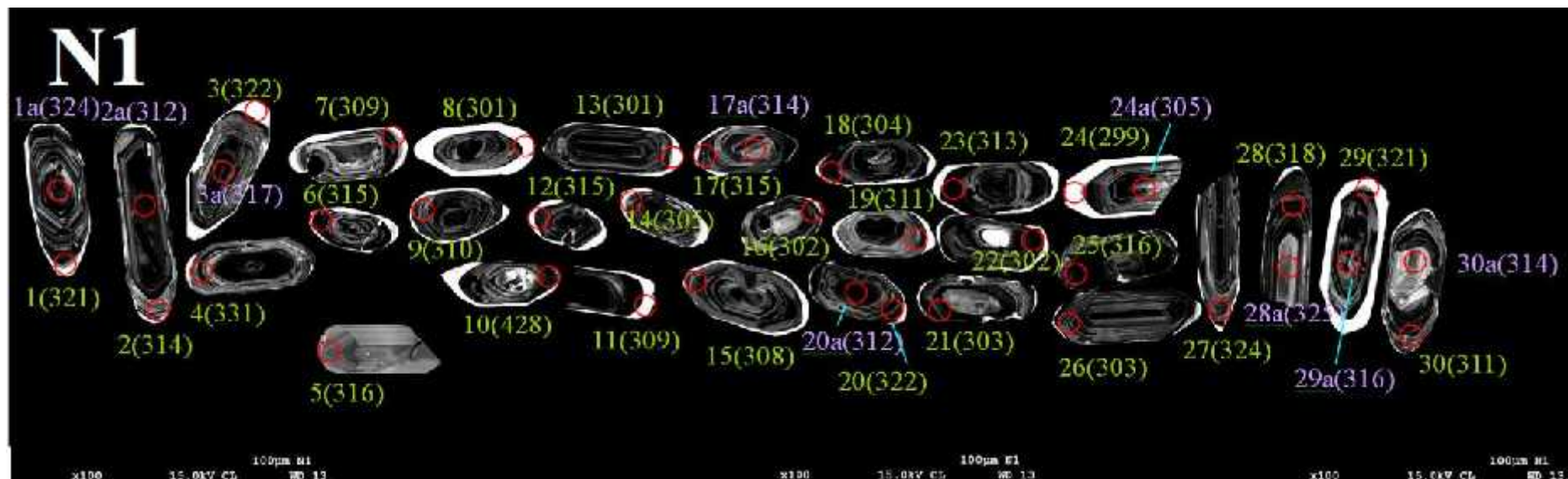
304 → 311 მლნ.წ.,

312 → 322 მლნ.წ.,

321 → 316 მლნ.წ და

311 → 314 მლნ.წ.

მსგავსი ანომალური შემთხვევა ენდოგენური პროცესის ერთ ციკლში გაშიფრული აქვს ა.გერდესსა და ა.ზეჰს (Gerdes, Zegh, 2009). ამ ავტორების მიხედვით, ეს მოვლენები მიუთითებს, რომ მინერალწარმოშობის პროცესში ცირკონის კრისტალის არშიებმა უფრო ნაკლებად დაკარგეს ტყვია ვიდრე მისმა ცენტრალურმა ნაწილმა.



სურ. 7.1.2 კლიჩის ინტრუზივის გაბრო-დიორიტული გნეისებში განვითარებული ცირკონების კათოდლუმინესენციური გამოსახულებები, წრეები განსაზღვრავს ლაზერული წერტილების მდებარეობას და მითითებულია ანალიზის ნომერები, მნიშვნელობები პარანთეზებში არის $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$ ასაკი (მლნ. წელი), მარცვლის ბირთვიდან მიღებული ანალიზი იასამნისფერად არის აღნიშნული

7.2 კლიჩის ინტრუზივის ფორმირების პეტროგენული და გეოდინამიკური მოდელი

რეგიონალური მეტამორფიზმისა და მაგმატიტების ცალკეული ეტაპების PT პირობები შეფასებული გვაქვს რიგი გეოთერმობარომეტრის გამოყენებით და საყრდენი მინერალური პარაგენეზისების პეტროგენეტურ სქემასთან შედარების საშუალებით.

გრანატის, ბიოტიტის და კორდიერიტიანი ქანებისთვის ვისარგებლეთ გრანატ-ბიოტიტიანი (Перчук, 1967; Thompson, 1975; Goldman, Albee, 1977; Ferry, Spear, 1977; Перчук, Лаврентева, 1983 და Kleemann, Reinhard 1994) გეოთერმომეტრებით. ასევე გამოვიყენეთ გრაფიტული თერმომეტრი (Шенгелиა и др. 1977).

შესწავლილი ქანების ფორმირების წნევის პირობები განვსაზღვრეთ ლ. არანოვიჩისა და კ. პოდლესკის (Аранович, Подлеский, 1983; Подлеский 1981) გრანატ-კორდიერიტიანი გეობარომეტრის საშუალებით. რაიონის მეტამორფულ კომპლექსში ფართედ განვითარებული გრანატ-პლაგიოკლაზ – Al_2SiO_5 კვარციანი და ბიოტიტ-გრანატ-პლაგიოკლაზ-მუსკოვიტიანი ასოციაციებისთვის შესაბამისად გამოვიყენეთ აგრეთვე რ. ნიუტონის – გ. ჰაზელტონის (Newton, Haselton, 1981) და ფ. გენტ – მ. სტაუტის (Ghent, Stout, 1981) გეოთერმობარომეტრები.

დადგინდა, რომ გვანდრის წყების ვარისკულისწინა რეგიონული მეტამორფიზმის ტემპერატურული პირობები შემოიფარგლება $430-540^{\circ}C$ ინტერვალით, $P \approx 3$ კბრ.

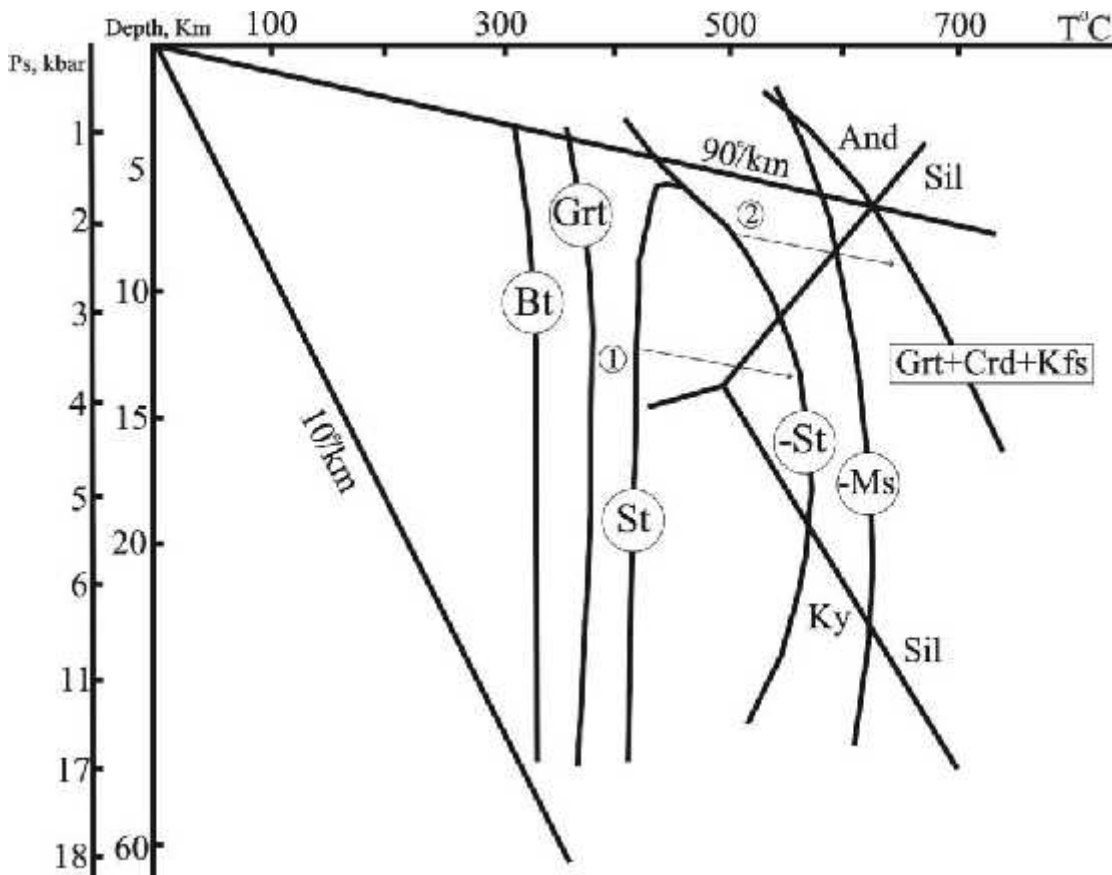
ინტრუზივის შემოჭრამდე მიმდებარე გვერდით ქანებს განცდილი ქონდათ რეგიონული მეტამორფიზმი სტავრლითური ფაციესის პირობებში, ხოლო კონტაქტური მეტამორფიზმის შედეგად მისი გარდაქმნის PT პირობები გაცილებით მაღალი იყო; ფელსების ფორმირების პიკური პირობებია $600-620^{\circ}C$, $P < 3$ კბრ..

გვანდრის წყებასა და კლიჩის გაბრო დიორიტულ ინტრუზივს გვიანვარისკული ოროფაზის გამოვლინების დროს, ერთდროულად განცდილი აქვთ რეგიონული მეტამორფიზმი ტემპერატურულ პირობებში – $530-630^{\circ}C$, სიღრმე – < 12 კმ. ამ პროცესში ახლადგაჩენილი მინერალებია: გრანატი, კუმინგტონიტი, მწვანე რქატყუარა, ბიოტიტი, ოლიგოკლაზი და კვარცი.

ზემოაღნიშნულის საფუძველზე დადასტურდა, რომ გვანდრის წყების ქანებს განცდილი აქვს პოლიციკლური რეგიონული მეტამორფიზმი.

ამ მონაცემებისა და საკვლევი რაიონის კრისტალური ქანების გეოლოგიური სიტუაციის შეფასებით წარმოდგენილია გვანდრის წყების ვარისკულისწინა რეგიონული მეტამორფიზმის, კონტაქტური მეტამორფიზმის, მათ შორის ფელსების, ასევე გვიანვარისკული რეგიონული მეტამორფიზმის და გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის პეტროგენული მოდელი (სურ. 7.2.1).

სურ. 7.2.1.



სურ 7.2.1 გვანდრის წყების ვარისკულისწინა რეგიონული მეტამორფიზმისა და გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის კონტაქტური თერმული მეტამორფიზმის პეტროგენული მოდელი. 1- გვანდრის წყების ვარისკულისწინა რეგიონული მეტამორფიზმი; 2- კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის ეპოკონტაქტური მეტამორფიზმი

8. დასკვნები

კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის შედგენილობა მერყეობს გაბროსა და კვარციან დიორიტებს შორის. ჩვენი მონაცემებით დადგინდა, რომ ინტრუზივში გვხვდება პირველადი მაგმური მინერალები: რუხი ან მომწვანო რუხი რქატყუარა და ლაზრადორ-ბიტოვნიტის რიგის პლაგიოკლაზი. ქანში ჭარბობს რეგიონული მეტამორფიზმის დროს წარმოქმნილი მინერალები: მწვანე რქატყუარა, ბიოტიტი, ოლგოკლაზის რიგის პლაგიოკლაზი, კუმინგტონიტი, გრანატი, სფენი, გვხვდება კვარციც-მიკროზონდული კვლევით შესწავლილია კლიჩის ინტრუზივში განვითარებული ყველა მინერალი.

ინტრუზივი შედგენილობით უპასუხებს სუსტადდიფერენცირებულ დაბალკალიუმიან სერიას. ინტრუზივი ხასიათდება შერეული მახასიათებლებით: რიგი ნიშნით კლიჩის ინტრუზივი მიეკუთვნება მცირესიღრმულ მაგმურ კერებს, რომელთა ფორმირება ხდება ლითოსფეროს ნაოჭა სისტემების ენსიმატურ ზონაში. სხვა ნიშნებით იგი მსგავსია დეპლატირებული მანტიის ზედა ნაწილში გენერირებული მაგმატიტებისა. იგი მიეკუთვნება ACG და RTG ტიპის მაგმატიტებს რაც დასტურდება გეოქიმიური მონაცემებითაც.

$K_2O / Na_2O - SiO_2$ დიაგრამაზე კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივი შეესაბამება Na-, K-Na - და Na-MORB სერიებს. $FeO/MgO - SiO_2$ და AFM დიაგრამებზე კი – კირტუტე და ტოლეიტურ ველებს, ხოლო $Na_2O + K_2O - SiO_2$ დიაგრამაზე – მხოლოდ კირტუტე სერიას შეესაბამება.

ACM და AFM ორმაგ დიაგრამაზე შესწავლილი ქანების ფიგურული წერტილები ძირითადად MAR-ის და ფუძე კუმულატების ველების მახლობლად განლაგდა, Ti/Cr-Ni დიაგრამაზე კი – IAT -ის ველში. TiO_2-K_2O და $TiO_2 - FeO/MgO$ დიაგრამების მიხედვით კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის შედგენილობა კუნძულთა რკალების ბაზალტებს უპასუხებს.

Ce/Pb-Ce, Sm/yb-Ce/Sm, Nb/Th-Nb დიაგრამების მიხედვით კლიჩის ინტრუზივის ამგები ქანების აღმნიშვნელი ფიგურული წერტილები MORB, IOB და MORB+OIB

ველებში განთავსდა. Th/Y – Nb/Y, Th/Yb-Ta/Yb და La/Nb-Ti დიაგრამების მიხედვით კი მათი შედგენილობა შეესაბამება MORB. Th/Yb-Nb/Yb დიაგრამებზე წერტილები დეპლექტირებული მანტიის ველში განლაგდა, ხოლო Rb/Y-Nb/Y მიხედვით კი – შუა და ქვედა ქერქულ წარმონაქმნებს უპასუხებს.

კლიჩის ინტრუზივის შემცავ გვანდრის წყებას დანაოჭების კადომური ოროფაზის გამოვლინების დრო, კლიჩის ინტრუზივის შემოჭრამდე განცდილი ქონდა სტავროლით-ბიოტიტ-ანდალუზიტური და სტავროლით-სილიმანიტური სუბფაციების პირობების რეგიონული მეტამორფიზმი.

კლიჩის გაბრო-დიორიტული ინტრუზივის შემცავი გვანდრის წყების რეგიონული მეტამორფიზმისა და ინტრუზივისცალკეული PT პირობები შეფასებულია რიგი გეოთერმობარომერის გამოყენებით და საყრდენი მინერალური პარაგენეზისების პეტროგენეტურ სქემასთან შედარების საშუალებით.

დადგინდა, რომ გვანდრისწყების ვარისკულისწინა რეგიონული მეტამორფიზმის ტემპერატურული პირობები შემოიფარგლება 430-540 °C, ხოლო $P \approx 3$ კბრ.

კლიჩის ინტრუზივი იწვევს გვანდრის წყების ინტენსიურ კონტაქტურ-თერმულ გარდაქმნას, რომელიც მოიცავს ბიოტიტ-მუსკოვიტიანი გნეისებისა და რქაულების ფაციესის მთელ ინტერვალს, სადაც კონტაქტური მეტამორფიზმის პიკი 620 °C აღწევს. ინტრუზივის ეკზოკონტაქტში განვითარებულია ძალიან მკვრივი, მასივური მეტამორფული ქანები – ფელსები. ფელსების ფორმირების პიკური ტემპერატურული პირობებია 600-620 °C, სიღრმე < 12 კმ. ფელსების სიმძლავრე რამოდენიმე ათეული მეტრია.

ბუნებრივი ფელსი საკმაოდ ლამაზი ქარგისაა: ნაცრისფერ ფონზე შავი-მოყვითალო - მოვარდისფრო ჩანართები ჰარმონიულ ნახატს ქმნის. ფელსების როგორც მოსაპირკეთებელი ქვებად გამოყენების შესაძლებლობის დასადგენად, ჩატარებული იქნა შესაბამისი კვლევები. შესწავლილი იქნა ფელსების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები და განისაზღვრა მისი დეკორატიულობის კლასი. ქანის სრული პროგრამით შესრულებული კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ ფელსები ქანების

ყველაზე მდგრად ჯგუფს მიეკუთვნებიან და წარმოდგენენ I დეკორატიული კლასის მოსაპირკეთებელ ნედლეულს. მათი გამოყენება შეუზღუდავად შეიძლება შენობების და ნაგებობების როგორც გარე, ისე შიდა მოპირკეთებისათვის, ასევე იატაკის და კიბის საფეხურებად, ანუ იქ სადაც ადამიანის მოძრაობა ყველაზე ინტენსიურია და შეადგენს > 1000 კაცი/სთ.

გვანდრის წყებასა და კლიჩის გაბრო-დიორიტულ ინტრუზივს გვიანვარისკულ ოროფაზის გამოვლინების დროს ერთდროულად განცდილი აქვთ რეგიონული მეტამორფიზმის ტემპერატურული პირობებით 530-630 °C, $P < 3$ კბრ. ახლად გაჩენილი მინერალებია: გრანატი, კუმინგტონიტი, მწვანე რქატყუარა, ბიოტიტი, ოლიგოკლაზი და კვარცი.

ამ მონაცემებისა და საკვლევი რაიონის კრისტალური ქანების გეოლოგიური სიტუაციის შეფასებით წარმოდგენილია გვანდრის წყების ვარისკულისწინა მეტამორფიზმის და გვიანვარისკული რეგიონული მეტამორფიზმის პეტროგენული მოდელი.

კლიჩის ინტრუზივის ფორმირების ასაკის დასადგენად, გამოყენებული იქნა ცირკონების დათარიღების U-Pb LA-ICP-MS მეთოდი. შესრულებულია ცირკონების 30 მარცვალში 39 გაზომვა. 38 გაზომვის შედეგი ერთმანეთთან საკმაოდ მიახლოებულია და იგი 299-331 მლნ.წ. ფარგლებს მოიცავს, ხოლო საშუალო მნიშვნელობა 310.9 ± 2.4 მლნ.წ. ფარგლებშია. მიღებული მონაცემები გვიანვარისკულ ენდოგენურ პროცესს ეთანადება. ეს მონაცემები შეესაბამება გვანდრის წყების ქანებსა და კლიჩის გაბრო-დიორიტული ორთოგნეისებში გვიანვარისკული რეგიონული მეტამორფიზმის გამოვლინების ასაკს.

9. გამოყენებული ლიტერატურა

1. ქ. ვარდანაშვილი, ნ. მაისურაძე. კლიჩის გაბრო-დიორიტული ორთოგნეისების პეტროქიმია და გეოქიმია (კავკასიონი). ალ. ჯანელიძის გეოლ. ინსტ. შრომები.2010, ახ.სერია.ნაკვ. 125. გვ.192-201.
2. Адамия Ш.А.Доюрские образования Кавказа //Тр. Геол. ин-та АН ГССР. 1968, нов. сер, вып.16, 294 с.
3. Адамия Ш.А. Тектоника И геологическая история Абхазии. Тр. ГИН АН ГССР, нов. Сер., 1977, вып.54.
4. Адамия Ш.А., Абесадзе Г.Н., Хотяновский П.А. К стратиграфии и возрасту метаморфических образований Главного хребта Большого Кавказа. ДАН СССР, 1973, т.211, N4.
5. Адамия Ш.А., Абесадзе М.Б., Кекелия М.А., Цимакуридзе Г.К., зари Т.Г. Метаморфизованные офиолиты, островодужные комплексы и бластомилониты Главного Кавказского хребта //ДАН СССР, 1978, 241, №5, с.1139-1142.
6. Акимидзе К.Г. – Петрология метаморфитов зоны Главного надвига Большого Кавказа в пределах бассейна р. Кодори. Кандид. дисс. Фонды Груз. Г. У. Тбилиси, 1971
7. Аранович Л.Я., Подлеский К.К.. Фазовое соответствие в системе кордиерит-гранат-силлиманит-кварцу. В кн.: «биотит-гранат-кордиеритовые равновесия и эволюция метаморфизма». М.:Наука.1983,с.89-123
8. Баранов Г.И., Кропачев С.М. Стратиграфия, магматизм и тектоника Большого Кавказа на докембрийском и палеозойских этапах развития. – В кн.: Геология Большого Кавказа. М.: Недра, 1976, с.45-154.
9. Бибикова Е.В., Сомин М.Л., Красивская И.С., Грачев Т.В., Макаров В.А., Аракелянц М.М., Видяпин Ю.П. U-Pb возраст ортогнейсов Главного Кавказского хребта //Изв. АН СССР, 1991, сер. геол., №9, с.23-34.
10. Винклер Г. Генезис метаморфических пород., Москва, 1969. Мир. 247 р.

11. Гамкрелидзе И., Шенгелиа Д. Докембрийско-палеозойский региональный метаморфизм, гранитоидный магматизм и геодинамика Кавказа, Москва, Научный Мир, 2005, 460 с.
12. Джавахишвили Ш.И. Кристаллические сланцы Южного склона Большого Кавказа //Тр. ГИН АН ГССР, 1970, вып.24, 194
13. Думбадзе Г.Д. Геологическое строение субстрата верховьев р.Кодори //Сообщ. АН ГССР, 1975, 78, №2, с.377-380.
14. Думбадзе Г.Д. Некоторые особенности химизма пород буульгенской серии //Сообщ. АН ГССР, 1977, 87, №2, с.385-388.
15. Заридзе Г.М. О базальтовом субстрате древнейшего геосинклинального пояса Кавказа //Пробл. строения земной коры и верхней мантии. Верхняя мантия. М.: Наука, 1970, №7, с.185-189.
16. Заридзе Г.М. Петрография магматических и метаморфических пород Грузии. М.: Госгеолтехиздат, 1961, 382 с.
17. Заридзе Г.М., Татришвили Н.Ф. Магматизм Грузии и связанные с ним рудопоявления. М.: Госгеолтехиздат, 1959, 254 с.
18. Заридзе Г.М., Татришвили Н.Ф. Петрология метаморфических образований Северного склона Большого Кавказа (Северная Осетия и Дигория) //Тбилиси: Мецниереба. Тр. Геол. ин-та АН Груз.ССР, 1967, нов.сер., вып.12, 202 с.
19. Заридзе Г.М., Татришвили Н.Ф. Петрология метаморфических образований Северного склона Большого Кавказа (Балкария, Карачай, Адыгей) //Тбилиси: Мецниереба. Тр. Геол. ин-та АН ГССР, 1974, нов. сер., вып.46, с.1-200.
20. 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. Размеры:210x120 см
21. Кориковский С. Фации метаморфизма метапелитов. М.:Наука, 1979, 260 с.
22. Окросцваридзе А.В. Петрология герцинских гранитоидных серий Большого Кавказа //Докт. дисс. Фонды Геол. ин-та АН Грузии (на груз. яз.), 1995, 354 с.

23. Перчук Л.Л. Биотит-гранатовый геотермометр. ДАН СССР, 1967, т.177, №2.
24. Перчук Л., Лаврентьева И. (1983), изд. АН СССР, М. "Наука," с. 17-89.
25. Петрология метаморфических комплексов Большого Кавказа. М.: Наука. 1991. 232 с.
26. Перчук Л.Л., Рябчиков И.Д. Фазовое соответствие в минеральных системах. Москва, Недра. 1976
27. Подлеский К.К. Фазовое соответствие в системе кордиерит-гранат-силлиманит-кварцу (кордиерит-гранатовый барометр). Автореферат канд. дис., 1981, М.:2с.
28. Попорядзе Н.Г. Вопросы гомогенности, неоднородности и разрыва амфиболов Большого Кавказа. Труды ГПИ, Тбилиси, 1987, N325. 47-52 с.
29. Попорядзе Н.Г. Новые данные об амфиболах буульгенской метаморфической серии (Большой Кавказ). Труды ГПИ, Тбилиси, 1984, N11. 21-26 с.
30. Попорядзе Н.Г. Минералогия и петрология амфиболосодержащих метаморфитов Главного и Передового хребтов Большого Кавказа. Автореф. Дис. Канд. Геол-минерал. Наук, 1985. 28с.
31. Попорядзе Н.Г., Имнаишвили М.Ш. Распад твердых растворов метаморфических амфиболов Большого Кавказа. Изв. АН. СССР, сер. Геол., 1990, N2. 127-133 с.
32. Попорядзе Н.Г., Хаджи И.П. Ламели трехрядного силиката в структуре антофилита. Сообщ. АН. СССР 1991, 144, N2, с. 292-296
33. Снежко Е.А. Стратиграфия. Докембрия //Геол. СССР. М.: Недра, 1968, т. 9, Сев. Кавказ, с.37-56.
34. Сомин М.Л. Геологическая характеристика метаморфических комплексов Большого Кавказа. В кн.: Петрология метаморфических комплексов Большого Кавказа. Москва, Наука. 1991. с8-46.
35. Сомин М.Л. Доюрское основание Главного хребта и Южного склона Большого Кавказа. М.: Наука. 1971. 245 с.
36. Сомин М.Л. Некоторые особенности связи магматизма и тектоники кристаллического ядра Главного хребта Большого Кавказа //Геотектоника, 1965, №3, с.48-61.

37. Сомин М.Л. Структурная позиция и геодинамические условия формирования метаморфических комплексов Большого Кавказа и Кубы. Докторская диссертация. Институт Физики Земли им. О.Ю. Шмидта, РАН. М., 2007. 58 с.
38. Цуцунава Т. (Низко температурный региональный метаморфизм Кавказа. Автореф. Канд. Дисс. Тбилиси. 2005). 37 с.
39. Чичинадзе Г.Л. О генезисе амфиболитов буульгенской серии в Абхазии. Сообщ. АН ГССР, (1971). т.85, №2, с. 393-396.
40. Чичинадзе Г.Л. Петрология кристаллических пород юго-восточной части Софийского поднятия (Большой Кавказ). Автореф. канд. дисс. 1978. 26 с.
41. Чичинадзе Г.Л. Прогрессивная региональная метаморфическая зональность в кристаллических породах буульгенской серии. Сообщ. АН ГССР, (1972). т.86, №2, с. 381-384.
42. Чхотуа Г.Р. К петрографии древних основных и ультраосновных пород верховьев р.Кодори в Абхазии //Бюлл. Геол. ин-та Грузии, 1938, т.5, вып.1, 93 с.
43. Чхотуа Т.Г. Петрология метаморфических образований Большого Кавказа в пределах северо-западной части Абхазии //Автореф. кандидат. дисс., 1971, 31 с.
44. Чхотуа Т.Г. Некоторые особенности эволюции регионального метаморфизма в комплексах Большого Кавказа //Сообщ. АН Груз. ССР, 1977, 87, №1, с.113-116.
45. Шенгелиа Д.М. – Сравнительная характеристика регионального метаморфизма буульгенской и лабинской серии (Большой Кавказ). Тезисы докл. XXI респ. науч. техн. конф. ГПИ, с. 172-173. 1978
46. Шенгелиа Д.М., Ахвледиани Р.А., Кецохвели Д.Н. Графитовый термометр //ДАН СССР, 1977, т.235, №6, с.1407-1409.
47. Шенгелиа Д.М., Кецохвели Д.Н. (1982). Региональный метаморфизм низких и умеренных давлений в Абхазии //Тр. ГИН АН ГССР, Вып.78, с.206.
48. Шенгелиа Д.М., Чичинадзе Г.Л., Кецохвели Д.Н. – Палеозойские лейкократовые гранатовые гнейсы и гранитоиды Абхазии. В сб. Проблемы геологии Грузии/ Тр. ГИН АН ГССР, нов сер., вып 59,с. 147-159. 1978

49. Adamia S., Zakariadze G., Chkhotua T. & Sadradze N. 2011: Geology of the Caucasus: A.Review. Turkish Journal of Earth Sciences. 20. 489-544.
50. Andersen T. 2002: Correction of common lead in U–Pb analyses that do not report ^{204}Pb . Chem. Geol. 192, 59–79.
51. Barbarin B. 1999: A Review of the Relationships between Granitoid Types, Their Origins and Their Geodynamic Environments//Lithos. Vol.46. N3. P.605-626.
52. Chichinadze G. 2010: About the Geological Structure of the Buulgen Series (the Greater Caucasus)// Proceedings of Al. Janelidze Institute of Geology. New series. Vol.125. P. 133-141
53. Ferry J.M., Spear F.S. 1978: Experimental Calibration of the partitioning of Fe and Mg Between Biotite and Garnet. Contrib. Mineral. Petrol., 66.
54. Gamkrelidze, I., Shengelia D., Chichinadze G., Lee Y., Okrostsvaridze A., Beridze G. & Vardanashvili K. 2020: U–Pb LA–ICP–MS dating of zoned zircons from the Greater Caucasus pre-Alpine crystalline basement: Evidence for Cadomian to Late Variscan evolution. Geologica Carpathica, Vol 71, N 3, P. 249–263
55. Ghent E.G., Stout M.Z. 1981: Geobarometry and geothermometry of plagioclase-biotite-garnet-muscovite assemblage. Contrib. Mineral. Petrol., 97, P.76-92.
56. Goldman D.S., Albee A.L. 1977: Correlation of Mg/Fe partitioning between garnet and biotite with $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ partitioning between quartz and magnetite. Am.J.Sci. 277.
57. Jackson S.E., Pearson N.J., Griffin W.L. & Belousova E.A. 2004: The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U–Pb zircon geochronology. Chem. Geol. 211, 47–69.
58. Kleemann U., Reinhard S. 1994: Garnet-biotite thermometry revisited: The effect of AlVI and Ti in biotite. Eorop. J. Mineral. Vol. 6, 925-941
59. Sláma J., Košler J., Condon D.J., Crowley J.L., Gerdes A., Hanchar J.M., Horstwood M.S.A., Morris G.A., Nasdala L., Norberg N., Schaltegger U., Schoene B., Tubrett M.N. & Whitehouse M.J. 2008: Plešovice zircon – A new natural reference material for U–Pb and Hf isotopic microanalysis. Chem. Geol. 249, 1–35.

60. Somin M.L. 2011: Pre-Jurassic basement of the Greater Caucasus: brief overview. Turkish J. Earth Scie. Vol. 20, P.1–65.
61. Thompson A.B. 1975: Mineral reactions in polytic rocks: II. Calculation of some P-T-X (Fe-Mg) phase relations. Am. Sci, 276
62. Ludwig K.R. 2003: User's manual for Isoplot 3.00: a geochronological toolkit for Microsoft Excel, Kenneth R. Ludwig
63. Newton R.C., Haselton H.T. 1981: Thermodynamics of the garnet-plagioclase- Al_2SiO_5 – quartz geobarometer. Thermodynamics of Minerals and Melts. Springer (New-Yourk), P. 129-145.
64. Vardanashvili K., Shengelia D., Tsutsunava T., Chichinadze G., Maisuradze N. 2017: New Geological-Petrological Data on the Klich Gabbro-Diorite Intrusion (the Greater Caucasus) Bull. Georg. Natl. Acad. Sci. Vol. 11, no. 2. P. 76-80
65. Whitney D. L., and Evans B.W., 2010: Abbreviations for names of rock-forming minerals. American Mineralogist. V. 95. P. 185–187
66. Zaridze G. M., Shengelia D.M. 1978: Hercynian magmatism and metamorphism of the Great Caucasus in the light of plate tectonics. Bull. Soc. Geol. France. (7), XX, N3, P .355-359.

სადისერტაციო ნაშრომის ფარგლებში გამოქვეყნებული ნაშრომების სია

1. Gamkrelidze, I., Shengelia D., Chichinadze G., Lee Y., Okrostsvaridze A., Beridze G. & Vardanashvili K. 2020: U–Pb LA–ICP–MS dating of zoned zircons from the Greater Caucasus pre-Alpine crystalline basement: Evidence for Cadomian to Late Variscan evolution. *Geologica Carpathica*, 2020, Vol71, N3, p249–263 <https://doi.org/10.31577/GeolCarp.71.3.4>
2. Vardanashvili K., Shengelia D., Tsutsunava T., Chichinadze G., Maisuradze N. New Geological-Petrological Data on the Klich Gabbro-Diorite Intrusion (the Greater Caucasus) *Bull. Georg. Natl. Acad. Sci.* 2017. vol. 11, no. 2. P. 76-80 http://science.org.ge/bnas/t11-n2/12_Vardanashvili.pdf
3. ქ. ვარდანაშვილი, ნ. მაისურაძე. კლიჩის გაბრო-დიორიტული ორთოგნეისების პეტროქიმია და გეოქიმია (კავკასიონი) ალ. ჯანელიძის გეოლ.ინსტ. შრომები. 2010. ახ.სერია.ნაკვ. 125. გვ.192-201. <http://dspace.nplg.gov.ge/handle/1234/315111>
4. Vardanashvili K., Maisuradze N. Exocontact Metamorphism in Klich Gabbro-diorite Intrusive, abstract volume, 10th Swiss Geoscience Meeting, Bern, Switzerland. 2012, p.117
5. Vardanashvili K. About contact metamorphites of the Klich gabbro-diorite intrusive (abstract). The International Scientific Con. Problems of Geology of The Caucasus, Georgia, Tbilisi (2010)
6. Варданашвили К. Новые данные о Клычской габбро-диоритового ортогнейса (Кавказ). тезис. 5-я международная научная конференция молодых ученых и студентов. 2013. Баку.Азербайджан.