

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

დოქტორანტურის საგანმანათლებლო პროგრამა “გეოლოგია“

ირაკლი ჯავახიშვილი

დიზის სერიის რეგიონული და კონტაქტური მეტამორფიზმი

გეოლოგიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარმოდგენილი დისერტაცია

სამეცნიერო ხელმძღვანელი:

აკადემიკოსი დავით შენგელია

თბილისი

2022

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University
Faculty of Exact and Natural Sciences

Doctoral Program: Geology

Irakli Javakhishvili

Regional and Contact Metamorphism of the Dizi Series

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

Scientific Supervisor:

Academician David Shengelia

Tbilisi

2022

სარჩევი

მინერალთა აბრევიატურა	iv
აბსტრაქტი	v
ABSTRACT	viii
1. შესავალი	11
2. ფაქტიური მასალა და კვლევის მეთოდები.....	17
2.1. ნიმუშების აღწერა	17
2.2. XRF, XRD და ICP-MS ანალიზები.....	19
2.3. მიკროზონდული კვლევა და გეოთერმომეტრია	20
2.4. U-Pb LA-ICP-MS ცირკონების დათარიღება და იზოტოპია	21
3. დიზის სერიის შესწავლის ისტორია.....	23
4. გეოლოგია	26
5. სტრატეგრაფია და ტექტონიკა.....	31
6. კვლევის შედეგი	34
6.1. რეგიონული მეტამორფიზმი	34
6.2. მეტამორფული ქანების გეოქიმია.....	36
6.2.1. XRD ანალიზი	36
6.2.2. XRF ანალიზი.....	38
6.3. კონტაქტური მეტამორფიზმი	43
6.4. გეოთერმომეტრია	51
6.5. მაგმატიზმი	54
6.6. მაგმური ქანების პეტროგრაფია	55
6.7. მაგმური ქანების გეოქიმია.....	62
6.8. მაგმური ქანების დათარიღება.....	70
6.9. მაგმური ქანების ფორმირების პეტროგენული მოდელი	75
7. დიზის სერიის ქანების სავარაუდო ანალოგები	82
8. დასკვნები	83
დანართები	86
გამოყენებული ლიტერატურა.....	104
გამოქვეყნებული შრომების სია.....	114

მინერალთა აბრევიატურა

(*Withney, Evans, 2010*)

Ab - ალბიტი	Dol - დოლომიტი	Pl - პლაგიოკლაზი
Act - აქტინოლითი	Ep - ეპიდოტი	Pmp - პუმპელიტი
And - ანდალუზიტი	Gr - გრაფიტი	Po - პიროტინი
Aug - ავგიტი	Grt - გრანატი	Prh - პრენიტი
Bt - ბიოტიტი	Hbl - რქატყუარა	Py - პირიტი
Cal - კალციტი	Ilm - ილმენიტი	Qz - კვარცი
Chl - ქლორიტი	Kfs - კალიშპატი	Scp - სკაპოლიტი
Cpx - კლინოპიროქსენი	Mag - მაგნეტიტი	Ser - სერიციტი
Crd - კორდიერიტი	Mc - მიკროკლინი	Sil - სილიმანიტი
Crn - კორუნდი	Ms - მუსკოვიტი	Spn - სფენი
Cum - კუმიგტონიტი	Or - ოროთოკლაზი	Tur - ტურმალინი
Czo - კლინოცოიზიტი	Ph - ფენგიტი	Wo - ვოლასტონიტი

აბსტრაქტი

დიზის სერია გაშიშვლებულია კავკასიონის სამხრეთი ფერდობის სტრუქტურული ზონის ფარგლებში, სვანეთის ანტიკლინორიუმის გულში. ის საერთოკავკასიური მიმართულებით ≈ 70 კმ მანძილზე ვრცელდება, ხოლო სიმძლავრე 2000–2200 მ ფარგლებში მერყეობს. სერია ძირითადად შედგება ძლიერ დისლოცირებული, დაწვრილნაოჭებული, სუსტად მეტამორფიზებული ტერიგენული ნალექებით, რომელთა ასაკი ქვედა- შუადევონურიდან ზედატრიასის ფარგლებს მოიცავს. დიზის სერიის რეგიონული მეტამორფიზმის პროდუქტებია – მეტატერიგენული ფილიტისებრი და ვულკანოგენური ქანები და, ასევე, მარმარილოები. მიკრო-ზონდული კვლევის შედეგად, დადგინდა ამ ქანების ძირითადი მინერალური პარაგენეზისები: $\text{Chl}_{0.48} + \text{Ser}(\text{Ph}_{2.01+1.99}) + \text{Ab} \pm \text{Tur} + \text{Qz}$; $\text{Chl}_{0.45} + \text{Ser}(\text{Ph}_{1.3+1.0}) + \text{Cal} + \text{Ab} + \text{Qz}$; $\text{Act}_{0.59} + \text{Prh} + \text{Ab} \pm \text{Qz}$. მხოლოდ ერთ შემთხვევაში, დაფიქსირდა პუმპელიტური ასოციაცია: $\text{Act}_{0.59} + \text{Pmp}_{0.53} + \text{Prh} + \text{Ab} + \text{Qz}$. ყველა ეს პარაგენეზისი უპასუხებს მწვანე ფიქლების ფაციესის ყველაზე დაბალტემპერატურულ ქლორიტ-სერიციტულ სუბ-ფაციესის პირობებს. გეოთერმობარომეტრის გამოყენებით, განისაზღვრა რეგიონული მეტამორფიზმის პირობები: $T = 280-375$ °C და $P = 1.5-2.3$ კბარი. განხორციელდა დიზის სერიის მეტამორფული ქანების გეოქიმიური შესწავლა, რომელიც მოიცავდა მთავარი კომპონენტების, იშვიათი და იშვიათმიწა ელემენტების განსაზღვრას და მასალის რენტგენოსტრუქტურულ კვლევას. განხორციელდა მეტამორფიტების საწყისი ქანების ნალექდაგროვების პირობების რეკონსტრუქცია, შესწავლილი იქნა მათი ლითოქიმიური ტიპები, ლითოლოგიური თავისებურებები და ქიმიური შედგენილობა. დადგინდა, რომ დიზის სერიის მეტამორფული ქანების საწყისი მასალის ძირითად შემადგენელს წარმოადგენს ანდეზიტები და კირ-ტუტე ბაზალტები. დიზის სერია ბათური ოროფაზისის აქტივობის დროს, გაკვეთილია კირარი-აბაკურის კომპლექსის ინტრუზივებით. კომპლექსი აერთიანებს კირარის, აბაკურის და სოფ. დიზის მიდამოების ინტრუზივებს, ასევე მრავალრიცხოვან მცირე ზომის მაგმურ სხეულს. ინტრუზიული ქანები უპირატესად, წარმოდგენილია პიროქსენიტებით, გაბროებით, დიორიტებით, სიენიტებით, დიორიტ-პორფირიტებით, მონცონიტებით და გრანიტოიდებით. განხორციელდა დიზის სერიის

ინტრუზივების ქანების დათარიღება ცირკონების U-Pb LA-ICP-MS მეთოდით. მიღებული მონაცემების საფუძველზე, დადგინდა ცირკონების კრისტალების სამი ასაკობრივი პოპულაცია: Zrn1 (≈ 2200 Ma) და Zrn2 (458 ± 29 Ma), რომლებიც, სავარაუდოდ, მაგმის მიერაა შეტაცებულია ალპურისწინა კრისტალური სუბსტრატიდან, და Zrn3 (166.5 ± 4.6 Ma), რომელიც მაგმის კრისტალიზაციის თანადროულია და ადასტურებს ინტრუზივების ჩამოყალიბებას დანაოჭების ბათური ოროგრაფიის აქტივობის დროს. ჩატარებულია კირარი-აბაკურის კომპლექსის ქანების დეტალური პეტროგეოქიმიური კვლევა. ქანების ნიმუშები შესწავლილია ოპტიკური მიკროსკოპით და გაანალიზებულია XRF და ICP-MS მეთოდებით. მრავალი საკლასიფიკაციო დიაგრამის მიხედვით, დიზის სერიის მაგმატიტები მიეკუთვნება კირ-ტუტე სერიას; ყველა ქანი მეტალუმინურია და აქვს იშვიათი და იშვიათმიწა ელემენტების მსგავსი შედგენილობა; რიგი ქიმიური მახისიათებლებით, ისინი წარმოშობილია ფილაქნების საზღვარზე, რომელიც დაკავშირებული იყო ევრაზიის ფილაქნის ქვემოთ მდებარე ტეთისის ოკეანური ქერქის სუბდუქციასთან. ჩვენს მიერ მიღებული გეოქიმიური და გეოქრონოლოგიური მონაცემები მიუთითებს, რომ დიზის სერიაში მაგმური აქტივობა დაკავშირებული იყო იურულ დროს მცირე კავკასიონის გასწვრივ არსებულ სუბდუქციის ზონასთან, მაშინ, როდესაც კავკასიონზე არსებობდა მხოლოდ არააქტიური სუბდუქციური ზონები და მიმდინარეობდა ტეთისის დასავლეთი ნაწილის დახურვა. ამას უნდა ასაბუთებდეს დიზის სერიის მაგმატიტებში მკაფიოდ გამოხატული მრავალფაზიანობაც და მკაფიო შედგენილობის ქანების სიჭარბე. მათი მიკუთვნება ძირითადად კირ-ტუტე სერიისთვის, ამ ქანების სუბდუქციურ პირობებში განვითარებაზე მიუთითებს. ბათური ინტრუზივების ზემოქმედებით რეგიონულად მეტამორფიზებულ ქანებზე, წარმოიქმნება კონტაქტური მეტამორფიზმის პროდუქტები. გამოყოფილია სამი ეგზოკონტაქტური ზონა. ინტრუზივებიდან ყველაზე უფრო დაცილებულ პირველ ზონაში (სიმძლავრე 50-150 მ) კონტაქტური მეტამორფიზმი მეტაპელიტებში ფიქსირდება ბიოტიტის, მუსკოვიტის, ოლიგოკლაზ-ანდეზინის წარმოქმნით, მეტაბაზიტებსა და ამფიბოლიან ფიქლებში - რქატყუარას, ბიოტიტის და კლინოპროქსენის, ხოლო კარბონატულ - სილიკატურ ფიქლებში - ვოლასტონიტისა და კლინოპროქსენის გაჩენით. ამ ზონის ქანებს მთლიანად აქვს შენარჩუნებული

პირველადი სტრუქტურულ - ტექსტურული თავისებურებები. დადგენილია ალბიტ-ეპიდოტ-რქაულური ფაციესის შესაბამისი მინერალური პარაგენეზისები: $Bt_{0.54} + Ms_{1.35+0.89}; 1.75-1.99 + Pl^{0.46(Anz)} + Qz; MgHbl_{0.54} + Bt_{0.51} + Cal + Pl^{0.82} + Qz; Bt + Ms + And + Gr + Ab \pm Qz \pm Chl_{0.56}; Cal + Act_{0.52} + Czo, Cal + Cpx + Wo + Gr + Qz$. მეორე ზონა ვრცელდება 40-50 მ ფარგლებში და მისი დასაწყისი ფიქსირდება მეტაპელიტებში კორდიერიტისა და კორუნდის წარმოქმნით, ხოლო მეტაბაზიტებში, ამფიბოლიან და კარბონატულ-სილიკატურ ფიქლებში – სკაპოლიტის გაჩენით და კლინოპროქსენის ფართო გავრცელებით. ზონისთვის დამახასიათებელია მინერალური პარაგენეზისები: $And + Bt_{0.51-0.58} + Crd_{0.60} + Chl_{0.42} + Ms_{1.09} + Pl^{0.34-0.35} + Mag + (Crn \pm Qz); Bt + Ms + Crn; Bt + Ms \pm Qz; Act + Pl + Qz; Qz + Cal; Bt + Ms + Crn + Chl \pm Qz; Cpx_{0.50} + Hbl + Act_{0.50-0.63} + Czo + Pl^{0.41;0.56;0.77} + Bt_{0.50} \pm Qz; Act + MgHbl + Pl \pm Qz; Act + Pl + Qz; Cpx + MgHbl_{0.50} + Bt_{0.50} + Act + Scp + Cal$, რაც შეესაბამება ანდალუზიტ-ბიოტიტ-მუსკოვიტ-ქლორიტ-რქაულურ სუბფაციესს. ყველაზე უფრო მაღალტემპერატურული მესამე ზონა განვითარებულია ინტრუზივების უშუალო კონტაქტში და, ასევე, ქსენოლითებში. მისი სიმძლავრე არ აღემატება 10 მეტრს. ზონაში დადგენილია შემდეგი წონასწორული ფაზები: $And + Bt_{0.46} + Crd_{0.64-0.65} + Ms(1.01+0.96, 1.28+1.28) \pm Pl + Qz; And(\rightarrow Fi) + Bt_{0.36} + Crd_{0.48} + Ms(0.90+0.38, 1.02+0.44) \pm Pl + Qz; And + Bt_{0.36-0.40} + Crd_{0.48-0.50} + Ms \pm Pl + Qz + Ilm; MgHb_{0.56-0.66} + Aug_{0.49-0.53} + Bt_{0.50} + Czo(FeO 6.65 \text{ წონ.}\%) + Scp + Grt_{Grs-Adr} + Pl^{0.36;0.47;0.54}; Act_{0.70-0.71} + Cum_{0.65} + Bt_{0.65} + Pl^{0.49} \pm Qz$ და $MgHbl_{0.66} + Cum_{0.62-0.65} + Bt_{0.64} \pm Pl$. რიგი გეოთერმობარომეტრის გამოყენებით შეფასებულია კონტაქტური მეტამორფიზმის პირობები: $P = 0.3-0.8$ კბარ, ხოლო $T = 350-430^{\circ}C$ (I ზონა), $430-500^{\circ}C$ (II ზონა) და $500-567^{\circ}C$ (III ზონა).

ABSTRACT

The Dizi Series is exposed within the Southern Slope structural zone of the Greater Caucasus, in the core of the Svaneti anticlinorium. It is traced for ≈ 70 km in the general Caucasian direction and its thickness is within 2000–2200 m. The Series is mainly composed of strongly dislocated, finely folded and weakly metamorphosed terrigenous sediments, the age of which corresponds to the period from Lower-Middle Devonian to the Upper Triassic. The products of regional metamorphism of Dizi Series are metaterigene phyllite-like and volcanogenic rocks, as well as marbles. As a result of microprobe analysis, the main mineral parageneses of these rocks were identified: $\text{Chl}_{0.48} + \text{Ser}(\text{Ph}_{2.01+1.99}) + \text{Ab} \pm \text{Tur} + \text{Qz}$, $\text{Chl}_{0.45} + \text{Ser}(\text{Ph}_{1.3+1.0}) + \text{Cal} + \text{Ab} + \text{Qz}$, $\text{Act}_{0.59} + \text{Prh} + \text{Ab} \pm \text{Qz}$. In one case only, a pumpellyite association was established: $\text{Act}_{0.59} + \text{Pmp}_{0.53} + \text{Prh} + \text{Ab} + \text{Qz}$. All these parageneses correspond to the greenschist facies low temperature chlorite-sericite subfacies conditions. Applying geothermobarometry conditions of regional metamorphism were determined: $T = 280\text{--}375^\circ\text{C}$ and $P = 1.5\text{--}2.3$ kbar. Geochemical study of the Dizi Series metamorphic rocks was performed that included determination of main components, RE and REE and XRD study of the material. The sedimentation conditions of the metamorphites initial rocks were reconstructed; their lithochemical types, lithological peculiarities and chemical composition were studied. It has been established that andesites and calc-alkaline basalts are the main components of the source material of metamorphic rocks of the Dizi Series. During the activity of the Bathonian orogeny the Dizi Series was entruded by the Kirari-Abakuri magmatic complex. The complex includes by Kirari, Abakuri intrusions and that of the Dizi village environs, as well as numerous small magmatic bodies. They are predominantly represented by pyroxenites, gabbros, diorites, syenites, diorite-porphyrites, monzonites, and granitoids. U-Pb LA-ICP-MS analysis of zircons From the Dizi Series rocks was performed. According to the obtained data three age populations of zircons are established: Zrn1 (ca. 2200) and Zrn2 (458 ± 29 Ma) that were presumably captured by the magma from ancient pre-Alpine crystalline basement, and Zrn3 (166.5 ± 4.6 Ma) that is contemporaneous with the magma crystallization and confirms the formation of intrusions during the Bathonian orogeny. A detailed petrogeochemical study of Kirari-Abakuri complex rocks has been conducted. Rock samples were studied using optical microscopy and analyzed applying XRF

and ICP-MS methods. According to numerous classification diagrams, the intrusive rocks of the Dizi Series belong to the calc-alkaline series; all rocks are metaluminous and have similar RE and REE composition; according to a number of chemical characteristics, they were formed at the plates boundary that was associated with the subduction of the Tethys oceanic crust beneath the Eurasian plate. The geochemical and geochronological data obtained by us show that magmatic activity in the Dizi Series was related to the Jurassic subduction zone along the Lesser Caucasus, while in the Greater Caucasus there were only inactive subduction zones and the western part of Tethys was being closed. This is also to be evidenced by the distinctly expressed multiphase nature of magmatites and abundance of felsic rocks in the Dizi Series. Their relation mainly to the calc-alkaline series points to the formation of these rocks under subduction conditions. Under the impact of Bathonian intrusions on regionally metamorphosed rocks, products of contact metamorphism are formed. Three exocontact zones have been distinguished. In the first zone, close to the intrusion bodies (thickness 50-150 m) contact metamorphism is observed in the metapelites with the appearance of biotite, muscovite, oligoclase-andesine; in metabasites and amphibole schists with the appearance of hornblende, biotite and clinopyroxene, and the wollastonite and clinopyroxene in carbonate-silicate schists. The rocks of this zone have fully preserved the primary structural-textural features. Here, mineral parageneses corresponding to albite-epidote-hornfels facies are established: $Bt_{0.54} + Ms_{1.35+0.89}; 1.75-1.99 + Pl^{0.46(Anz)} + Qz$; $MgHbl_{0.54} + Bt_{0.51} + Cal + Pl^{0.82} + Qz$; $Bt + Ms + And + Gr + Ab \pm Qz \pm Chl_{0.56}$; $Cal + Act_{0.52} + Czo$, $Cal + Cpx + Wo + Gr + Qz$. The second zone extends within 40-50 m and its beginning is recorded with the appearance of cordierite and corundum in metapelites, and with the appearance of scapolite in metabasites, in amphibole and carbonate-silicate schists and wide spreading of clinopyroxene. Characteristic mineral parageneses of the zone are: $And + Bt_{0.51-0.58} + Crd_{0.60} + Chl_{0.42} + Ms_{1.09} + 1.09 + Pl^{0.34-0.35} + Mag + (Crn \pm Qz)$; $Bt + Ms + Crn$; $Bt + Ms \pm Qz$; $Act + Pl + Qz$ и $Qz + Cal$; $Bt + Ms + Crn + Chl \pm Qz$; $Cpx_{0.50} + Hbl + Act_{0.50-0.63} + Czo + Pl^{0.41;0.56;0.77} + Bt_{0.50} \pm Qz$; $Act + MgHbl + Pl \pm Qz$; $Act + Pl + Qz$; $Cpx + MgHbl_{0.50} + Bt_{0.50} + Act + Scp + Cal$, that corresponds to the andalusite-biotite-muscovite-chlorite-hornfels subfacies. The third, the highest temperature zone is spread in direct contact with intrusions and in xenoliths. Its thickness does not exceed 10 m. In the zone following equilibrium phases are

established: $\text{And} + \text{Bt}_{0.46} + \text{Crd}_{0.64-0.65} + \text{Ms}(1.01+0.96, 1.28+1.28) \pm \text{Pl} + \text{Qz}$; $\text{And}(\rightarrow\text{Fi}) + \text{Bt}_{0.36} + \text{Crd}_{0.48} + \text{Ms}(0.90+0.38, 1.02+0.44) \pm \text{Pl} + \text{Qz}$; $\text{And} + \text{Bt}_{0.36-0.40} + \text{Crd}_{0.48-0.50} + \text{Ms} \pm \text{Pl} + \text{Qz} + \text{Ilm}$; $\text{MgHb}_{0.56-0.66} + \text{Aug}_{0.49-0.53} + \text{Bt}_{0.50} + \text{Czo}(\text{FeO}6.65 \text{ wt } \%) + \text{Scp} + \text{Grt}_{\text{Grs-Adr}} + \text{Pl}^{0.36;0.47;0.54}$; $\text{Act}_{0.70-0.71} + \text{Cum}_{0.65} + \text{Bt}_{0.65} + \text{Pl}^{0.49} \pm \text{Qz}$ and $\text{MgHbl}_{0.66} + \text{Cum}_{0.62-0.65} + \text{Bt}_{0.64} \pm \text{Pl}$). P-T conditions of contact metamorphism are estimated using a number of geothermobarometers: $P = 0.3-0.8 \text{ kbar}$, and $T = 350-430^\circ\text{C}$ (I zone), $430-500^\circ\text{C}$ (II zone), $500-567^\circ\text{C}$ (III zone).

1. შესავალი

კავკასია ხმელთაშუაზღვის (ალპურ-ჰიმალაური) კოლიზიური ოროგენული სარტყლის შემადგენელი ნაწილია. ის რთული პოლიციკლური ნაგებობაა რომელშიც ერთიანდება კავკასიონის და მცირე კავკასიონის ნაოჭა სისტემები. კავკასიის სეგმენტში გამოყოფილია კავკასიონის, შავი ზღვა - ცენტრალური ამიერკავკასიის, ბეიბურთ-სევანის და ირან-ავღანეთის ტერეინები (სურ. 1).

დიზის სერია გაშიშვლებულია შავი ზღვა - ცენტრალური ამიერკავკასიის ტერეინის უკიდურეს ჩრდილოეთ ნაწილში, კავკასიონის თანამედროვე სამხრეთი ფერდობის ფარგლებში. გეოლოგიური და პალეომაგნიტური მონაცემები მიუთითებს, რომ პროტო-პალეო-ტეთისის ჩრდილოეთით, უკვე გვიან-კამბრიულამდელ დროს, ჩამოყალიბდა კავკასიონის სამხრეთი ფერდობის შედარებით მცირე ოკეანური აუზი, რომელიც ვარისკული ოროგენეზისის ბრეტონული ფაზისის დროს დაიხურა (დევონურ-კარბონულის საზღვარი) (Асанидзе и др., 1980; Хайн, 1984; Гамკრелидзе, 1997, 2016; Шолпо и др. 1998; Хайн, Левин, 2004; Гамკრелидзе, Шенгелиა, 2005; Gamkrelidze et al., 2015). დიზის სერია განვითარებულია აუზის პასიურ კიდეზე, კონტინენტური ფერდობისა და მისი ძირის პირობებში (Гамკრелидзе, Шенгелиა, 2005).

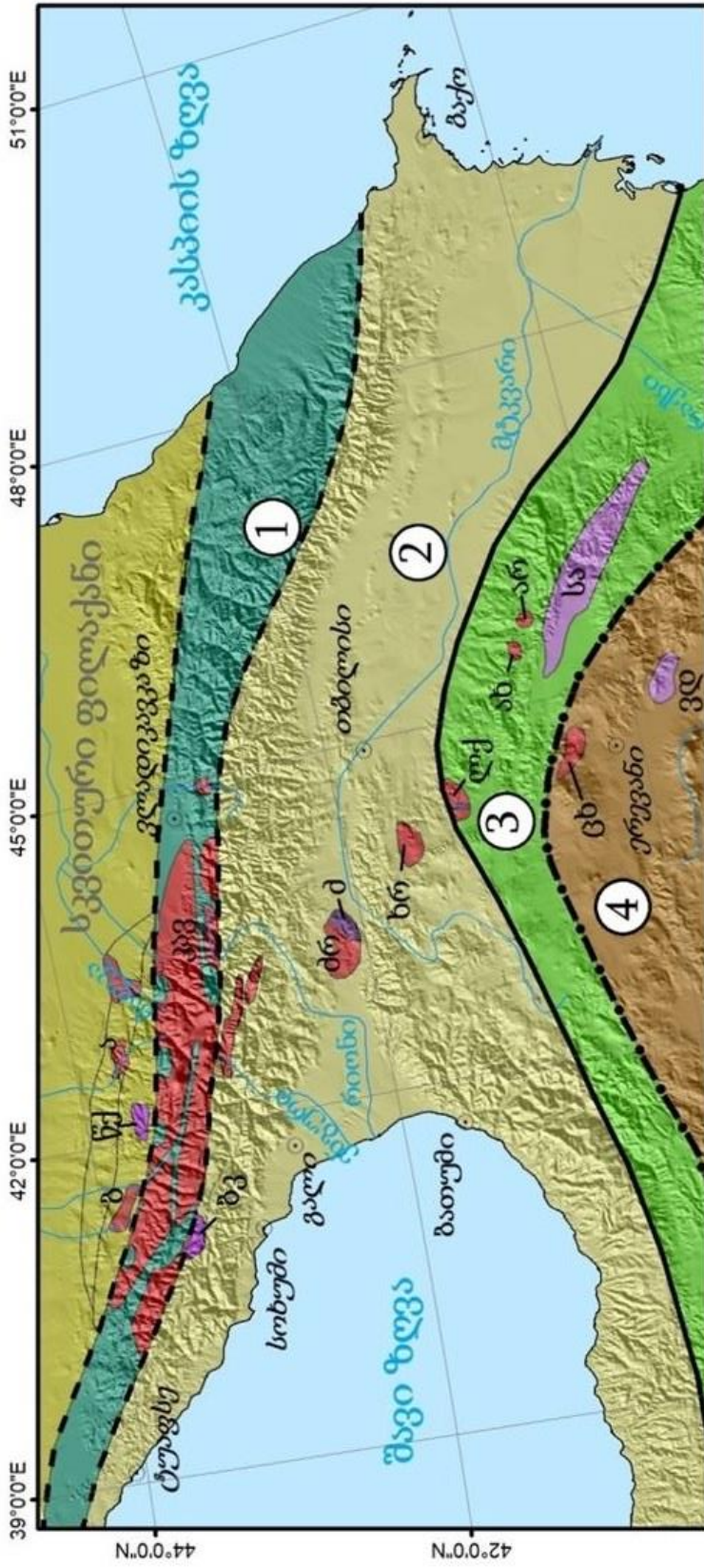
შავი ზღვა – ცენტრალური ამიერკავკასიის ალპურამდელი წარმონაქმნები კავკასიონის ერთ-ერთი კარგად შესწავლილი რეგიონია და მისი შესწავლილობის დონე თანამედროვე სტანდარტებს შეესაბამება. ამავე ტერეინის ფარგლებში განვითარებული დიზის სერიის შესწავლილობის დონე მკვეთრად ჩამოუვარდება ზემოთ დასახელებულ ალპურამდელ წარმონაქმნებს.

თემის აქტუალობა. დიზის სერიის და მისი გამკვეთი კირარ-აბაკურის მაგმური კომპლექსის შესწავლა პეტროლოგიური, გეოლოგიური და გეოქიმიური თვალსაზრისით, მნიშვნელოვნად ჩამოუვარდება კავკასიონის მთავარი ქედის ზონის სხვა წარმონაქმნების შესწავლილობის დონეს. ჩატარებული კვლევის შედეგები გარკვეული წვლილია კავკასიონის ალპურამდელი წარმონაქმნებისა და იურული მაგმატიზმის შესახებ ცოდნაში. შესრულებული კვლევის შემდეგ, ვფიქრობთ, რომ

კავკასიონის კრისტალინიკუმის ყველა ალპურამდელი წარმონაქმნი მეტ-ნაკლებად თანაბრად იქნება შესწავლილი.

ნაშრომი აქტუალურია და ეხება ისეთ სადისკუსიო საკითხებს, როგორცაა დიზის სერიის რეგიონული და კონტაქტური მეტამორფიზმის დონე, და სერიის გამკვეთი განვითარებული მაგმური ქანების ფორმირების პირობები. დიზის სერიისა და კირარ-აბაკურის მაგმური კომპლექსის დეტალურ და კომპლექსურ შესწავლას გარდა მეცნიერულისა, აქვს აგრეთვე პრაქტიკული მნიშვნელობაც. ინტრუზივის კონტაქტურ ორეოლში განვითარებული დაწვრილნაოჭებული რქაულები და მარმარილოები საუკეთესო ქარგის მქონე, მასიური, მკვრივი ქანებია. ამიტომ, ეს ქანები საინტერესოა მოსაპირკეთებელ მასალად გამოყენების თვალსაზრისით. ინტერესს იწვევს ასევე, ინტრუზივების კონტაქტში განვითარებული ოქროს გამადნებები.

კვლევის მიზანი და ამოცანები. ნაშრომში წარმოდგენილი კვლევის მიზანია დიზის სერიის რეგიონული და კონტაქტური მეტამორფიზმის კომპლექსური შესწავლა კვლევის თანამედროვე შესაძლებლობების გამოყენებით. დასახული იქნა შემდეგი ამოცანები: 1) დიზის სერიის ამგები ქანების გეოლოგიური, მინერალოგიური და პეტროლოგიური შესწავლა თანამედროვე სტანდარტების შესაბამისად; 2) რეგიონულად მეტამორფიზებული ქანების გეოქიმიური შესწავლა, მათი საწყისი ქანების დადგენა; 3) კირარ-აბაკურის მაგმური კომპლექსის მინერალოგიური, პეტროლოგიური, გეოქიმიური და გეოქრონოლოგიური შესწავლა და მათი ფორმირების პეტროგენული მოდელის წარმოდგენა; 4) კონტაქტური მეტამორფიზმის ქანების პეტროლოგიური, მინერალოგიური და გეოქიმიური შესწავლა, მათი საწყისი ქანების დადგენა; 5) მეტამორფიზმის P-T პირობების განსაზღვრა; 6) რეგიონის გეოდინამიკური ევოლუციის ზოგიერთი ასპექტის დაზუსტება; 7) ინტრუზიული სხეულების კონტაქტურ ზოლში განვითარებულ საუკეთესო ქარგის მქონე მასიური, მკვრივი მეტამორფული ქანების მოსაპირკეთებელ მასალად გამოყენების პერსპექტივების განსაზღვრა. ავტორის ინტერესი გამოიწვია აგრეთვე, ბათურ ინტრუზივებთან დაკავშირებულმა ოქროს გამადნებებმა, სადაც ს. კეკელიასა და სხვ. (Kekelia et al., 2017) მიერ აღნიშნულია ოქროს საკმაოდ ამაღლებული კონცენტრაციები.



- სვეტიური ფილაქანი: ა. წინა ქედის ზონა, ბ. ბეჩასინის ზონა
- აკრეციული ტერიტორიები
- ① კავკასიონის ტერიტორია
- ② შავი ზღვა-დენტრალური ამიერკავკასიის ტერიტორია
- ③ ბეიბურთი-სევანის ტერიტორია
- ④ ირან-აჯღანეთის ტერიტორია
- ალპურამდელი ფუნდამენტის გამოსავლები
- ობლუვირებული ოფიოლიტური ფორმები
- ნეობროტერიოზოური ასაკის
- პალეოზოური ასაკის
- მეზოზოური ასაკის
- ალპურამდელი ოფიოლიტური სუტურები
- ქვედა და შუაპალეოზოური ასაკის (არზიზის და კავკასიონის სამხრეთი ფერდობის მცირე ოკეანური აუზების ადგილმდებარეობის აღმნიშვნელი)
- პროტროზოურ-ადრეგალეოზოური ასაკის (პროტო-პალეოტეთის ოკეანური აუზის ადგილმდებარეობის აღმნიშვნელი)
- მეზოზოური ასაკის (ნეოტეთის ოკეანური აუზის ადგილმდებარეობის აღმნიშვნელი)

ალპურამდელი კრისტალური ფუნდამენტის გამოსავლები: კკ - კავკასიონის, ძრ - ძირულის, ხრ - ხრამის, ლქ - ლოქის, ახ - ახუმის, არ - ასრიქჩაის, ცხ - ცახუნიაციის. ობლუვირებული ოფიოლიტური ფორმები: წქ - წინა ქედის, ბკ - ბეგუტა-კამენსტაას, ძ - ძირულის, სა - სევან-აკერის, ვდ - ვედის

სურ. 1 კავკასიონის ტექტონიკური დარაიონება ანალიზის საფუძველზე (Гамкრелиძე, 1997).

დიზის სერიის სტრატეგრაფია და ტექტონიკა კარგადაა შესწავლილი, მაგრამ მეტამორფიზმის საკითხები ფაქტობრივად შეუსწავლელია. წინა მკვლევარები (Гоишвили, 1960, 1961; Сомин, Белов, 1967a; Адамия, 1968; Сомин, 1971; Кутелия, 1983; Somin, 2011) აღნიშნავდნენ, რომ სერიის ქანებმა განიცადა რეგიონული და კონტაქტური მეტამორფიზმი. მაგრამ, არავის შეუსწავლია მეტამორფიზმის ხარისხი ფაციესებისა და სუბფაციესების დონეზე, არ არის დადგენილი წონასწორული მინერალური პარაგენეზისები, ცალკეული მინერალების გაჩენისა და განვითარების ტრენდები, არ ჩატარებულა გეოთერმობარომეტრიული კვლევა და სხვ. რიგი მეცნიერის მიერ აღნიშნულია მხოლოდ, რომ დიზის სერიის ქანების ნაწილს განცდილი აქვს ანქიმეტამორფიზმი (Гамკრелидзе, Шенгелиა, 2005; Чихрадзе, 2005) თუმცა მათი მოსაზრება არ ეყრდნობა მასალის დეტალური შესწავლის შედეგებს.

სამეცნიერო სიახლე. პირველად შესრულდა დიზის სერიის მინერალების მიკროზონდული ანალიზი, რის საფუძველზეც დადგინდა სერიაში რეგიონული და კონტაქტური მეტამორფიზმის ფაციესები და სუბფაციესები, კონტაქტური მეტამორფიზმის ზონების გამოყოფა და მეტამორფიზმის P-T პირობების დადგენა. განხორციელდა, კირარ-აბაკურის მაგმურ კომპლექსის მაგმური ქანების დეტალური გეოლოგიური, პეტროლოგიური-მინერალოგიური და გეოქიმიურ-გეოქრონოლოგიური შესწავლა. ცირკონების დათარიღების U-Pb LA-ICP-MS მეთოდით დაზუსტდა კირარ-აბაკურის კომპლექსის ასაკი (166.5 ± 4.6 Ma). წარმოდგენილ იქნა კომპლექსის ფორმირების პეტროგენული მოდელი.

წარმომის აპრობაცია და პუბლიკაციები. სამეცნიერო კვლევის შედეგები წარმოდგენილია 4 სტატიისა და 5 თეზისის სახით. სტატიები გამოქვეყნებულია: 1) ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ალექსანდრე ჯანელიძის სახელობის გეოლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებულში; 2) საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მოამბეში; 3) საერთაშორისო იმპაქტ-ფაქტორიან ჟურნალში „Baltica“. შესრულებული სამუშაოების შედეგები წარმოდგენილ იქნა საერთაშორისო კონფერენციებზე: საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე ამსტერდამში (IRC2019), ევროპული გეომეცნიერებების კავშირის კონფერენციებზე: EGU2020, EGU2021 და ახალგაზრდა მეცნიერებისა და სტუდენტების VIII საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე ბაქოში და, ასევე, ივანე

ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის VII და VIII ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების სტუდენტურ ყოველწლიურ კონფერენციებში.

დისერტაცია შესრულებულია ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გეოლოგიის დეპარტამენტსა და თსუ-ს ალექსანდრე ჯანელიძის სახელობის გეოლოგიის ინსტიტუტის პეტროლოგიის, მინერალოგიის, ვულკანოლოგიისა და ლითოლოგიის განყოფილებაში.

უპირველეს ყოვლისა, ავტორი განსაკუთრებულად გულითად მადლობას უხდის თავის ხელმძღვანელს, აკადემიკოს დავით შენგელიას კვლევის ყველა სტადიაზე აქტიური დახმარებისთვის.

სადისერტაციო ნაშრომზე მუშაობის პროცესში დახმარებისთვის, ავტორი გულწრფელ მადლობას უხდის თსუ-ს ზუსტ და საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტის გეოლოგიის დეპარტამენტის აწ განსვენებულ ხელმძღვანელს, გეოლ.-მინერ. მეცნ. დოქტორს, პროფესორ ბეჟან თუთბერიძეს, ასისტენტ პროფესორს მარიამ ახალკაციშვილს და ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის სამეცნიერო კვლევებისა და განვითარების სამსახურის უფროსს რუსუდან ინჭკირველს.

ჩატარებული მიკროზონდული ანალიზებისათვის და კვლევის საწყის ეტაპზე გაწეული კონსულტაციისათვის ავტორი მადლობელია აწ განსვენებული რუსეთის აკადემიის წევრ-კორესპონდენტის სერგეი კორიკოვსკის. ცირკონების დათარიღების ჩატარებისათვის და გეოქიმიურ საკითხებში კონსულტაციის გაწევისთვის, ავტორი მადლობას უხდის უკრაინის ეროვნული მეცნიერებათა აკადემიის მ. პ. სემენენკოს სახელობის გეოქიმიის, მინერალოგიის და მადანწარმოშობის ინსტიტუტის გეოლ.-მინერ. მეცნ. დოქტორს ლეონიდ შუმლიანსკის.

სამეცნიერო კვლევისა და საველე საექსპედიციო სამუშაო პროცესში გაწეული მნიშვნელოვანი დახმარებისთვის, ავტორი დიდ მადლობას უხდის გეოლ.-მინერ. მეცნ. კანდიდატს გიორგი ჭიჭინაძეს და აკადემიურ დოქტორს გიორგი ბერიძეს.

კვლევის პროცესში გაწეული თანადგომისა და ხელშეწყობისთვის და ნაშრომთან დაკავშირებული მნიშვნელოვანი კომენტარებისთვის ავტორი მადლობას უხდის ალექსანდრე ჯანელიძის სახელობის გეოლოგიის ინსტიტუტის დირექტორს, გეოლ.-მინერ. მეცნ. დოქტორს თ. წუწუნავას.

ასევე, ავტორი მადლობელია ყველა მეგობრის, დედის და ბებუის მხარდაჭერისთვის და ყველა იმ თანამშრომლის, რომლებმაც გარკვეული ტექნიკური თუ ლაბორატორიული დახმარება გაუწიეს მას დისერტაციაზე მუშაობის პროცესში. ნაშრომის ფარგლებში ჩატარებული ანალიტიკის დიდი ნაწილი დაფინანსებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ [PHDF-19-159, დიზის სერიის რეგიონული და კონტაქტური მეტამორფიზმი].

2. ფაქტიური მასალა და კვლევის მეთოდები

ნაშრომში გამოყენებულია კვლევების როგორც ტრადიციული, ასევე თანამედროვე მეთოდები. კერძოდ, ჩატარდა საველე სამუშაოები, შეგროვდა ქვიური მასალა დიზის სერიაში გავრცელებული არამეტამორფული, რეგიონულად და კონტაქტურად შეცვლილი და მაგმური ქანებიდან. GPS ტექნოლოგიის გამოყენებით შესრულდა დიზის სერიის გამკვეთი ინტრუზივებისა და მათი კონტაქტური ორეოლების კარტირება. პოლარიზებული მიკროსკოპის გამოყენებით აღწერლია 400-ზე მეტი გამჭვირვალე შლიფი შერჩეული იქნა ნიმუშები მიკროზონდული, გეოქიმიური¹, და გეოქრონოლოგიური კვლევებისათვის.

2.1. ნიმუშების აღწერა

რეგიონული მეტამორფიზმის პროდუქტები წარმოდგენილია მეტამორფიზებული ქვიშაქვებით, გრაველიტებით, არგილიტებით, ნახშირიანი ფიქლებით, სილიციტებით, ტუფო-ქვიშაქვებით, ვულკანიტებით, კირქვებით, გაგრაფიტებული ფილიტებითა და ფილიტისებრი ფიქლებით. ელექტრონული მიკროზონდული ანალიზებისთვის შერჩეული იყო მეტაგრავაქვებთან მონაცვლეობაში მყოფი მეტაქვიშაქვის, კარბონატული ფილიტისა და ფილიტის სამი ნიმუში. ნიმ. 4-13 არის ნახშირბადოვანი ქლორიტ - სერიციტ - ალბიტ - კვარციანი მეტალევროლიტი, ბლასტალევროლიტური სტრუქტურით და მიკროლეპიდობლასტური ცემენტით; მისი სტრუქტურა ფიქლებრივ -დაწვრილნაკეცებულია. ნიმ. 8-13 წარმოადგენს ნახშირბადოვანი ქლორიტ - სერიციტ - ალბიტ - კვარციან ფილიტს მიკროლეპიდობლასტური სტრუქტურითა და ფიქლებრივი ტექსტურით. ნიმ. 41-12 არის გრაფიტ - სერიციტ - კვარციანი ფილიტის მონაცვლეობა აქტინოლიტ - პრენიტ - ალბიტ კვარციან მეტაგრავაქვასთან; აქვს ზოლიანი - მიკრო - დაწვრილნაკეცებული ტექსტურა. ამ ქანებში ერთგან დაფიქსირებულია პუმპელიტი.

კონტაქტურად მეტამორფიზებული ქანებიდან (გარქაულელებული პელიტები, ქვიშაქვები, ბაზიტები, ამფიბოლიანი და კარბონატულ - სილიკატური ფიქლები და

¹ ნაშრომში გამოყენებული ყველა გეოქიმიური დიაგრამა აგებულია „PetroGram“ პროგრამის გამოყენებით (Gündüz, Asan, 2021)

მარმარილოები) ათი ნიმუში შერჩეული იყო ელექტრონული მიკროზონდული ანალიზისათვის. ერთ-ერთი ნიმუში არის პირველადი დანალექი თხელზოლიანი ქანი ფელზიტური შედგენილობის წვრილმარცვლოვანი ზოლებით (ორქარსიან - პლაგიოკლაზ - კვარციანი ფიქალი, ნიმ. 15-13) რომელშიც აღინიშნება CaO-ით მდიდარი მელანოკრატიული ზოლები (რქატყუარა - ბიოტიტ - კალციტ - პლაგიოკლაზ - კვარციანი გრაუვაკა, ნიმ. 15-13-1). ნიმ. 23-13 წარმოადგენს გრაფიტის შემცველ ალბიტ - ორქარსიან - ანდალუზიტ პორფირობლასტურ ფიქალს რქაულის-თვის დამახასიათებელი სტრუქტურით; ნიმ. 45-12 კალციტ - აქტინოლით - კლინოგოიზიტისანი ფიქალია. ყველა ზემოაღნიშნული ქანი გარქაულებულია, თუმცა, ყველა ინარჩუნებს პირველადი დანალექი ქანის სტრუქტურას და ტექსტურას.

გადაკრისტალების ხარისხის ზრდის მიხედვით, შერჩეული იყო ნიმუშები 50-12, 50-12-1, 75-13 და 75-13-1. ნიმ. 50-12 არის პორფირობლასტური სტრუქტურის რქაულა, მცირე რაოდენობის ქლორიტით, ანდალუზიტის მსხვილი კრისტალებით (ზოგჯერ რადიალურ-სხივური აგრეგატებით) და ბიოტიტის ქერცლებითა და ნატრიუმით ღარიბი მუსკოვიტის წვრილი ჩანართებით კორდიერიტში. ნიმ. 50-12-1 არის ბიოტიტით, კლინოპროქსენით, მაგნეზიური რქატყუარით, აქტინოლითით, სკაპოლიტითა და კვარცით წარმოდგენილი რქაულა. ნიმ. 75-13 - კორუნდის შემცველი ორქარსიან - ქლორიტიანი თხელზოლიანი მეტაპელიტია, რომელშიც გვხვდება ბიოტიტ - კლინოპროქსენ - რქატყუარა - აქტინოლით - კლინოგოიზიტ - პლაგიოკლაზ - კვარცით წარმოდგენილი მოზაიკური სტრუქტურისა და ჰეტეროგენული ტექსტურის ზოლები (ნიმ. 75-13-1).

ყველაზე მაღალტემპერატურული ქანები გავრცელებულია მძლავრი ინტრუზივების უშუალო კონტაქტში (≈ 10 მ) და ასევე, ქსენოლითებში. აქედან ანალიზისთვის შერჩეულია ნიმუშები: 119-12, 94-12, 91-12, 62-12, 11-15-2 და 11-15-3. პირველი სამი ნიმუში პლაგიოკლაზ - კვარც - ორქარსიან - ანდალუზიტ - კორდიერითული რქაულაა, ხოლო ნიმ. 62-12 არის გრანატ - სკაპოლიტ - კლინოგოიზიტ - პროქსენ - ბიოტიტ - პლაგიოკლაზიანი რქაულა რქატყუარის იდიომორფული პორფირობლასტებით. ნიმუშები 11-15-2 და 11-15-3 ფუბე ქანების ქსენოლითებია

კირარის სიენიტ - დიორიტული ინტრუზივიდან. ისინი წარმოდგენილია ამფიბოლიტებით, სადაც მთავარი ქანმაშენი მინერალია კუმინგტონიტი.

2.2. XRF, XRD და ICP-MS ანალიზები

დიზის სერიის მეტამორფული ქანების გეოქიმიური კვლევისთვის შერჩეული იყო 40 ნიმუში. ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ალ. ჯანელიძის სახელობის გეოლოგიის ინსტიტუტის ლაბორატორიაში ჩატარდა პეტროგენული, იშვიათმიწა და იშვიათი ელემენტების ანალიზი. ნიმუშები წვრილად დაიფქვა RETSCH RS200 ვიბრაციული წისქვილის გამოყენებით. როგორც ძირითადი, ასევე მიკროელემენტები განისაზღვრა Cu-Rh ანოდის მქონე რენტგენული მილით აღჭურვილ რენტგენოფლუორესცენციული სპექტრომეტრის SPECTROSCOUT Geo გამოყენებით.

კირარ-აბაკურის ბათური ინტრუზიული კომპლექსის გამოსავლებიდან, ჩვენს მიერ პეტრომინერალოგიური და გეოქიმიური კვლევებისათვის შეირჩა 50-მდე ნიმუში, ხოლო დიზის სერიის კონტაქტურად და რეგიონულად მეტამორფიზებული ქანებიდან – 40 ნიმუში. ნიმუშების XRD ანალიზი შესრულებულია პოლონეთში, სილეზიის უნივერსიტეტის (კატოვიცე) ლაბორატორიასა და ნაწილობრივ, ალ. ჯანელიძის სახელობის გეოლოგიის ინსტიტუტის ლაბორატორიაში.

კირარ-აბაკურის მაგმური კომპლექსის შესასწავლად, ნიმუშები შეგროვებულია კომპლექსის ყველა ხელმისაწვდომი გამიშვლებიდან. პეტროგრაფიული კვლევისთვის აღებულია 250-ზე მეტი ნიმუში. მათ შორის, მთავარი და იშვიათი ელემენტების გეოქიმიური ანალიზისთვის შერჩეულია 46 დამახასიათებელი ნიმუში. ნიმუშები შესწავლილია ოპტიკური მიკროსკოპის, XRF და ICP-MS ანალიზის მეთოდების გამოყენებით. ქიმიური ანალიზები მთავარ კომპონენტებზე ჩატარდა ED-XRF მეთოდით ალ. ჯანელიძის სახ. გეოლოგიის ინსტიტუტში. ქანების ქიმიური შემდგენილობის კონტროლი, ისევე როგორც იშვიათი და იშვიათმიწა ელემენტების ანალიზი შესრულდა ICP-MS მეთოდით MSALABS Ltd. ლაბორატორიაში (ლენგლი, კანადა).

2.3. მიკროზონდული კვლევა და გეოთერმომეტრია

ელექტრონული მიკროსკოპის გამოყენებით, განისაზღვრა დიზის სერიის ქანების შემადგენელი ყველა მინერალი – ბიოტიტი, მუსკოვიტი, პლაგიოკლაზი, აქტინოლითი, აქტინოლითური რქატყუარა, რქატყუარა, კუმინგტონიტი, კლინოპროქსენი, ქლორიტი, კლინოციოზიტი, კალიუმის მინდვრის შპატი, პრენიტი, პუმპელიტი და გრანატი. კვლევა ჩატარდა IREM RAS-ის ლაბორატორიაში ელექტრონული მიკროზონდის JEOL JXA-8200 გამოყენებით, რომელიც აღჭურვილია ხუთი გრძელტალღიანი დისპერსიული რენტგენული სპექტრომეტრით (WDS) და ერთი ენერგო-დისპერსიული რენტგენული სპექტრომეტრით (EDS). ანალიზი ჩატარდა დაჩქარებული ძაბვით – 20 kV, სხივის ნაკადით – 20 nA და სხივის ზომით – 1-2 μm , 10 წამიანი დათვლის დროით. ყველა ელემენტი იყო გაზომილი $\text{K}\alpha_1$ ანალიტიკური ხაზის გასწვრივ (ანალიზის შედეგები იხ. დანართი 1).

ს. კორიკოვსკის მეტამორფული ფაციების სქემის საფუძველზე (Кориковский, 1979, 1991; Korikovskiy et al., 2018), წარმოდგენილია დიზის სერიის ქანების მეტამორფული ფაციესებისა და სუბფაციესების სქემა.

დიზის სერიის რეგიონული და კონტაქტური მეტამორფიზმის P-T პირობების დასადგენად, გამოყენებულია სხვადასხვა გეოთერმობარომეტრი. რეგიონული მეტამორფიზმის ტემპერატურული პირობების განსაზღვრად გამოყენებულია დაბალტემპერატურული ქლორიტული თერმომეტრები (Cathelineau, Nieva, 1985; Kranidiotis, McLean, 1987; Cathelineau, 1988; Jowett, 1991; Hiller, Velde, 1991; Zang, Fyfe, 1995). კონტაქტური მეტამორფიზმისთვის უფრო მაღალი ტემპერატურული პირობების განსაზღვრა მოხდა შემდეგი გეოთერმომეტრების გამოყენებით: Hbl-Pl^2 (Spear, 1981; Jaques et al., 1982; Holland, Blundy, 1994), Bt-Cpx და Hbl-Cpx (Перчук, Рябчиков, 1976), Crld-Bt (Лаврентьева, Перчук, 1981) და ტიტანის მუსკოვიტში შემცველობის მიხედვით (Wu, Chen, 2015). თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ დიზის სერიის ქანებში მინერალების წონასწორული ასოციაციები არ იძლევა საშუალებას,

² მინერალური სიმბოლოები წარმოდგენილია უიტნისა და ევანსის (Withney, Evans, 2010) კლასიფიკაციის მიხედვით, ხოლო ამფიბოლების კლასიფიკაცია მოცემულია ჰაუტორნის და სხვ. (Hawthorne, et al., 2012) მიხედვით. მუქი მინერალების ინდექსები აღნიშნავს მათ მაგნეზიუმობას ($\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$); ისრები აღნიშნავს Ca-ამფიბოლის კრისტალებში მაგნეზიუმობის ცვალებადობას ცენტრიდან პერიფერიისკენ; Pl ინდექსები მიუთითებს მათში ანორთიტის მოლეკულის შემცველობაზე, ხოლო მუსკოვიტის ინდექსები – $\text{FeO} + \text{MgO}$ სიდიდის მაჩვენებელია (წონ. %).

რომ გამოვიყენოთ მთელი რიგი ცნობილი გეოთერმობარომეტრი. ამიტომ, ასეთ შემთხვევებში, ქანებში მეტამორფიზმის დონე განსაზღვრულია რიგი სხვა ფაქტორის მიხედვით, ესენია: ზოგადი მოსაზრებები, დამახასიათებელი მინერალური ასოციაციები, რეგიონული მეტამორფიზმის ფაციესებისა და სუბფაციესების ინფორმაციული სქემები (Кориковский и др., 1984, 1986), ალპურამდელი მეტამორფული კომპლექსებისთვის შემუშავებული გრადიენტული მოდელი და საკვლევი რეგიონის სხვა კარგად შესწავლილი რეგიონების მეტამორფიზმის P-T პირობებთან შედარება.

2.4. U-Pb LA-ICP-MS მეთოდით ცირკონების დათარიღება და იზოტოპია

დიზის სერიაში გავრცელებული ინტრუზიული სხეულების ასაკი განსაზღვრულია ცირკონის U-Pb LA-ICP-MS დათარიღების მეთოდით. ცირკონის კრისტალების გამოყოფა შესრულდა სტანდარტული ტექნიკის გამოყენებით (კონცენტრაციული მაგიდა, მაგნიტური სეპარაცია, მძიმე სითხეები) ქ.კიევის მ. სემენენკოს სახელობის გეოქიმიის, მინერალოგიისა და მადანწარმოშობის ინსტიტუტში. ოპტიკური მიკროსკოპის საშუალებით გამორჩეული ცირკონების მარცვლები ჩამონტაჟდა ეპოქსიდში, შემდეგ გაიშლიფა და გაპრიალდა კრისტალების ცენტრებამდე. ანალიზი ჩატარდა ცირკონის კრისტალების ცენტრალურ და პერიფერიულ ნაწილებში.

U-Pb იზოტოპური მონაცემები შეგროვდა ლაზერული აბლაციის ინდუქციურად დაწყვილებული პლაზმის მას სპექტრომეტრიის გამოყენებით (LA-ICP-MS). ცირკონზე აბლაციური ზემოქმედება ჩატარდა COMPex 102–193 ნმ ექსიმერული ულტრაიისფერი ლაზერის გამოყენებით, რომელიც დაწყვილებული იყო Agilent 8900 QQQ მას სპექტრომეტრთან. 30 წამიანი ფონური ანალიზის შემდეგ, ნიმუშებმა განიცადა აბლაცია 30 წამის განმავლობაში 5 Hz-ზე 38 მკმ სხივის გამოყენებით და ზედაპირზე ლაზერული ენერგიით – 2 ჯ/ სმ². ნიმუშის უჯრედი ირეცხებოდა ულტრამაღალი სისუფთავის ჰელიუმით და აზოტით, პლაზმის მატარებელი გაზის როლში კი გამოყენებულ იქნა მაღალი სისუფთავის არგონი. გამოყენებულია ცირკონის სტანდარტი GJ1 (601.2±0.4 Ma; Jackson et al., 2004) როგორც ძირითადი საცნობარო მასალა და გაანალიზებულია ბლოკებში Plešovice (337.13±0.37 Ma; Sláma et al., 2008) და OGC (3465±0.6 Ma; Stern et al., 2009) მეორად სტანდარტებთან ერთად. სტანდარტული ბლოკები ჩასმული იყო ყოველ 20 უცნობს შორის. მეორეული სტანდარტები იძლევა

საშუალო შეწონილ $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ და $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ ასაკს განუსაზღვრელი რეკომენდებული მნიშვნელობების ფარგლებში.

მონაცემები შეგროვდა ორი ანალიტიკური სესიის განმავლობაში. პირველი სესიის დროს განისაზღვრა მხოლოდ U-Pb იზოტოპური მონაცემები. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ შეფარდებები მიღებული სესიის დროს იყო საკმაოდ დაბალი, მაგრამ ძირითადად კონკორდანტული. მეორე სესიის დროს, U-Pb იზოტოპური მონაცემები შეგროვებული იყო Hf იზოტოპთან და მიკროელემენტებთან ერთად (split-stream technology).

Lu-Hf იზოტოპური შედგენილობა გაზომილია Nu Plasma II მასს-სპექტრომეტრის გამოყენებით, ავსტრალიაში, კერტინის უნივერსიტეტის ჯონ დე ლაიტერის ცენტრში. ყველა იზოტოპი (^{180}Hf , ^{179}Hf , ^{178}Hf , ^{177}Hf , ^{176}Hf , ^{175}Lu , ^{174}Hf , ^{173}Yb , ^{172}Yb და ^{171}Yb) განსაზღვრული იყო ფარადეის კოლექტორზე. ^{176}Yb და ^{176}Lu მინარევები მოცილებული იყო 176 მასის სიგნალიდან $^{176}\text{Yb}/^{173}\text{Yb} = 0.7962$ და $^{176}\text{Lu}/^{175}\text{Lu} = 0.02655$ გამოყენებით ექსპონენციალური კანონით მასის გადანაცვლების შესწორებით, ვარაუდით, რომ $^{172}\text{Yb}/^{173}\text{Yb} = 1.35274$ (Chu et al., 2002).

შედეგების სიზუსტის კონტროლისთვის თითოეულ საანალიზო სესიის დროს ნიმუშებთან ერთად მოხდა „მად ტანკის“ კარბონატიტული კომპლექსის ცირკონების გაანალიზება. ცირკონები 91500; პლეშოვიცე; GJ-1 და R33 ასევე იყო გამოყენებული როგორც მეორეული საცნობარო სტანდარტები. ყველა ეტალონმა გვაჩვენა $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ შეფარდებები მათი შესაბამისი სიდიდეების დარეგისტრირებულ გაურკვევლობაში.

უცნობი ცირკონებისთვის საწყისი $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ და ϵHf მნიშვნელობების გაანგარიშებისთვის გამოყენებული იქნა გაზომილი $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ წერტილების ასაკი; $\lambda^{176}\text{Lu}$ დაშლის მუდმივა 1.867×10^{-11} (Söderlund et al., 2004); და თანამედროვე ქონდრიტული ერთგვაროვანი რეზერვუარი (CHUR) $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf} = 0.282785$ და $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf} = 0.0336$ (Bouvier et al., 2008).

მონაცემები მიკროელემენტებზე გროვდებოდა Hf იზოტოპის მონაცემებთან ერთდროულად. ძირითად ეტალონად კონცენტრაციის განსაზღვრისათვის გამოყენებული იყო ცირკონის სტანდარტი "GJ-1". ^{91}Zr - იზოტოპის შიდა ეტალონი და ვარაუდი, რომ Zr პროცენტული შემცველობა უცნობ ნივთიერებებში არის 43.14% გამოყენებულ იქნა ინსტრუმენტის ცდომილების კორექტირებისათვის. NIST SRM 612 გამოიყენებოდა როგორც მეორეული სტანდარტი.

3. დიზის სერიის შესწავლის ისტორია

დიზის სერია გამოყოფილია გ. აგალინის (Агалин, 1932) მიერ, ჯერ კიდევ 30-იან წლებში მის მიერ ნაპოვნი მარჯნების (*Litostrozotia aff. baschkiricum* Per. და *Chaetetes radians* Fisch) მიხედვით. მოგვიანებით, პ. გამყრელიძემ და ი. კახაძემ (Гамкрелидзе, Кахадзе, 1945) დააზუსტეს დიზის სერიის გავრცელების არეები, დაახასიათეს იგი გეოლოგიურ-პეტროგრაფიულად და პალეოზოოლოგიურ-ტრიასულად დაათარიღეს. 1950-1959 წლებში, ს. ბუკიამ შეისწავლა დიზის სერიის ლითოლოგია და პეტროგრაფია და მათში აღმოჩენილი ფლორის ნაშთების, სპორებისა და მტვრის მიხედვით, იგი ტრიასულად დაათარიღა. დიზის სერია ასევე ტრიასულად დაათარიღეს დ. ჯიდაურმა და გ. თოროზოვმა (Джигაური, Торозов, 1957). 1959-1960 წლებში ვ. სლავინის ხელმძღვანელობით ჩატარებული სამუშაოების შედეგად, დიზის სერიაში აღმოჩენილი მარჯნების (*Chaetetes (Boswellia) sp.*), კრინოიდების (*Entrochus ligatus* Quenst) და ფორამინიფერების (*Profusulina sp.*) მიხედვით, დადასტურდა პ. გამყრელიძის და ი. კახაძის მონაცემები დიზის სერიის პალეოზოოლოგიური (კარბონული) და ტრიასული ასაკის შესახებ.

1960 წელს, ვ. ედილაშვილმა (Эдилашвили, 1960) შეადგინა დიზის სერიის დეტალური ჭრილი ენგურის ხეობაში. იგი მთლიანად ეთანხმება წინა მკვლევარების მონაცემებს დიზის სერიის ზედაპალეოზოოლოგიურ-ტრიასული ასაკის შესახებ. ბ. გოიშვილის მონაცემებით (Гоишвили, 1962), დიზის სერიის სიმძლავრე 1.5 კმ -ზე მეტია და 4-5 კმ აღწევს. იგი სერიის შემადგენლობაში გამოყოფს ფიქლებს, კირქვებს, მარმარილოებს, დაფიქლებულ ქვიშაქვებს, კვარციტებს და რქაულებს. დიზის სერიის ქანების ძლიერი სახეცვლა მან კონტაქტურ მეტამორფიზმს დაუკავშირა.

შ. ადამიას (Адамия, 1968) ჩატარებული აქვს დეტალური სავსე სამუშაოები დიზის სერიის ფარგლებში. პეტროგრაფიული მასალის დამუშავების საფუძველზე, მან ვერტიკალურ ჭრილში დაადგინა სერიის ქანების ლითოლოგიური და გრანულომეტრიული შედგენილობა. თავისი და სხვა მკვლევართა მონაცემების საფუძველზე, მან დააზუსტა დიზის სერიის ქანების ასაკი. შ. ადამიას მოცემული აქვს დიზის სერიაში განვითარებული წყებების სტრუქტურული, ლითოლოგიური და ტექტონიკური დაახასიათება (Адамия, 1984). შ. ადამიას და სხვ. (Адамия и др., 1989)

აზრით, დანაოჭების ძველკიმერიული ფაზისის გამოვლენა იწვევს დიზის სერიის ქანების მნიშვნელოვან დეფორმაციას, მათ საწყის (დაბალი დონის) მეტამორფიზმს და კუნძულ-კორდილიელურ განვითარებას.

მ. სომინის მონოგრაფიაში (Сомин, 1971) დიზის სერიის ქანები ახლებურად და დეტალურად არის აღწერილი. მისი მონაცემებით, ყველაზე დაბალი სტრატეგრაფიული დონე სერიაში ყვანის შრენარს უკავია, რომლის ასაკი პალეონტოლოგიური მონაცემებით შუადევონურია; მას მოყვება უთურის წყება, რომელიც ასევე მიეკუთვნება შუადევონურს; შემდეგია კირარის წყება, რომელიც წარმოდგენილია შუადევონური, ზედადევონური და ქვედაკარბონული ნალექებით, ვიზე-ნამურულის ჩათვლით. დიზის სერიის ჭრილის ზედა პალეოზოურის ფუძეში, მდებარეობს ბაკილდის წყება, რომელიც უპასუხებს შუა- და ზედაკარბონულს. მისი ასაკი, ისევე როგორც წინა წყებების, პალეონტოლოგიურადაა დადგენილი. ბაკილდის წყებას თანხმობით მოყვება ლაილის წყება. ამ წყების ასაკი დგინდება სტრატეგრაფიული მდებარეობით და უპასუხებს ქვედა პერმულს. ლაილის წყებას ცვლის ზედაპერმული ჩელშურის წყება, რომელსაც აგრძელებს გვადარაშის წყება, ეს უკანასკნელი, სავარაუდოდ, თავისი სტრატეგრაფიული მდებარეობით ტრიასული ასაკისაა.

ზ. ქუთელიამ (Кутелия, 1983) დიზის სერიის შემადგენლობაში სტრატეგრაფიული მდებარეობით და კონოდონტური ანალიზით გამოყო სამი წყება: კირარის (დევონური), ცხენისწყლის (კარბონულ-პერმული) და გვადარაშის (ტრიასული). მისი მონაცემებით ქვედა, დევონური ასაკის წყება აგებულია უპირატესად მუქი ნაცრისფერი გრაველიტებით, მსხვილმარცვლოვანი ქვიშაქვებით და ფილიტებით. წყების ზედა ნაწილში განვითარებულია თიხიანი ფიქლები, მარმარილოს ლინზები, შიდაფორმაციული კონგლომერატები, კაჟიანი ფიქლებისა და სილიციტების შუაშრეები. შუა წყება წარმოდგენილია გოფირებული ფილიტებით, ვერცხლისფერ-ნაცრისფერი და ყავისფერი ქვიშაქვებით, ვულკანოგენებით, მარმარილოს ლინზებით და კაჟიანი ფიქლებისა და სილიციტების შუაშრეებით. ზედა წყება აგებულია შავი თიხა ფიქლებით, სილიციტებით, ქვიშაქვებით, გრაველიტებით და კირქვების ლინზებით.

ვ. კაზმინმა და ი. სბორშიკოვმა (Казьмин, Сборщиков, 1989) დიზის სერია გაყვეს ორ მსხვილ კომპლექსად. ქვედა კომპლექსი აგებულია ქვიშიან-ალევიროლითული,

იშვიათად რითმულ-შრეებრივი ტურბიდიტებით, რომელთა შორის შეინიშნება კონგლომერატ-ბრეჩიებისა და ქვიშაქვების ჰორიზონტები.

დ. შენგელიას, თ. წუწუნავას, გ. ჭიჭინაძის და გ. ბერიძის (შენგელია და სხვ. 2015) მონაცემებით, დიზის სერია მათზე შუაიურული ინტრუზივების კონტაქტურ ზემოქმედებამდე წარმოდგენილი იყო ეპიდიაგენეზის პირობებში გარდაქმნილი ქანებით: ძლიერ დისლოცირებული და დაწვრილნაოჭებული ნახშირიან-თიხური ნივთიერებითა და კვარცით მდიდარი ქვიშაქვებით, არგილიტებით და კირქვებით. ინტრუზივების თერმული ზემოქმედების შედეგად, დიზის სერიის ქვიშურ-თიხური ქანები გარდაიქმნა ნაირგვარი შედგენილობის რქაულებად, ლაქებიან და კვანძიან ფიქლებად. მათ დაადგინეს კონტაქტური მეტამორფიზმის შედეგად განვითარებული მინერალები – კორდიერიტი, ანდალუზიტი, ბიოტიტი, მუსკოვიტი, კორუნდი, პლაგიოკლაზი, გრაფიტი, სკაპოლითი, ტურმალინი, დიოფსიდი, რქატყუარა, აქტინოლითი, ტრემოლითი, სფენი. მათ, ასევე, გამოყვეს კონტაქტური მეტამორფიზმის ზონები.

ს. კეკელიასა და სხვ. (Kekelia et al. 2017) მონაცემებით, დიზის სერიის ფარგლებში განვითარებულია მადანგამოვლინებები, რომლებიც თავისი გეოლოგიური, მინერა-გიური და გეოქიმიური თავისებურებებით, მიეკუთვნება ოქრო-კვარც-მცირესულ-ფიდურ საბადოთა საწარმოო ტიპს. მათი მონაცემებით, სოფ. დიზის მიდამოები საინტერესოა ოქროს გამადნების მნიშვნელოვანი ხარისხით და აღნიშნულ ტერიტორიას კირარ-აბაკურის ოქროს მადნიანი კვანძის სახელით მოიხსენებენ. მათი მონაცემებით, ოქროს გამადნება გვხვდება დიზის სერიის ინტრუზივების ენდო- და ეგზოკონტაქტებში განვითარებულ კვარცის ძარღვებში. განხილულია ლუხრის პოტენციური საბადოს ჩამოყალიბების გენეტური პირობები. ამ ავტორების მონაცემებით, ინტრუზივებში ოქროს საშუალო შემცველობა – 7.48-8.89 გ/ტ და ოქროს რაოდენობა 30 ტონამდეა. აგებულია სერიაში განვითარებული ლუხრის პოტენციური ოქროს საბადოს და კირარი-აბაკურის მადნიანი კვანძის 1:50 000 მასშტაბის გეოლოგიური რუკები. ისინი აღნიშნავენ, რომ დიზის სერიის ქანებმა რეგიონული მეტამორფიზმი განიცადა უპირატესად მწვანე ფიქლების ფაციესის პირობებში და, რომ მათთვის დამახასიათებელია ძლიერი აშლილობა, მილონიტიზირებული და დანაოჭებული ზონების არსებობა.

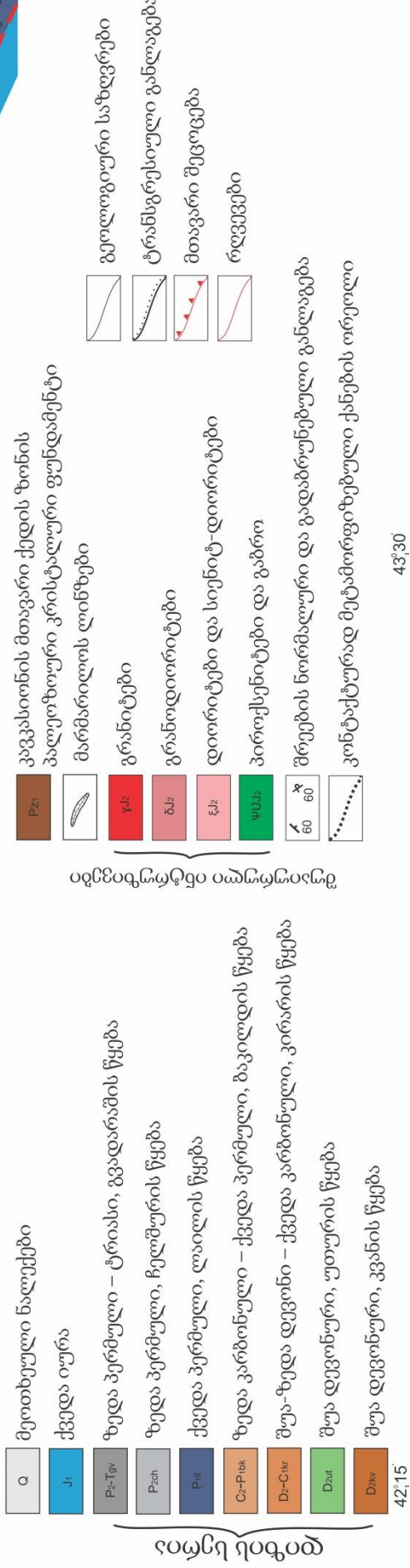
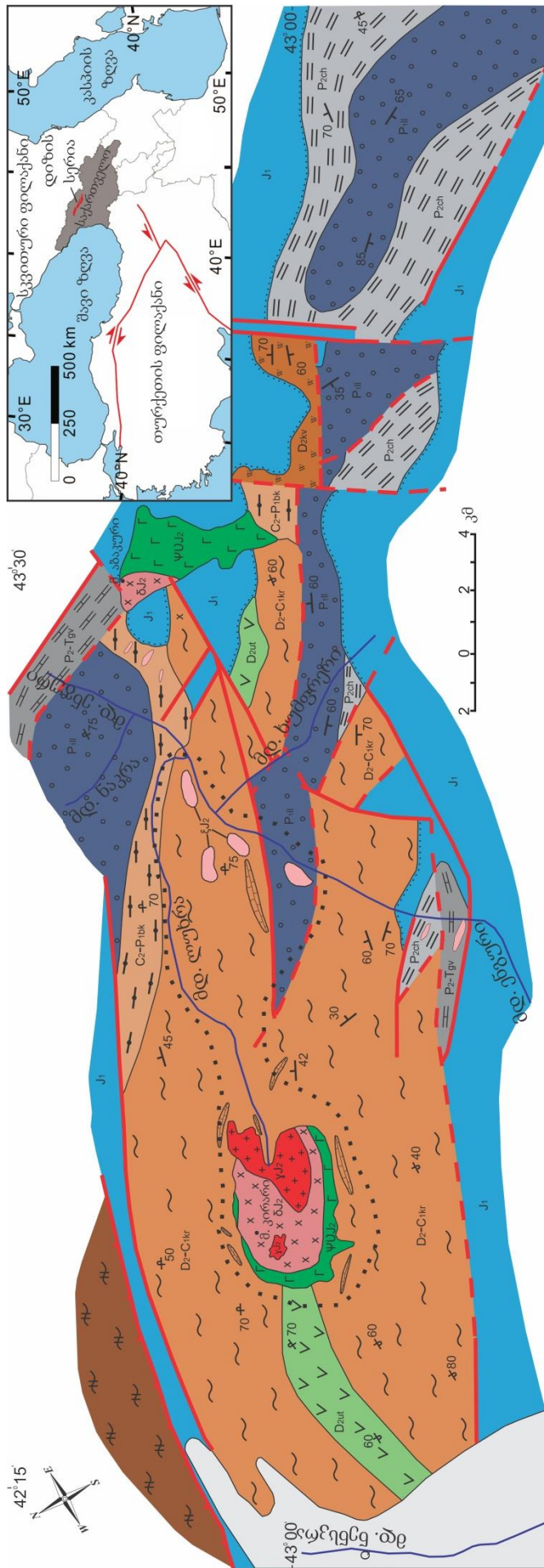
დიზის სერიის აღმოსავლეთ ნაწილში ფართოდაა გავრცელებული კირარი-აბაკურის სახელით ცნობილი შუა იურული მაგმური კომპლექსი (Дудаური, Тогоნიძე, 2016). პირველადი მონაცემები დიზის სერიის ინტრუზივების შესახებ მოცემულია მ. ფავორსკაიას (Фаворская, 1947) სტატიაში. მის მიხედვით ინტრუზივები პეტროლოგიური და მინერალოგიურად ანალოგიურია და ერთი მაგმური კერის წარმონაქმნებია. მნიშვნელოვანი კვლევები ინტრუზივების შესწავლაში ჩატარებული აქვს ბ. გოიშვილს (Гоишвили, 1960, 1961).

დიზის სერიის მაგმატიტების მინერალოგიის, პეტროლოგიისა და გეოქიმიის შესახებ განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ო. დუდაურისა და მ. ტოგონიძის მიერ განხორციელებული კვლევები (Дудаური, Тогоნიძე, 1998, 2016). მათ მიერ კირარი-აბაკურის კომპლექსის მიკროზონდული, გეოქიმიური და გეოქრონოლოგიური კვლევის საფუძველზე გამოყოფილია მაგმატიტების გენეტური ჯგუფები და წარმოდგენილია მათი ფორმირების მოდელი.

4. გეოლოგია

დიზის სერია გაშიშვლებულია კავკასიონის სამხრეთი ფერდობის ზონის ფარგლებში, სვანეთის ანტიკლინორიუმის გულში, მდ.მდ. ენგურისა და ცხენისწყლის ხეობებში (სურ. 2). იგი საერთოკავკასიური მიმართულებით (ჩრდილო დასავლეთი - სამხრეთ აღმოსავლეთი) გავრცელებულია ≈ 70 კმ მანძილზე; მისი სიმძლავრე 2000-2200 მ ფარგლებში მერყეობს. სერია ძირითადად აგებულია სუსტადმეტამორფული ტერიგენული ქანებით - ქვიშაქვებით, გრაველიტებით, არგილიტებით, კარბონატული კირქვებით, სილიციტებით, ტუფო-ქვიშაქვებით, ვულკანიტებითა და კირქვებით (სურ. 3 a, b).

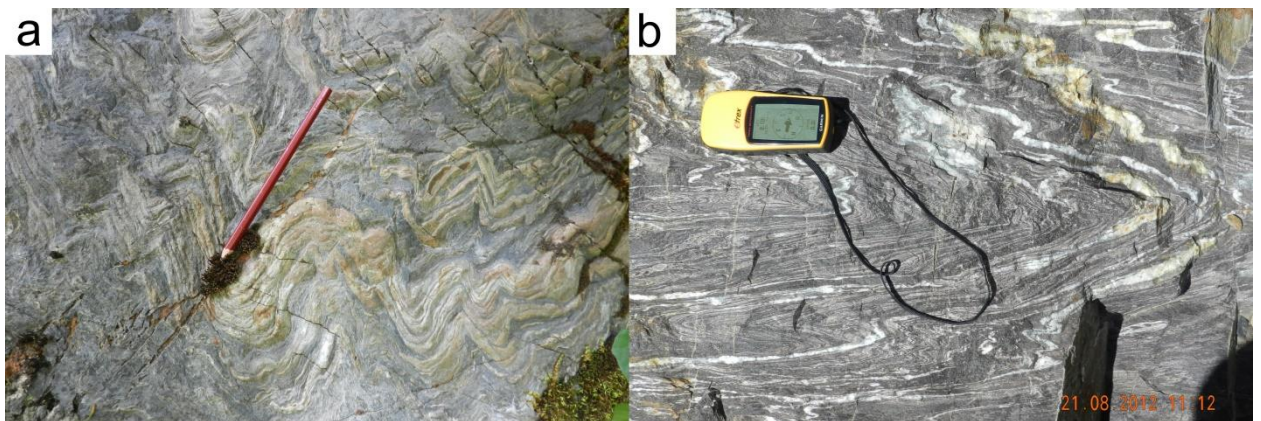
დიზის სერიის ქანებში მარჯნებისა და ფორამინიფერების ინდექს სახესხვაობებით გამოყოფილი იქნა დევონური, კარბონული, პერმული და ტრიასული ასაკის წყებები (Славин, 1960; Гамкрელიძე и др., 1963; Сомин, Белов, 1967a; Сомин, 1971). კონოდონტების შესწავლის შედაგად, ზ. ქუთელიამ (Кутелия, 1983) მიიღო ასეთივე შედეგი. ეს მონაცემები ადასტურებს ამ სერიის უწყვეტ შუა-პალეოზოურ - ტრიასული სტრატეგრაფიული ჭრილის არსებობას.



სურ. 2. სვანეთის ანტიკლინორიუმის ჩრდილო-დასავლეთი ნაწილის გეოლოგიური სქემა (Сомин, Белов, 1967, Javakhishvili et al. 2021 დამატებით)

ვარისკული ოროფაზისის დროს სერიამ განიცადა მწვანე ფიქლების ფაციესის დაბალტემპერატურული რეგიონული მეტამორფიზმი. მოგვიანებით, შუაიურული ინტრუზივების ზემოქმედების შედეგად, ზემოთ აღნიშნული სუსტად მეტამორფული ქანები გარდაიქმნა გრაფიტიზებულ ფილიტებად, ფილიტისებრ ფიქლებად, მარმარილოებად და ნაირგვარ რქაულებად.

დიზის სერიის ნალექებში გამოვლენილია გვიანტრიასული (ადრეკიმერული) დეფორმაციები. სერიის ქანები აგებულია ძლიერ შეკუმშული ნაოჭებით, რომლებშიც შეინიშნება რღვევები. დიზის სერიის პალეოზოოურ წყებებში ფიქლებრიობა და ნაპრალები მკვეთრად სამხრეთულია. ზოგიერთი მკვლევარი მიიჩნევს, რომ სერიაში განვითარებული დეფორმაციები ლოკალური და უმნიშვნელოა და ვარაუდობენ, რომ აუზის განვითარება პალეოზოოური პერიოდიდან იურამდე იყო უწყვეტი (Адамия, 1968; Кутелия, 1983). სხვა მკვლევარები თვლიან, რომ ქვედა იურული ნალექები უთანხმოდ ადევს დიზის სერიას. დადგენილია ქვედაიურული ბაზალური კონგლომერატები, რომლებიც დიზის სერიის დეფორმირებული ქანებია (Гамკრელიძე, 1993). აღსანიშნავია, რომ დიზის სერიის ჩრდილოეთ და სამხრეთ კიდეებზე ბაზალური კონგლომერატები გვხვდება სხვადასხვა ჰორიზონტებზე დევონიდან ტრიასულის ჩათვლით (Сомин, 1971; Гамკრელიძე, 1993). სხვადასხვა ავტორის აზრით (Гамკრელიძე, 1980; Сомин, 1982; Казьмин, Сборщиков, 1989; Гамკრელიძე, Шенгелиა, 2005), დიზის სერია ხასიათდება ქერცლებრივი სტრუქტურით.



სურ. 3. a) ზოლიანი და დანაკვეცივებული ქვიშა - თიხური ქანები. მდ. ხუმფრერის ხეობა, მდ. ენგურის მარცხენა შენაკადი; b) დანაოჭებული რქაულები. მდ. ენგურის ხეობა, ზუგდიდი - მესტიის საავტომობილო გზა.

დეფორმაციის ხასიათიდან გამომდინარე, დიზის სერიის ქანები მკვეთრად განსხვავდება იურული წარმონაქმნებისგან. ისინი ინარჩუნებს რელიქტურ ჩრდილოეთ ვერგენტულობას, რომელიც მიუთითებს მათ ჩრდილოეთისკენ მოძრაობაზე ადრეკიმერიული (ინდოსინური) ოროგენეზისის დროს. ეს იწვევს მათ თითქმის პირდაპირ კონტაქტს ჩრდილოეთით კავკასიონის მთავარი ქედის ზონის მაღალმეტამორფიზებულ ქანებთან (Сомин, Белов, 1967; Сомин, 1971; Гамკრელიძე, 1980; 1989; Белов, 1986; Казьмин, Сборщиков, 1989). ამავე ოროგენეზისის დროს, შეცოცების პროცესში, ადგილი ქონდა დიზის სერიის ქანების დანაოჭებას, დისიპატიური სითბოს წარმოქმნას, დინამომეტამორფიზმსა და რეგიონულ მეტამორფიზმს (Гамკრელიძე, Шенгелиა, 2005) და რეგიონული მეტამორფიზმი (Сомин, 1971; Казьмин, Сборщиков, 1989; შენგელია და სხვ., 2015). აღსანიშნავია, რომ სვანეთის დომენში არ აღინიშნება მიმდებარე რეგიონებში ფართოდ განვითარებული ვარისკული ტექტონიკური მოვლენები და გრანიტოიდების წარმოშობა (Сомин, 1971; Гамკრელიძე, 1980; Казьмин, Сборщиков, 1989), ბათური (ჩეგემური) ოროგენული ფაზისის დროს, პალეოტეთისის რელიქტური აუზის აღმოსავლეთი ნაწილი დაიხურა. ეს მოძრაობები მკვეთრად გამოიხატა ხმელთაშუა ზღვის სარტყლის ჩრდილოეთ ნაწილში (კავკასიონი, მთიანი ყირიმი, ამიერკავკასიის მასივი და მცირე კავკასიონის ჩრდილოეთი ნაწილი).

შუაიურული ეპოქა გამოირჩევა ძლიერი ვულკანიზმითა და ინტრუზიული მაგმატიზმით. დიზის სერიაში განვითარებულია პიროქსენიტები, ანორთოზიტები, გაბრო-დიორიტები, დიორიტები, კვარციანი დიორიტები, სიენიტ-დიორიტები, დიორიტ-პორფირიტები და გრანიტოიდები. კარტირებულია კირარის, აბაკურის და სოფელ დიზის (3-5.5 მ²) ინტრუზივები და ასევე, მრავალი პატარა სხეული, რომელთა სიმძლავრე მერყეობს 1-100 მ ფარგლებში. ინტრუზივები შეჭრილია დიზის სერიის ინტენსიურად დეფორმირებულ ქანებში, ხოლო თავად ინტრუზივებს ახასიათებს მხოლოდ სუსტი დეფორმაცია, ძირითადად რღვევითი დისლოკაციების სახით. დიზის სერიის ინტრუზიული სხეულების მორფოლოგია, სივრცობრივი განაწილება, პეტროლოგიური და მინერალოგიური მსგავსება ასაბუთებს, რომ ყველა ეს ინტრუზივი წარმოადგენს ერთი მაგმური კერის წარმონაქმნებს (Фаворская, 1947; Гоишвили, 1960, 1961). დიზის სერიის შუაიურული მაგმატიტების მინერალოგიის,

პეტროლოგიისა და გეოქიმიის შესახებ განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ო. დუდაურისა და მ. ტოგონიძის მიერ განხორციელებული კვლევები (Дудаური, Тогоნიძე, 1998, 2016). კერძოდ, მათ მიერ პირველად არის ჩატარებული ქანმაშენი მინერალების მიკროზონდული ანალიზები, გამოყოფილია მაგმატიტების გენეტური ჯგუფები და წარმოდგენილია მათი ფორმირების მოდელი, ასევე პირველადაა შესრულებული მათი გეოქრონოლოგიური დათარიღება. ამ ავტორების მონაცემები (Дудаური, Тогоნიძე, 2016) ადასტურებს, რომ გაბროული ინტრუზივების შემოჭრა დიზის სერიის ინტენსიურად დეფორმირებულ ქანებში მოხდა ადრეკიმერიული ოროგენეზისის დროს, ბაიოსის ბოლოს. მოგვიანებით, ბათურ ეპოქაში, სერიის ქანებში შეიჭრა მჟავე ინტრუზივები. კირარი-აბაკურის ინტრუზიული კომპლექსი მანტიური წარმოშობისაა და მიეკუთვნება კირ-ტუტე სერიას (Дудаური, Тогоნიძე, 2016). ბათური ინტრუზივების უმეტესობა ტოლეიტურია და მიეკუთვნება კონტინენტური, კუნძულთა რკალური და ასევე, სინკოლიზიური მაგმური ქანების ჯგუფს (ჯავახიშვილი, ბერიძე, 2020). ინტრუზივების პოსტ-ლიასური ასაკი დადგენილია გეოლოგიურადაც, რადგან აბაკურის ინტრუზივის ქანები შეჭრილია როგორც დიზის სერიაში, ასევე ლიასურ ნალექებში. ამ ინტრუზივების K-Ar ასაკია 165-176 Ma და შეესაბამება ბათურ ოროგენეზისს (Дудаური, Тогоნიძე, 1998).

ბ. გოიშვილის (Гоишвили, 1960) მონაცემებით, ინტრუზივებისა და დიზის სერიის შემცველი ქანების კონტაქტში განვითარებულია კვარც-ანდალუზიტისანი, კვარც-ბიოტიტისანი, ბიოტიტ-ქლორიტოიდიანი³, კვარც - K-მინდვრის შპატისანი რქაულები და კვარციტები. კონტაქტიდან მოშორებით, ეს ქანები თანდათან გადაიქცევა კვარც-პლაგიოკლაზ-აქტინოლიტურ და სერიციტ-ქლორიტისანი ფიქლებად (Гоишвили, 1960). სკარნები, რომელთა მაქსიმალური სიმძლავრეა 150-170 მ, განვითარებულია ინტრუზივების მარმარილოებთან კონტაქტში.

აღსანიშნავია, რომ ინტრუზიული სხეულის სიმძლავრე ყოველთვის არ განსაზღვრავს კონტაქტური მეტამორფიზმის ორეოლის სიმძლავრეს. თერმული ეფექტი განისაზღვრება არა მხოლოდ შემოჭრილი მაგმის მოცულობით, მისი შედგენილობითა და ფლუიდების რაოდენობით, არამედ შემცველი ქანების შედგენი-

³ ჩვენი და აგრეთვე დ. შენგელისა და სხვ. (2015) მონაცემებით ქლორიტოიდების არსებობა რქაულებში არ დასტურდება.

ლობითაც. ფლუიდებით მდიდარი გრანიტოიდური (გრანოდიორიტი, გრანიტი, დიორიტი-სიენიტი) ინტრუზივები იწვევს შემცველი ქანების განსაკუთრებულად ძლიერ ტრანსფორმირებას, ხოლო ფლიუდებითა და აქლორადი კომპონენტებით გაღარიბებული გაბრო და გაბრო-დიორიტული ინტრუზივები კი ნაკლებ ზეგავლენას ახდენს შემცველ ქანებზე. კონტაქტურ ქანებს შორის აღნიშნული ზემოქმედებისადმი ყველაზე უფრო მგრძობიარეა კარბონატები და ქვიშიან - თიხიანი წარმონაქმნები; კვარციანი ქვიშაქვები და სილიციტები უფრო მდგრადია (Гоишвили, 1960; შენგელია და სხვ., 2015; Korikovskiy et al, 2018; Javakhishvili et al, 2020).

5. სტრატეგრაფია და ტექტონიკა

დიზის სერია წარმოადგენს საკმაოდ ერთგვაროვან ქვიშიან - თიხიან ფორმაციას. ქანების ძლიერი დისლოცირება, მათი კონტაქტური და რეგიონული მეტამორფიზმი, ჭრილების მონოტონურობა, სამარკირე ჰორიზონტების არარსებობა და ბოლოს, რთული რელიეფიც, მნიშვნელოვნად ართულებს ამ ობიექტის შესწავლას.

როგორც, ზემოთ აღვნიშნეთ, მარჯნებისა და ფორამინიფერების საშუალებით, დიზის სერიაში გამოყოფილია შუა- და ზედადეკონური, კარბონულის ვიზეური და ბაშკირული და პერმულის საკმარული სართულები. ყველაზე ძველი კომპლექსი გამოყოფილია მდ. მდ. გვაშხარას და ენგურის ხეობებში და მწ. კირარის ჩრდილოეთ ნაწილში. იგი ეიფელური ასაკისაა და ხასიათდება შემდეგი ნამარხებით: *Polygnatus angustipennatus* Bisheph at Ziegler, *P.of. serotinus* Telford, *P.costatus costatus* Klapper, *P. costatus patulus* Klapper, *P.costatus oblongos* Weddige, *P.linguiformis lingoiformis* Hinde, *P.angusticostatus* Klapper (Кутелия, 1983).

ზემოთ აღნიშნულთან შედარებით უფრო მაღალი სტრატეგრაფიული მდებარეობა აქვს კომპლექსს, რომელიც აღმოჩენილია სილიციტების შუაშრეებში მდ. ენგურის ხეობაში და წარმოდგენილია მხოლოდ *Palmatolepis subrecta* Miller at Youngquist. ჩრდილოეთით კი, კაჟიანი ფიქლებიდან ზ. ქუთელიამ (Кутелия, 1983) გამოარჩია ფამენური კონოდონტები: *Palmatelepis subperlobata* Branson at Mehl, *Pa. delicatula delicatula* Branson at Mehl, *Pa. minura subtilis* Kchalim at Tschern., *Pa. minuta*

minuta Branson at Mehl, Polignatus cf. glaber Ulrich at Bassler, P. subnormalis Vorontzova at Kuzmin, P. porrectus Voronz. at Kuzmin, P. Nodocostatus nodocostatus Branson at Mehl.

მწ. კირარის ჩრდილოეთ ფერდობზე კაჟიანი ფიქლების შუაშრეებში ნაპოვნია კონოდონტები, რომლებიც წარმოდგენილია მხოლოდ *Siphenedella crenulata* Cooper. ამავე ჭრილში ჩრდილოეთით, სილიციტებში აღნიშნულია *Protognathus* sp., *Dryphenotus* cf. *semiglaber* (Кутелия, 1983).

მდ. ყაზახ-ტვიზის ხეობაში, სილიციტების შუაშრეებში ზ. ქუთელიამ (Кутелия, 1983) აღნიშნა *Dryphenotus bilineatus* Roundy, *Dryphenotus* cf. *girtyi collinseni* Rhedes, Austin at Druse სახეობები, რომლებიც უპასუხებს ვიზეურ ასაკს. ყველაზე მაღალი სტრატეგრაფიული ადგილი უკავია ბაკილდის ქედის სამხრეთ ფერდობზე მდებარე კომპლექსს. იგი გამოყოფილია სილიციტებიდან და წარმოდგენილია: *Gondolella donbassica* Kessenke, *Neognathus* aff. *roundyi* Cunnlel, *Idiognathodus* op.

მდ. ენგურის ხეობაში, ფაუნისტურ და ლითოლოგიურ მონაცემებზე დაყრდნობით, ზ. ქუთელიამ (Кутелия, 1983) გამოყო სამი წყება. ყველაზე ძველი – კირარის წყება კარგად გამოიშვლებულია მდ. მდ. ენგურის, გვაშხარას, ლემწურის და ლაილას ხეობებში და ასევე, მწ. კირარის ჩრდილოეთ ფერდობზე და აგებულია ძირითადად, უხეშნატეხოვანი ქანებით – გრაველიტებით და მსხვილმარცვლოვანი ქვიშაქვებით. ზოგ ადგილას, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ფილიტები და თიხა-ფიქლები. წყებაში, ასევე აღინიშნება შიდაფორმაციული კონგლომერატები. მისი მონაცემებით, წყების ასაკი, რომლის სიმძლავრე 500-600 მ-ია, დევონურია.

კირარის წყებას თანხმობით აგრძელებს მდ.მდ. ენგურის, ხუმფრერის, ლაილას, ლემწურის, გვაშხარას და ყაზახ-ტვიზის ხეობებში, ასევე მწ. კირარის ჩრდილოეთ ფერდობზე და ქვედა სვანეთში გამოიშვლებული ცხენისწყლის წყება. ეს წყება ქვედა კარბონული - ზედა პერმული ასაკისაა და წარმოდგენილია ფილიტებით, მსხვილ-მარცვლოვანი ქვიშაქვებით და გამარმარილოებული კირქვის ლინზებით. წყების სიმძლავრე - 600-800 მ-ია.

ცხენისწყლის წყებას ცვლის გვადარაშის წყება, რომლის ასაკი ტრიასულია. იგი წარმოდგენილია თიხაფიქლებით, სილიციტებით, ქვიშაქვებით და გრაველიტებით. წყება კარგადაა გამოიშვლებული სვანეთის ანტიკლინორიუმის ორივე ფრთაში. მისი სიმძლავრეა 300 მ.

დიზის სერიის ზედა სვანეთის გამოსავალი ტექტონიკურად წარმოადგენს ჰორსტ-ანტიკლინორიუმს, რომელიც სამხრეთით ესაზღვრება გვაშხარა-თეკრაშენს, ჩრდილოეთით კი - უტვირ-ნოდაშის აზევებას. მასში გამოიყოფა ენგურ-ლემშურის, დიზი-უთურის და უტვირ-ნაკრის ანტიკლინური და ყაზახ-ლემშურის და ლუხრა-ბაკილდის სინკლილური ნაოჭები, რომლებიც მდ. ლემშურის ხეობაში და მდ. ნაკრის მდ. ენგურთან შესართავის ჩრდილოეთით გართულებულია ორი ქვედალიასური გრაბენით.

ზემო სვანეთის ჰორსტ-ანტიკლინორიუმის საზღვრებში, ფართოდაა გავრცელებულია წყვეტილია რღვევებმა წარმოქმნა აზევებები, რომელთა შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია გვაშხარა-თეკრაშენის, ყაზახ-ენგურის, უნცრაშ-ბაკილდის და უტვირ-ნოდაშის აზევება. ამ აზევებებში დიზის სერიის ნალექები ხშირად ესაზღვრება ქვედალიასურ ნალექებს.

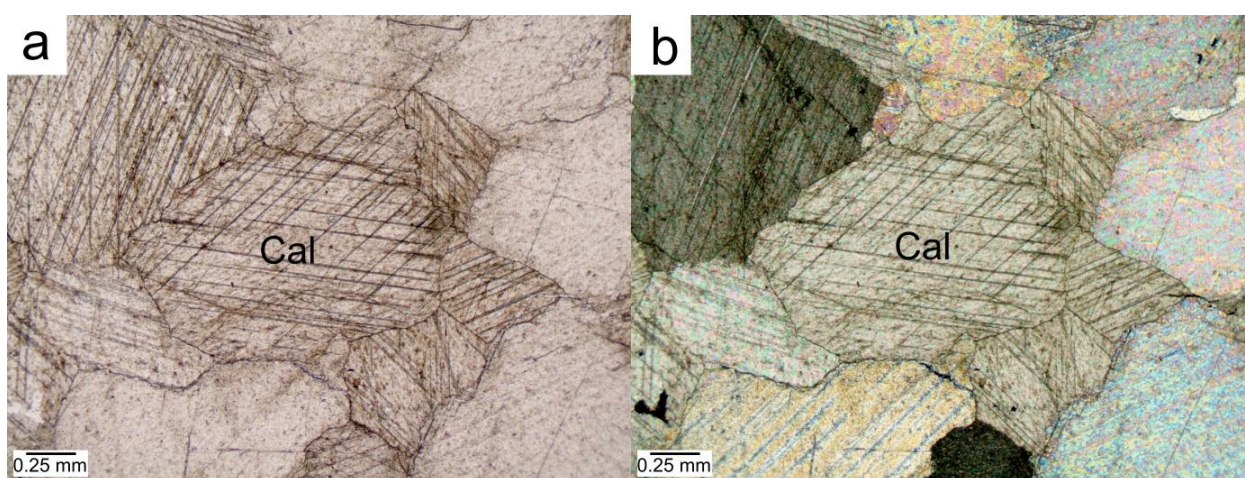
დიზის სერიის ქვემო სვანეთის გამოსავალი წარმოადგენს რთულ სუბ-განედურ ჰორსტ-ანტიკლინორიუმს, რომლის საზღვრებში ყველაზე მსხვილი ნაოჭია გოლ-დაშის ანტიკლინორიუმი. სამხრეთით, მდებარეობს ძლიერ შეკუმშული ლეკალდის სინკლინარიუმი. ჩრდილოეთის და სამხრეთის გამოსავალი ესაზღვრება ორ ძლიერ წყვეტას, სადაც დიზის სერიის ქანები ლიასის ქანებთანაა კონტაქტში.

შუაიურული ეპოქა ხმელთაშუა ზღვის სარტყლის ჩრდილოეთ ნაწილში, მათ შორის კავკასიაში, გამოირჩევა მნიშვნელოვანი ტექტონიკურ-მაგმური აქტიურობით, თუმცა დიზის სერიაში გამოვლინდა მხოლოდ მძლავრი მაგმატიზმი. ვულკანური აქტივობის სრულ დამთავრებამდე, ბაიოსური ეპოქის ბოლოს, ტექტონიკურმა მოძრაობებმა მაქსიმუმს მიაღწია ბათურში და გაგრძელდა მთელი ბათურის განმავლობაში. ქერქის დაძირვის, გაფართოებისა და დესტრუქციის რეჟიმს, რასაც ადგილი ქონდა ბაიოსურში, თან ახლდა მძლავრი ვულკანიზმი. ბაიოსურის ბოლოს გაბროიდული მდნარები შეიჭრა ადრეკიმერიული ოროგენეზის დროს ინტენსიურად დეფორმირებულ დიზის სერიის ქანებში. ბათურში, კრისტალური სუბსტრატის ლლობისას გენერირებული მჭავე მდნარებმა გაკვეთა დიზის სერია. მიუხედავად იმისა, რომ კავკასიაში ინტენსიური ტექტონიკური მოძრაობები გაგრძელდა ბათურის ბოლომდე, ინტრუზივებმა, გარდა რღვევითი დისლოკაციებისა, არ განიცადა მნიშვნელოვანი დეფორმაციები.

6. კვლევის შედეგი

6.1. რეგიონული მეტამორფიზმი

დიზის სერიის რეგიონული მეტამორფიზმის პროდუქტებია მეტატერიგენული ფილიტისებრი და ვულკანოგენური ქანები და ასევე, მარმარილოები (სურ. 4 a, b). მათი ძირითადი მინერალებია: სერიციტი (ფენგიტი), ალბიტი, ქლორიტი, აქტინოლითი, კალციტი, ტურმალინი, დოლომიტი, პუმპელიტი და პრენიტი (ცხრილი 1).



სურ. 4. მარმარილო: a) PPL⁴, b) XPL

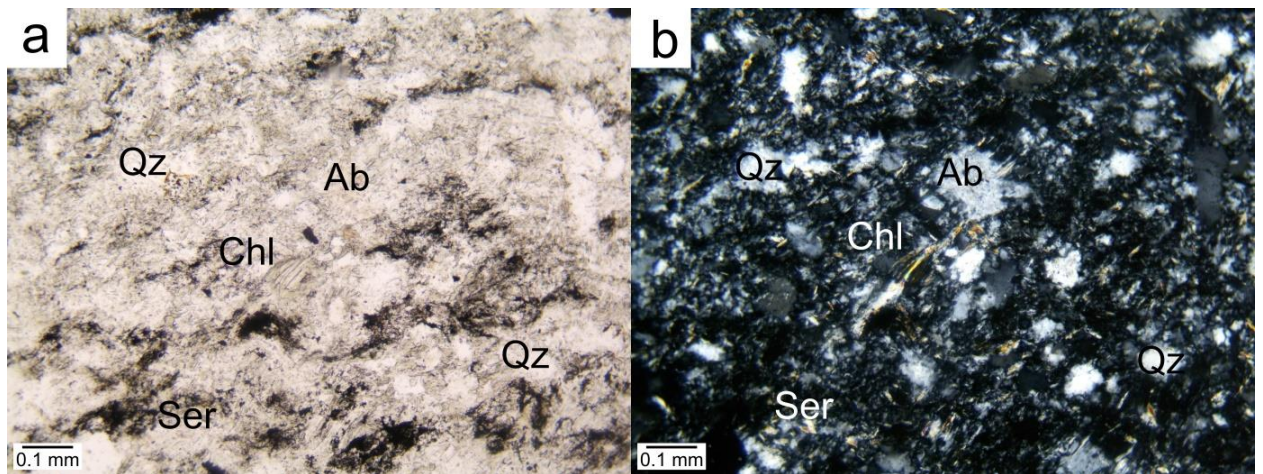
დიზის სერიის რეგიონული მეტამორფიზმის ძირითადი მინერალური პარაგენეზისებია: მეტაქვიშაქვა – $\text{Chl}_{0.48} + \text{Ser}(\text{Ph}_{2.01+1.99}) + \text{Ab} \pm \text{Tur} + \text{Qz}$ (ნომ. 4-13, სურ. 5 a, b) და ნახშირიანი ფილიტი – $\text{Chl}_{0.45} + \text{Ser}(\text{Ph}_{1.3+1.0}) + \text{Cal} + \text{Ab} + \text{Qz}$ (ნომ. 8-13, სურ. 6 a, b). ასევე, შეინიშნება ნახშირიან - სერიციტ - კვარციან ფილიტებში $\text{Act}_{0.59} + \text{Prh} + \text{Ab} \pm \text{Qz}$ გრაუვაკების წვრილი ჩანართები. მხოლოდ ერთ შემთხვევაში შემთხვევაში, დადგენილია პუმპელიტური ასოციაცია: $\text{Act}_{0.59} + \text{Pmp}_{0.53} + \text{Prh} + \text{Ab} + \text{Qz}$ (ნომ. 41-12).

საყურადღებოა ნახშირიან - სერიციტ - კვარციან ფილიტებში ავგიტის ($\text{Aug}_{0.55}$) და Mg-რქატყუარის ($\text{Mg-Hbl}_{0.60;0.62}$) სალი დეტრიტული მარცვლების არსებობა (ნომ. 41-12). მსგავსი შემთხვევა აღწერილია შვეიცარიაში, ტავეიანის ფორმაციაში (Coombs et al., 1976). რეგიონული მეტამორფიზმის ყველა დადგენილი პარაგენეზისი პასუხობს მწვანე ფიქლების ფაციესის ყველაზე უფრო დაბალტემპერატურული ქლორიტ-

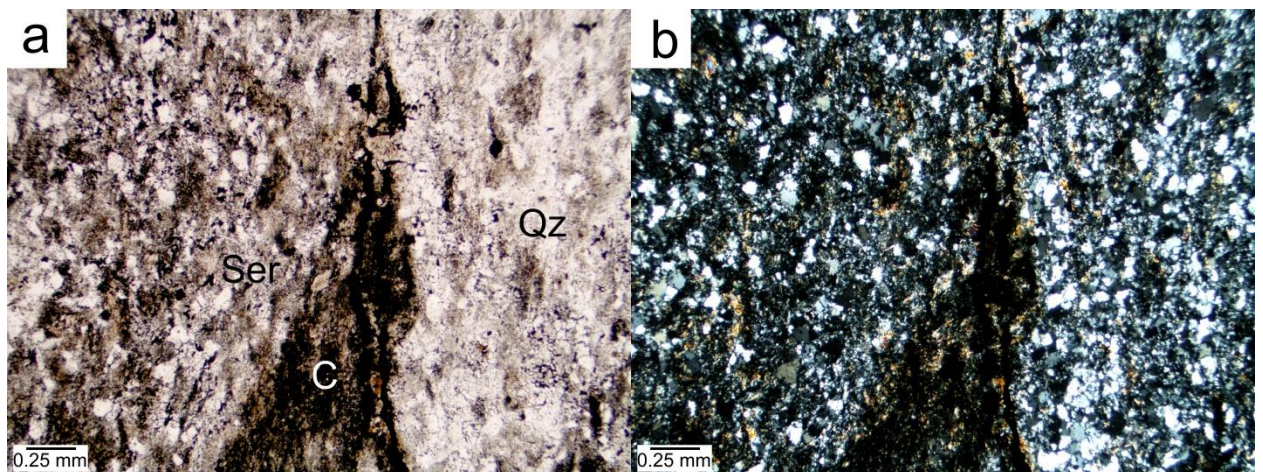
⁴ PPL - ღია, XPL - დახურული ნიკოლები

სერიციტული სუბფაციის პირობებს. რეგიონულად მეტამორფიზებული ქანების მინერალური შედგენილობა მოცემულია ცხრილში 1.

რეგიონული მეტამორფიზმის P-T (წნევა-ტემპერატურული) პირობების დასადგენად გამოყენებულია სხვადასხვა გეოთერმომეტრი და გეობარომეტრი (ცხრილი 2, დანართი 2).



სურ. 5. მეტაქვიშაქვა, ნიმ. 4-13: a) PPL b) XPL



სურ.6. ნახშიროვანი ფილიტი, ნიმ. 8-13: a) PPL b) XPL.

6.2. მეტამორფული ქანების გეოქიმია

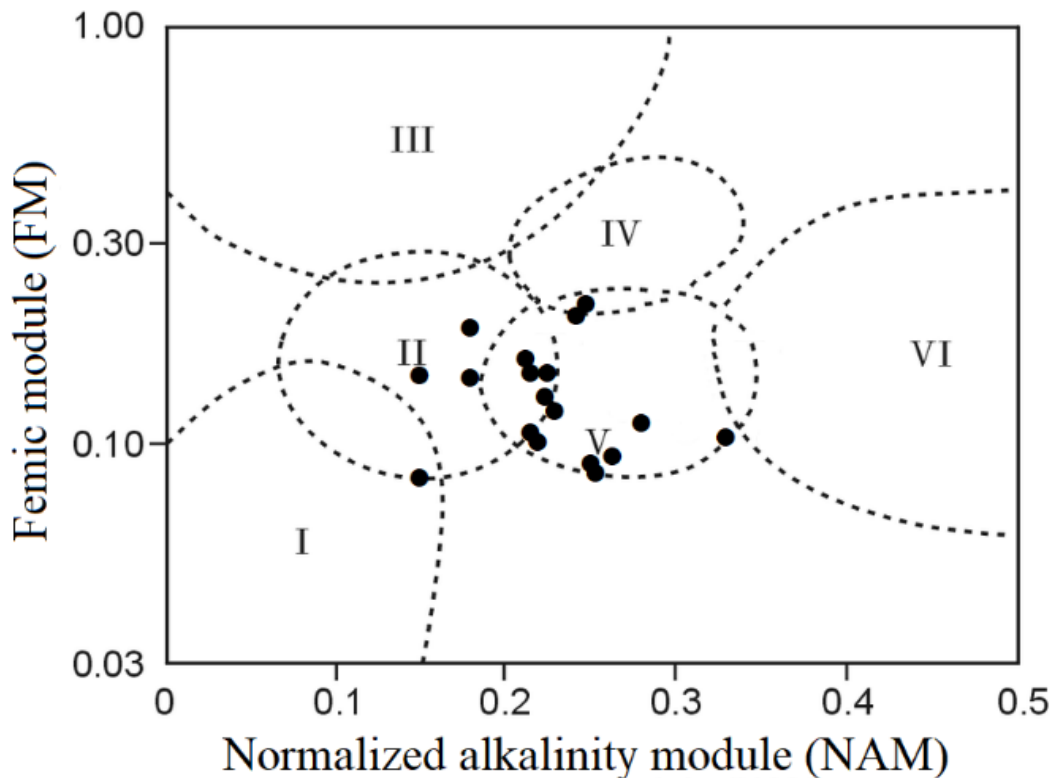
ჩვენს მიერ შესრულებულია დიზის სერიის მეტამორფიტების 30 დამახასიათებელი ნიმუშის გეოქიმიური კვლევა. აღსანიშნავია, რომ დიზის სერიის მეტამორფული ქანების გეოქიმიური კვლევა ადრე არ ჩატარებულა. ანალიტიკური კვლევა მოიცავდა მთავარი, იშვიათი და იშვიათმიწა ელემენტების განსაზღვრას XRF-ის გამოყენებით და, აგრეთვე, XRD და ICP-MS კვლევებს უცხოეთის ლაბორატორიებში (იხ. თავი: ფაქტიური მასალა და კვლევის მეთოდები). მეტამორფიტების დედაქანების დასადგენად და ნალექდაგროვების პირობების რეკონსტრუქციისთვის გამოყენებულ იქნა სხვადასხვა დიაგრამა. მიღებული მონაცემებით, დიზის სერიის მეტამორფიტების პირველად ქანებს კირ-ტუტე შედგენილობის ანდეზიტები და ბაზალტები წარმოადგენდა.

6.2.1. XRD ანალიზი

ანალიზის შედეგად დადგინდა დიზის სერიის დაბალტემპერატურული მეტამორფული ქანების საშუალო შედგენილობა: Qz (75%) – Illt (10-12%) – Fsp (3-5%) – Px (3-5%), Qz (80-85%) – Illt (10%) – Fsp (ნიშნები) და Qz (60-65%) – Illt (5%) – Chl (5%) – Fsp (5%) – Px (10%).

დიზის სერიის თიხური ქანების სისტემატიზაციისთვის, მეტადანალექი ქანების XRF ანალიზის შედეგად მიღებული მონაცემები (დანართი 3) დატანილია ლოგარითმულ-მასშტაბურ მოდულურ დიაგრამაზე (Юдович, Кетрис, 2000) (სურ. 7). ფიგურული წერტილების განაწილება გვიჩვენებს, რომ დიზის სერიის ქანების მთავარი ლითოქიმიური ტიპები მოიცავს V ველს, რაც შეესაბამება ქლორიტი+მონტმორილონიტი+ჰიდროქარსი სტანდარტულ (\pm მონტმორილონიტი-ჰიდროქარსის სერიის შერეულ-შრეებრივი მინერალები და, იშვიათად, ქლორიტი-ჰიდროქარსი) სამმაგ ნარევს. წერტილების უფრო მცირე რაოდენობა განლაგდა II ველის ფარგლებში, სადაც მონტმორილონიტი გაბატონებული თიხური მინერალია, კაოლინიტი იშვიათია, ხოლო ჰიდროქარსი უმნიშვნელო რაოდენობით გვხვდება; წერტილების მნიშვნელოვანი რაოდენობა განლაგებულია ასევე V და II ველის

ურთიერთგადაფარვის არეში. ორი წერტილი მოხვდა IV ველში, რომელიც შეესაბამება ქლორიტი + ჰიდროქარსის სტანდარტულ ბინარულ ნარევს. მხოლოდ ერთი წერტილი მოხვდა I ველში, სადაც კაოლინიტი გაბატონებული თიხური მინერალია. მიღებული მონაცემები არ ეწინააღმდეგება და, ზოგ შემთხვევაში, სრულად ეთანადება ქანების პეტროგრაფიულ აღწერილობებს და XRD ანალიზის მონაცემებს (დანართი 4).



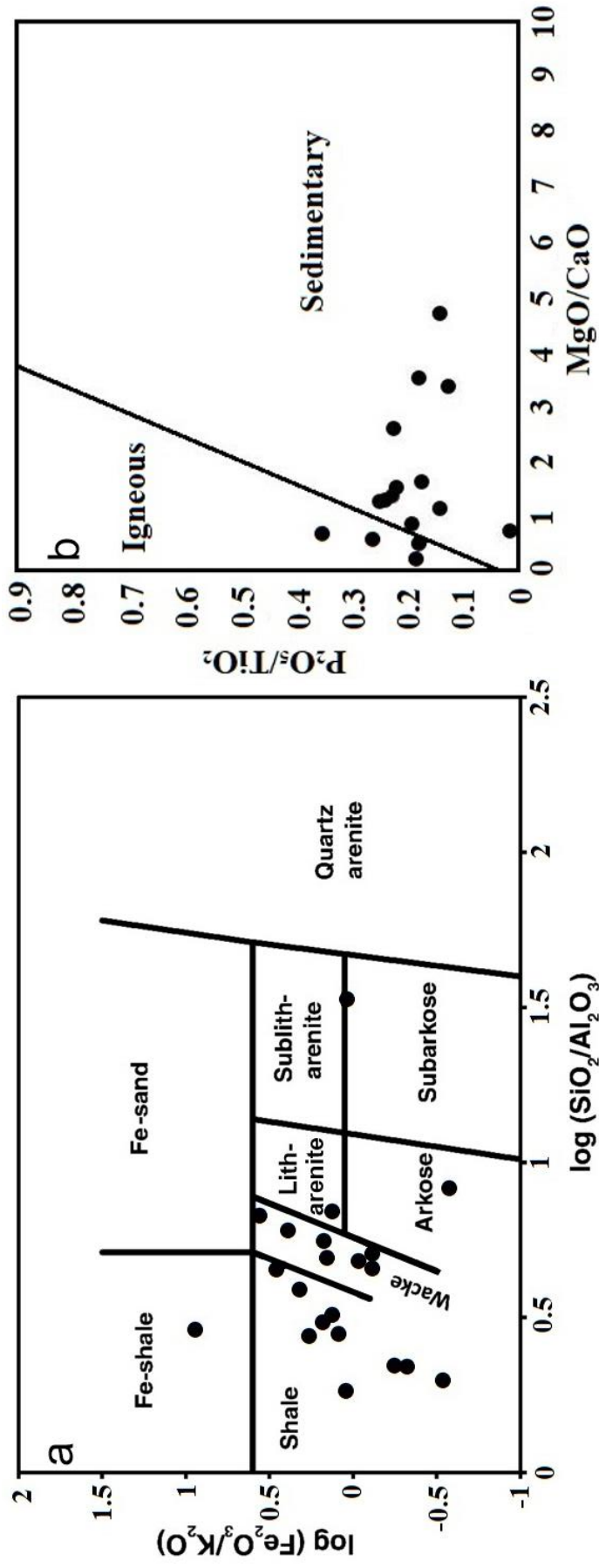
სურ. 7. ლოგარითული მოდულარული სქემა თიხოვანი ქანების სისტემატიზაციისთვის (Юдович, Кетрис, 2000). FM, ფემური მოდული: $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO}) / \text{SiO}_2$; NAM, ნორმული ტუტეანობის მოდული: $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3$. თიხოვანი ქანების ძირითადი ლითოქიმიური ტიპები: I, კაოლინიტი არის გაბატონებული თიხოვანი მინერალი; II, მონმორილონიტი არის გაბატონებული თიხოვანი მინერალი, კაოლინიტი იშვიათია და ჰიდროქარსების რაოდენობა უმნიშვნელოა; III, ქლორიტი გაბატონებული თიხოვანი მინერალია და Fe- ჰიდროქარსები დაქვეითებულ მდგომარეობაშია; IV, სტანდარტული ბინარული ნარევი ქლორიტი + ჰიდროქარსი; V, სტანდარტული სამეულის ნარევი ქლორიტი + მონტმორილონიტი + ჰიდროქარსი (\pm შერეული ფენობრივი მინერალები მონტმორილონიტ – ჰიდროქარსული და იშვიათად ქლორიტ – ჰიდროქარსული სერიის); VI, თიხოვანი ჰიდროქარსების შემცველი ქანები, დიდი რაოდენობის გაფანტული ფელდშპატის ნაწილაკების ნარევით.

6.2.2. XRF ანალიზი

გეოქიმიური კვლევების მიხედვით დიზის სერიის მეტამორფული ქანების პეტროგენულ კომპონენტებს აქვთ შედგენილობის შემდეგი ვარიაციები: SiO_2 – 51,06-67,68 წონ.%, Al_2O_3 – 9,99-26,45 წონ.%, MgO – 0,94-6,32 წონ.%, $\text{FeO}_{\text{ჯამი}}$ – 1,88-8,57 წონ.%, K_2O – 1,36-6,99 წონ.%, TiO_2 – 0,31-1,03 წონ.%, CaO – 0,25-14,16 წონ.%, Na_2O – 0,14-2,42 წონ.% და P_2O_5 – 0,01-0,35 წონ.%.

საწყისი ქანების ლითოლოგიური თავისებურებების დასახასიათებლად, გეოქიმიური მონაცემები (დანართი 3) დატანილია $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ vs. $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ დიაგრამაზე (Herron, 1988) (სურ. 8 a). დიაგრამის მიხედვით დიზის სერიის მეტამორფიტების პირველადი ქანები წარმოდგენილია ძირითადად, ფიქლებით და უფრო მცირე რაოდენობით, ვაკებით. მხოლოდ თითო-თითო წერტილია განლაგებული ფიქლების, ლიტარენიტებისა და არკოზების მაღალრკინიანი სახესხვაობების შესაბამის ველებში. იმის გათვალისწინებით, რომ ამ ქანების საწყისი მასალა შეიძლება ყოფილიყო როგორც დანალექი, ასევე ვულკანური წარმოშობის, საწყისი ქანების შემადგენლობის დასაზუსტებლად გამოყენებულია პეტროგენული თანაფარდობის დიაგრამა – $\text{P}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$ vs MgO/CaO (Werner, 1987) (სურ. 8 b). ამ დიაგრამაზე, წერტილების უმეტესობა გადამუშავებული დანალექი წარმოშობის ქანების ველში მოხვდა, თუმცა, ნიმუშების ნაწილი მაგმური წარმოშობის ველშია განლაგებული.

დიზის სერიის მეტაპელიტები, მათში მიკროკლინისა და ბიოტიტის დიდი რაოდენობით გავრცელების გამო, ისინი ხასიათდება $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ -ის მაღალი შემცველობით (საშ. 3,76 წონ.%); „TAS“ კლასიფიკაციის დიაგრამაზე, რომელიც ასახავს $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ -ს თანაფარდობას SiO_2 -თან (წონ.%) (Le Bas et al., 1986), მეტამორფული ქანების ფიგურული წერტილები ხვდება ბაზალტური ანდეზიტების, ანდეზიტების და დაციტების ველებში და მხოლოდ მცირე რაოდენობა - ბაზალტების ველში (სურ. 9 a). TiO_2 -ის შემცველობა დაბალია, რაც ჩვეულებრივ დამახასიათებელია სუბდუქციის ზონის ვულკანური ქანებისთვის (Raymond, 2002). ტუტე კომპონენტების ჯამი ზოგადად 7%-ზე ნაკლებია, რაც დამახასიათებელია ანდეზიტისთვის (Gill, 1981).

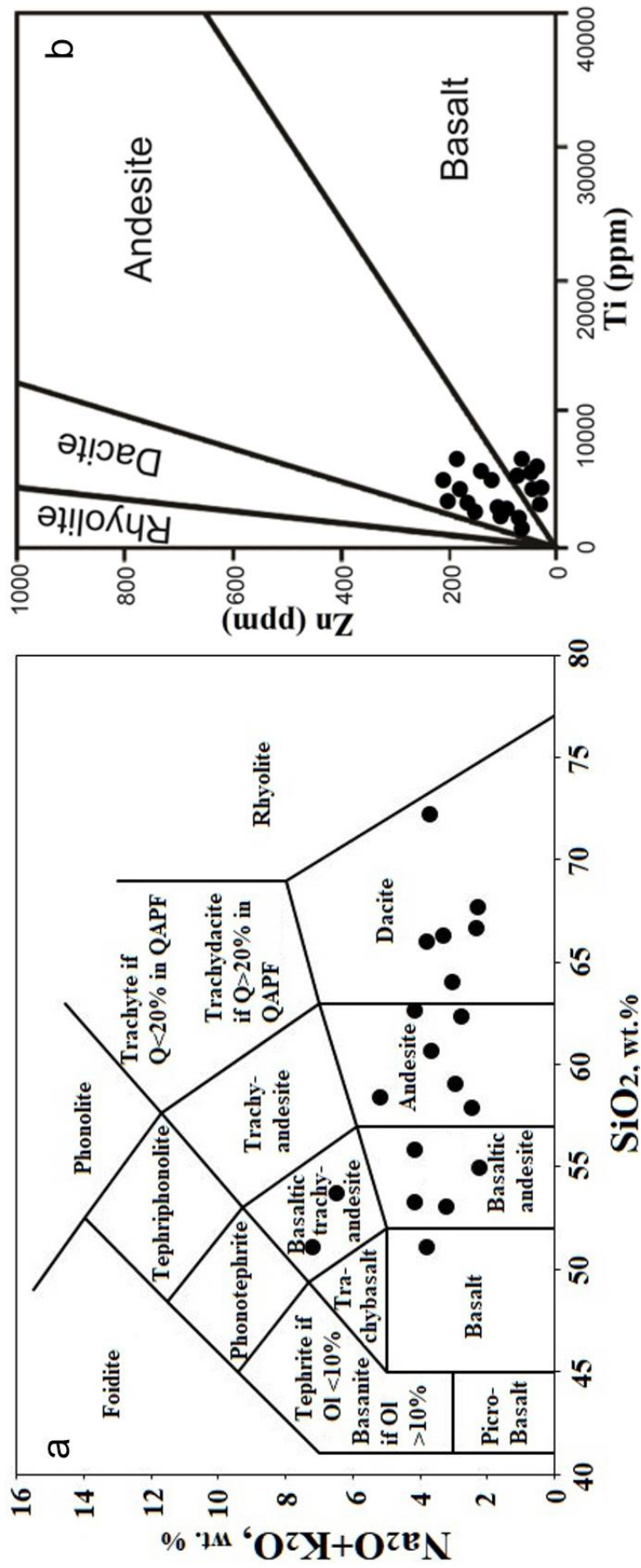


სურ. 8. a) დიფერენციალური $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})/\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ (Herron, 1988); b) დიფერენციალური $\text{P}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2/\text{MgO}/\text{CaO}$ (Werner, 1987).

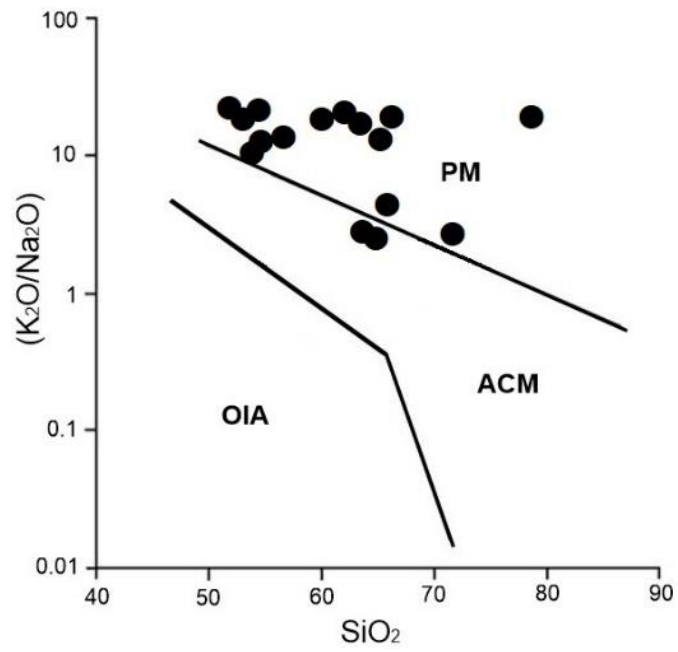
მეტაპელიტები გამდიდრებულია შეუთავსებელი ელემენტებით, როგორცაა Rb (საშ. 109 ppm), Sr (საშ. 140 ppm), Ba (საშ. 387 ppm), Y (საშ. 25,77 ppm), Zr (საშ. 163 ppm), Th (საშ. 12.6 ppm) და U (საშ. 2.2 ppm). თავსებადი ელემენტების საშუალო შემცველობა შემდეგია: Cr – 305.5, Ni – 61.6, Co – 15 ppm. შეინიშნება U, Rb, Ba და K შემცველობის მატება, რაც ასევე დამახასიათებელია ანდეზიტებისთვის (Gill, 1981). Zn/Ti დიაგრამა (Pinto et al., 2004) (სურ. 9 b), რომელზეც დატანილია დიზის სერიის ქანების გეოქიმიური კვლევების მონაცემები, ასევე ადასტურებს მეტაპელიტების ამგები მასალის ანდეზიტურ შედგენილობას, ხოლო მეტაბაზიტის ნიმუშების წერტილების მდებარეობა მიუთითებს საწყისი ქანების ბაზალტურ ბუნებაზე.

ტექტონიკური ინტერპრეტაციისათვის გამოყენებულია ქვიშაქვებისა და არგილიტების ტექტონიკური დისკრიმინაციის დიაგრამა K_2O/Na_2O vs. SiO_2 (Roser, Korsch, 1986) (სურ. 10). მონაცემების თანახმად, წერტილების ძირითადი ნაწილი განლაგდა კონტინენტის პასიური კიდის ველში, რაც ადასტურებს, რომ დიზის სერიის მეტადანალექი ქანების წარმოშობა ხდებოდა პასიური კონტინენტური კიდის პირობებში (Гамкрелидзе, Шенгелиა, 2005).

ლითოლოგიური თავისებურებების მიხედვით, დიზის სერიის მეტამორფიტების საწყის ქანებს წარმოადგენდა ძირითადად ფიქლები, ხოლო ნაკლებად – ვაკები. გეოქიმიური კვლევების თანახმად, დიზის სერიის პირველადი დანალექი ქანების ძირითად მკვებავ მასალას წარმოადგენდა ანდეზიტები და კირ-ტუტე ბაზალტები. პირველადი ქანების ლითოქიმიური ტიპები პასუხობს მონტმორილონიტ-ჰიდროქარსულ და ქლორიტ - ჰიდროქარსულ, იშვიათად მონტმორილონიტის დომინანტური შედგენილობის შერეულ-შრეებრივ ქანებს. ქანების ძირითადი ნაწილი წარმოადგენს პირველადი დანალექი გენეზისის გადამუშავებულ მასალას, და მხოლოდ მცირე ნაწილი – მაგმურ მასალას.



სურ. 9. a) TAS საკლასიფიკაციო დიაგრამა (Le Bas et al., 1986); b) დიაგრამა Zn/Ti (Pinto et al., 2004).



სურ. 10. ქვიშაქვებისა და არგილტების ტექტონოკური დისკრიმინაციის დიაგრამა (Roser, Korsch, 1986). PM – კონტინენტის პასიური კიდე; ACM- კონტინენტის აქტიური კიდე; OIA – ოკეანური კუნძულთა რკალები

6.3. კონტაქტური მეტამორფიზმი

შუაიურული ინტრუზივების ზემოქმედების შედეგად, დიზის სერიის დეფორმირებულმა და რეგიონულად მეტამორფიზებულიმა ქანებმა განიცადა კონტაქტური მეტამორფიზმი (სურ. 11). რომლის ორეოლის მაქსიმალური სიმძლავრე ≈ 350 მ-ია. კონტაქტურად მეტამორფიზებული ქანების ყველაზე კარგი გაშიშვლება გვხვდება ზუგდიდი-მესტიის გზატკეცილის მონაკვეთზე, რომელიც ≈ 5000 მ-ზე გრძელდება ე.წ. პროხოროვის კლდეებიდან მდ. ლუხრამდე (მდ. ენგურის მარჯვენა შენაკადი). ამ ინტერვალში აღინიშნება სხვადასხვა სიმძლავრის ბევრი ინტრუზიული სხეული.



სურ. 11. დიზის სერიის დეფორმირებული და რეგიონულად მეტამორფიზირებული ქანებისა და ინტრუზიული სხეულის კონტაქტი.

შესაბამისად, მათი კონტაქტური ზემოქმედება შემცველ ქანებზეც არათანაბარია. ზოგან შენარჩუნებულია რეგიონულად მეტამორფიზირებული ქანები, რომლებსაც მაგმური ქანების ზეგავლენა საერთოდ არ განუცდია. იშვიათად, მაღალტემპერატურული რქაულები შეიმჩნევა იქ, სადაც ინტრუზიული სხეულები ზედაპირზე საერთოდ არ შიშვლდება, ეს, სავარაუდოდ იმის ნიშანი უნდა იყოს, რომ ინტრუზი-

ული სხეულები აქ ზედაპირთან ახლოს მდებარეობს. აღსანიშნავია, რომ ზოგან, სხვადასხვა ინტრუზიული სხეულის მიერ წარმოქმნილი კონტაქტური მეტამორფიზმის ზონები ურთიერთგადაფარულია, რაც ართულებს მეტამორფულ ზონალობის კარტირებასა და ცალკეული კონტაქტური ზონების სიმძლავრის განსაზღვრას. მრავალი წყვეტილი დისლოკაცია ასევე მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მეტამორფული ზონების პირველადი სურათის დამახინჯებაში.

კონტაქტური მეტამორფიზმის საწყის სტადიაზე, მეტაპელიტებში აღინიშნება ბიოტიტის, ფენგიტური მოლეკულით გადარიბებული მუსკოვიტისა და ოლიგოკლაზ - ანდეზინის რიგის პლაგიოკლაზის გაჩენა; მეტაბაზიტებსა და ამფიბოლიან ფიქლებში რქატყუარის, ბიოტიტისა და კლინოციოზიტის წარმოქმნა, ხოლო კარბონატულ ფიქლებში კი - ვოლასტონიტისა და კლინოციოზიტის გაჩენა (ცხრილი 1).

კონტაქტური მეტამორფიზმის I ზონა ყველაზე უფრო დაშორებულია კონტაქტიდან და მისი სიმძლავრეა 50-150 მ. მასში გამოიყოფა შემდეგი ქანები:

- პირველადი - დანალექი მჟავე შედგენილობის თხელზოლებიანი ქანები, წვრილმარცვლოვანი ზოლების მონაცვლეობით ($Bt_{0.54} + Ms_{1.35+0.89}; 1.75-1.99 + Pl^{0.46(Anz)} + Qz$, ნიმ. 15-13);
- CaO-ით მდიდარი ზოლიანი მაფიტური მეტაგრავაკა ($MgHbl_{0.54} + Bt_{0.51} + Cal + Pl^{0.82} + Qz$, ნიმ. 15-13-1);
- გრაფიტისშემცველი ბიოტიტ - მუსკოვიტ - ანდალუზიტ - ალბიტ - კვარციანი ფიქალი ($Bt + Ms + And + Gr + Ab \pm Qz \pm Chl_{0.56}$, ნიმ. 23-13);
- კალციტ - აქტინოლიტ - კლინოციოზიტისანი ფიქალი ($Cal + Act_{0.52} + Czo$, ნიმ. 45-12);
- მარმარილოს ლინზა მეტაპელიტებში ($Cal + Cpx + Wo + Gr + Qz$, ნიმ. 43-12).

აღსანიშნავია მეტაპელიტებში გრანატის არარსებობა. I ზონის ქანებს შენარჩუნებული აქვს მათი პირველადი სტრუქტურულ-ტექსტურული მახასიათებლები.

კონტაქტური მეტამორფიზმის II ზონის სიმძლავრეა 40-150 მ. ამ ზონაში მასალის გადაკრისტალების დონე, წინასთან შედარებით, მატულობს. როგორც წესი, პირველადი მინერალების რელიქტები აღარ შეინიშნება, თუმცა მათი სტრუქტურული მახასიათებლები ჯერ კიდევ შენარჩუნებულია; ამ ზონაში მეტაპელიტებში ჩნდება კორდიერიტი და კორუნდი, მეტაბაზიტებში და ასევე ამფიბოლურ და

კარბონატ-სილიკატურ ფიქლებში ფართოდაა გავრცელებული სკაპოლიტი და კლინოპიროქსენი.

ცხრილი 1. მინერალების პროგრესული შეცვლა დიზის სერიის მეტამორფულ ქანებში

ქანები	მინერალები	მეტამორფიზმის ტიპი, ზონები და P-T პირობები			
		რეგიონული	კონტაქტური		
		276-378°C, 1.5-2.3 kbar	I 350-430°C, 0.3-0.8 kbar	II 436-503°C, 0.3-0.8 kbar	III 521-567°C, 0.3-0.8 kbar
მეტაპელიტები	ქლორიტი თეთრი ქარსი ბიოტიტი პლაგიოკლაზი ანდალუზიტი სილიმანიტი კორდიერეტი კალიშპატი კვარცი კორუნდი ტურმალინი	Chl _{0.45-0.48} Ser(Ph) _{2.01+1.00} Ab	Chl _{0.56} Ms _{1.75-1.99} Bt _{0.51-0.54} Pl(Olg, Anz)	Chl _{0.42} Ms _{1.09-1.09} Bt _{0.51-0.58} Pl (Anz) Crd _{0.60}	Ms _{1.28+1.28} Bt _{0.36-0.46} Pl (Anz, Lbr) Fi Crd _{0.48-0.65}
მეტამაზონები, ამფიბოლიანი ფიქლები	აქტინოლიტი რქატყუარა კლინოპიროქსენი ბიოტიტი კუმინგტონიტი პლაგიოკლაზი კლინოფილიტი კალციტი სკაპოლიტი პუმპელიტი პრენიტი	Act _{0.59-0.68} Ab Pmp _{0.53}	MgHbl _{0.54} Bt _{0.51} Pl (Anz)	Act _{0.50-0.63} MgHbl _{0.50} Aug _{0.50} Bt _{0.50} Pl (Anz, Lbr)	Act _{0.70-0.71} MgHbl _{0.66} Aug _{0.48-0.53} Bt _{0.50-0.65} Cum ₆₂₋₆₅ Pl(Lbr, Btw) Czo(FeO _{6.65} wt.%)
კარბონატ-სილიკატური ფიქლები, კირქვები	კალციტი აქტინოლიტი რქატყუარა კლინოპიროქსენი კლინოფილიტი ბიოტიტი პლაგიოკლაზი გრანატი ვოლასტონიტი დოლომიტი სკაპოლიტი	Ab	Act _{0.52} Pl Anz, Lbr	Act _{0.60} MgHbl _{0.50} Bt _{0.50} Pl Anz, Lbr	MgHbl _{0.56} Cpx _{0.49-0.53} Bt _{0.50} Pl Anz, Lbr, Btw GrtGrs-Adr

მეტაპელიტებისთვის დამახასიათებელი მინერალებია: ანდალუზიტი, ბიოტიტი, პლაგიოკლაზი, კორუნდი, იშვიათად კორდიერეტი, მუსკოვიტი და ქლორიტი. გრანატი არ აღინიშნება, მაგრამ ფართოდ გვხვდება გრანატის ასოციაციის ალტერნატივა – ქლორიტი + კვარცი + მაგნეტიტი. CaO - ით მდიდარი ქანები შედგება რქატყუარის, აქტინოლიტის, კლინოპიროქსენის, ეპიდოტის ჯგუფის მინერალების,

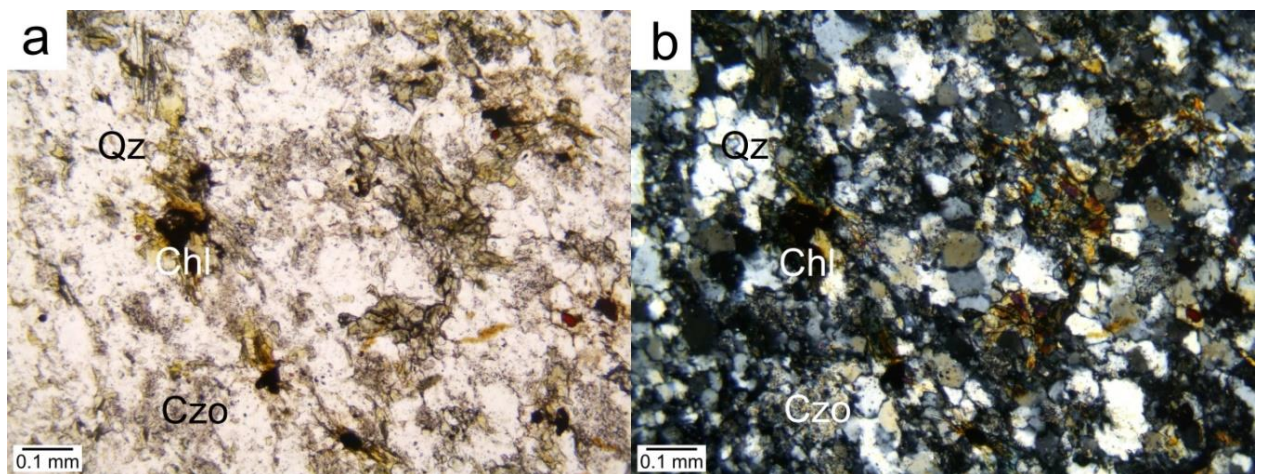
პლაგიოკლასისა და ბიოტიტისგან, ხოლო კვარცი, სკაპოლიტი და კალციტი იშვიათი მინერალებია.

II ზონის მეტაპელიტების დამახასიათებელი მინერალური ასოციაციაა (ნიმ. 50-12) $And + Bt_{0.51-0.58} + Crd_{0.60} + Chl_{0.42} + Ms_{1.09} + 1.09 + Pl^{0.34-0.35} + Mag + (Crn \pm Qz)$. ეს არის პორფირობლასტური ფიქალი, რომელშიც აღინიშნება მცირე რაოდენობის ქლორიტი, ანდალუზიტის დიდი კრისტალები (რომელიც ზოგჯერ რადიალურ - ბოჭკოვან აგრეგატებს ქმნის), ბიოტიტის ქერცლები და Na-ით გაღარიბებული მუსკოვიტის წვრილჩანართებიანი კორდიერიტი.

ნიმ. 60-13 მეტადანალექი თხელზოლებიანი ქანი, სადაც აღინიშნება $Bt + Ms + Crn$ და $Bt + Ms \pm Qz$, $Act + Pl + Qz$ და $Qz + Cal$ მორიგეობა.

ნიმ. 75-13 ($Bt + Ms + Crn + Chl \pm Qz$) – კორუნდის შემცველი ორქარსიან-ქლორიტიანი მეტაპელიტია. მასში არის Ca - მოზაიკური ტექსტურისა და ჰეტეროგენული სტრუქტურის მქონე სილიკატური ქანის ზოლები – ნიმ. 75-13-1 ($Cpx_{0.50} + Hbl + Act_{0.50-0.63} + Czo + Pl^{0.41;0.56;0.77} + Bt_{0.50} \pm Qz$) – (სურ. 12 a, b).

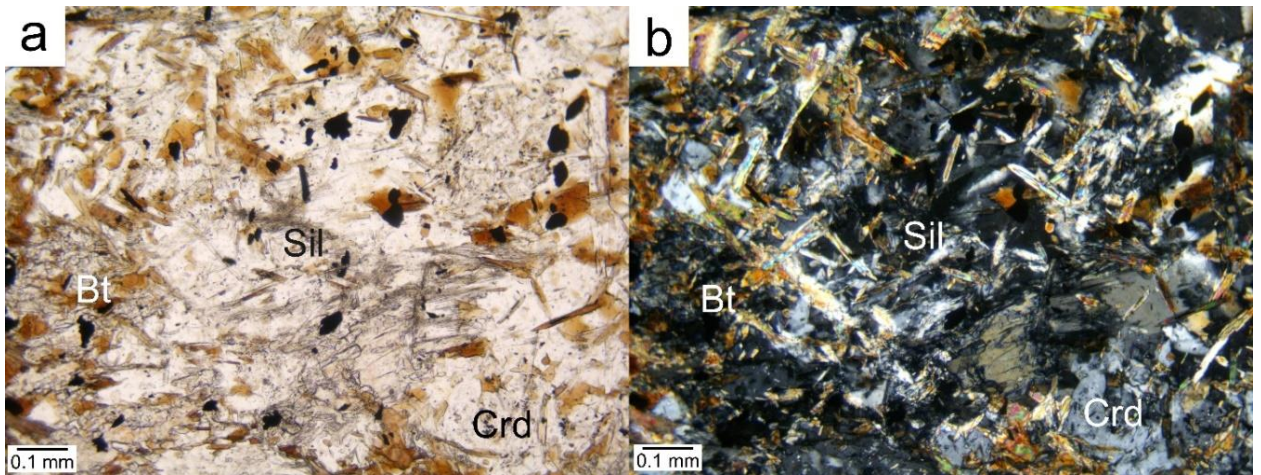
ნიმ. 60-13-1 ($Act + MgHbl + Pl \pm Qz$) წარმოადგენს მეტასედიმენტულ წვრილზოლებიან ქანს, $Bt + Ms \pm Qz$, $Act + Pl + Qz$ და $Qz + Cal$ ზოლების მონაცვლეობით. ნიმ. 50-12-1 ($Cpx + MgHbl_{0.50} + Bt_{0.50} + Act + Scp + Cal$) არის CaO მდიდარი ქანი, წონასწორული კლინოპიროქსენით, მაგნეზიური რქატყუარით, აქტინოლიტით და სკაპოლიტით (ცხრილი 1, დანართი 1).



სურ.12. კორუნდის შემცველი ორქარსიან-ქლორიტიანი მეტაპელიტი ნიმ. 75-13: a) PPL b) XPL

ინტრუზიულ სხეულებთან კიდევ უფრო ახლოს, უშუალო კონტაქტში, კონტაქტიდან ≈ 10 მ-მდე დაცილებით, და აგრეთვე ქსენოლითებში ფიქსირდება

ქანების ყველაზე მაღალტემპერატურული მინერალური პარაგენეზისები, რომელიც მიეკუთვნება III ზონას. მეტაპელიტებში, ძირითადი ცვლილებებია ქლორიტის გაქრობა და ფიბროლიტის წარმოქმნა (სურ. 13 a, b), ხოლო მეტაბაზიტებში ჩნდება კუმინგტონიტი. კარბონატ - სილიკატურ ფიქლებში ჩნდება გრანატი, ხოლო აქტინოლიტი და კლინოცოზიტი კი - ქრება. ასევე, არ გვხვდება მაღალტემპერატურული ამფიბოლები - პარგასიტი და ჰასტინგსიტი.



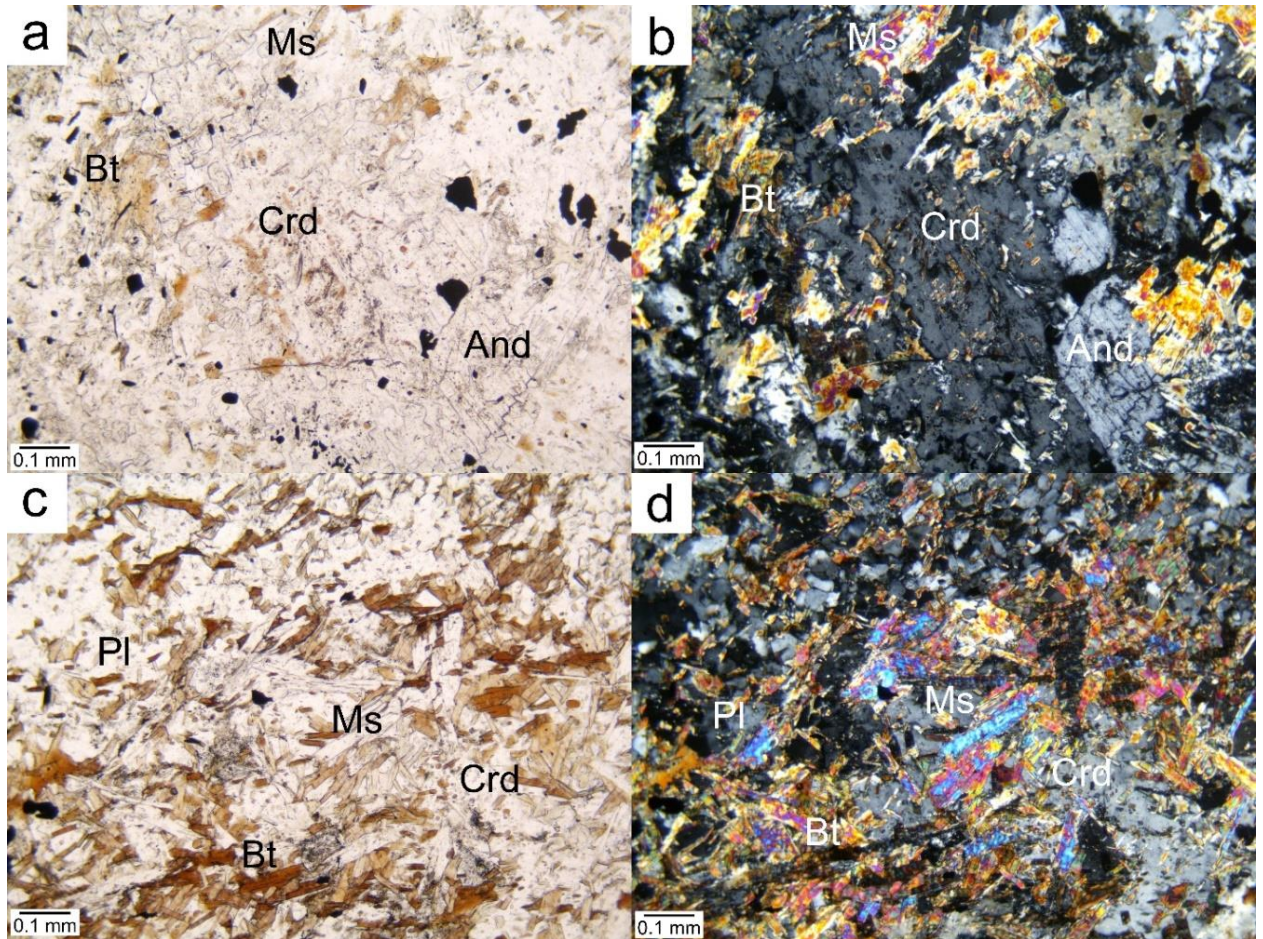
სურ. 13. ბიოტიტის ხარჯზე წარმოქმნილი ფიბროლიტი, ნიმ. 94-12: a - PPL და b - XPL

III ზონის კონტაქტურ მეტამორფულ ქანებში გამოვლენილია შემდეგი მინერალური ასოციაციები:

მეტაპელიტებში - ნიმ. 94-12: $\text{And}(\rightarrow\text{Fi}) + \text{Bt}_{0.36} + \text{Crd}_{0.48} + \text{Ms}(0.90+0.38, 1.02+0.44) \pm \text{Pl} + \text{Qz}$ (სურ. 14 a, b); ნიმ. 119-12: $\text{And} + \text{Bt}_{0.46} + \text{Crd}_{0.64-0.65} + \text{Ms}(1.01+0.96, 1.28+1.28) \pm \text{Pl} + \text{Qz}$ (სურ. 14 c, d); ნიმ. 91-12: $\text{And} + \text{Bt}_{0.36-0.40} + \text{Crd}_{0.48-0.50} + \text{Ms} \pm \text{Pl} + \text{Qz} + \text{Ilm}$;
 კალციუმიან-სილიკატურ რქაულებში - ნიმ. 62-12: $\text{MgHb}_{0.56-0.66} + \text{Aug}_{0.49-0.53} + \text{Bt}_{0.50} + \text{Czo}(\text{FeO}6.65 \text{ წონ.}\%) + \text{Scp} + \text{Grt}_{\text{Grs-Adr}} + \text{Pl}^{0.36;0.47;0.54}$.

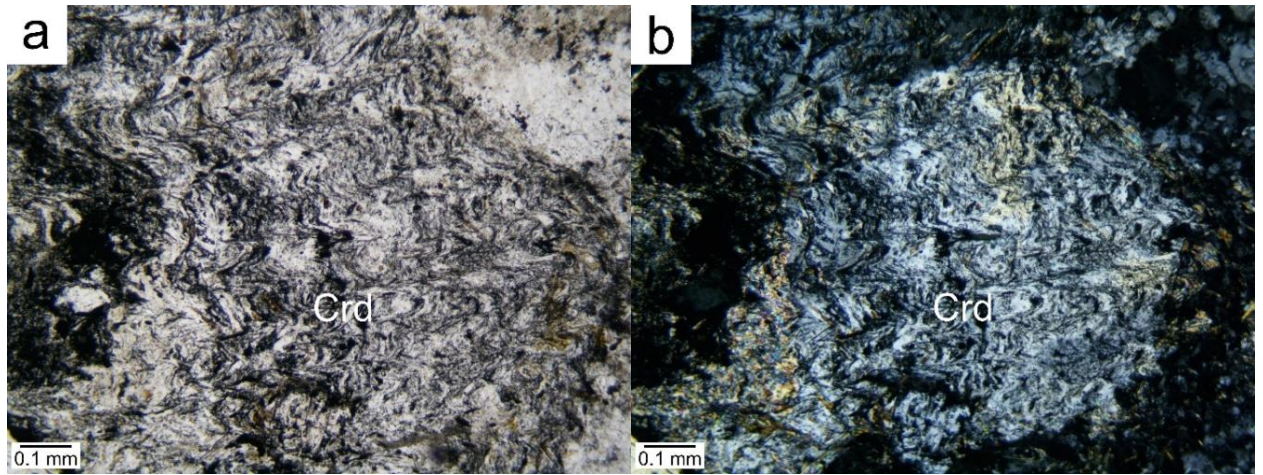
მეტაპელიტებში ანდალუზიტი და კორდიერიტი წარმოდგენილია მსხვილი პორფირობლასტებით რომლებშიც შეინიშნება - ბიოტიტის, კვარცის, გრაფიტის, გაუმჭვირვალე მინერალებისა და მუსკოვიტის წვრილი (1-5 მმ) ქერცლების ჩანართები. აღსანიშნავია ზოგიერთი განსხვავება ბიოტიტისა და კორდიერიტის მაგნეზიალურობაში, რაც, სავარაუდოდ, გამოწვეულია პირველად ქანებში Mg-ის შემცველობის რაოდენობის სხვაობით. კორდიერიტი ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული მინერალია დიზის სერიის მაღალტემპერატურული რქაულების ასოციაციებში. ზოგჯერ, მისი რაოდენობა აჭარბებს ქანის მოცულობის 50%-ს.

კორდიერიტს ახასიათებს პოლისინთეზური და სექტორული დამრჩობლვა. ზოგან კორდიერიტში შეიმჩნევა ჰელიციტური სტრუქტურა, რაც გამოწვეულია პლიკაციის შემდეგ კორდიერიტის წარმოქმნით (სურ. 15 a, b). ამ ქანებისთვის დამახასიათებელ მინერალს წარმოადგენს ასევე ანდალუზიტი; იგი ქმნის იშვიათ პორფირობლასტებს, რომელთა ზომა რამდენიმე მილიმეტრია.



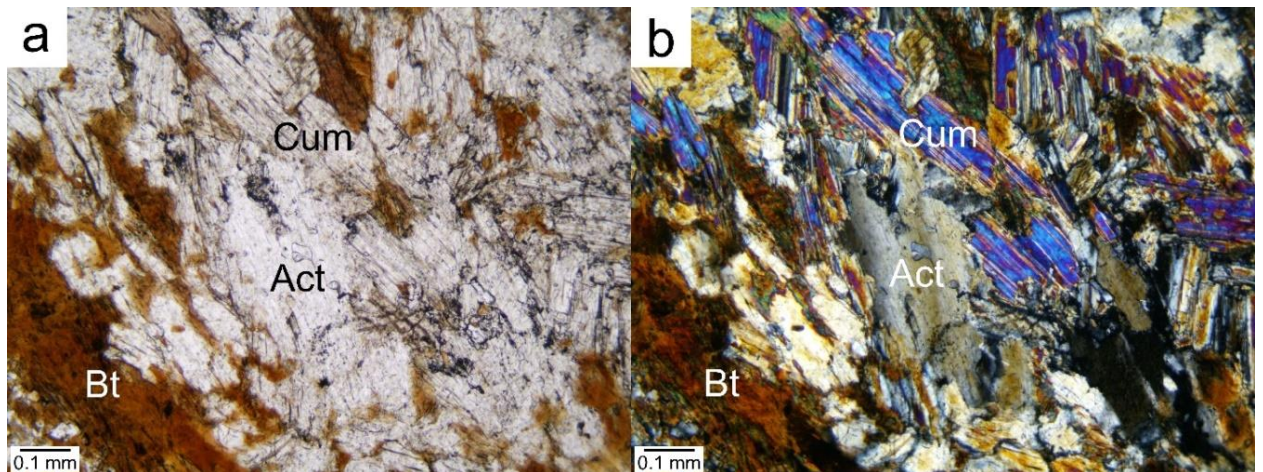
სურ. 14. მესამე ზონის წონასწორული მინერალური პარაგენეზისი რქაულაში: a, c – PPL და b, d – XPL.

ბიოტიტი ძირითადად გვხვდება მცირე თანაბარი ზომის ქერცლების სახით. მისი მაგნეზიალობა 0.36-0.50 დიაპაზონშია. მეტაპელიტების და Ca-ით მდიდარი ქანების ბიოტიტებში TiO_2 -ის შემცველობა დიდ ინტერვალში მერყეობს. მუსკოვიტი, ბიოტიტისგან განსხვავებით, გაცილებით მცირე რაოდენობით გვხვდება. ფენგიტის კომპონენტი მაღალტემპერატურულ მუსკოვიტებში უფრო დაბალია, ვიდრე კონტაქტური მეტამორფიზმის დაბალტემპერატურულ მუსკოვიტებში. ყოველივე ეს მიუთითებს, რომ კონტაქტურად მეტამორფიზებული ქანების ტემპერატურა კონტაქტთან მიახლოებისას იზრდება.



სურ. 15. ჰელიციტური სტრუქტურა კორდიერიტში: a) PPL, b) XPL

სიენიტ-დიორიტში (ნომ. 11-15-2: $Act_{0.70-0.71} + Cum_{0.65} + Bt_{0.65} + Pl^{0.49} \pm Qz$, და ნომ. 11-15-3: $MgHbl_{0.66} + Cum_{0.62-0.65} + Bt_{0.64} \pm Pl$) ქსენოლითები წარმოდგენილია ამფიბოლიტებით, სადაც კუმინგტონიტი გაბატონებული მინერალია. უნდა აღვნიშნოთ, რომ ეს უკანასკნელი გვხვდება მხოლოდ მელანოკრატულ მაღალტემპერატურულ ამფიბოლიტებში. კუმინგტონიტი ასოციაციაშია მაგნეზიურ რქატყუარასთან, აქტინოლიტთან, ბიოტიტთან და კალციუმთან პლაგიოკლაზთან (სურ. 16 a, b).

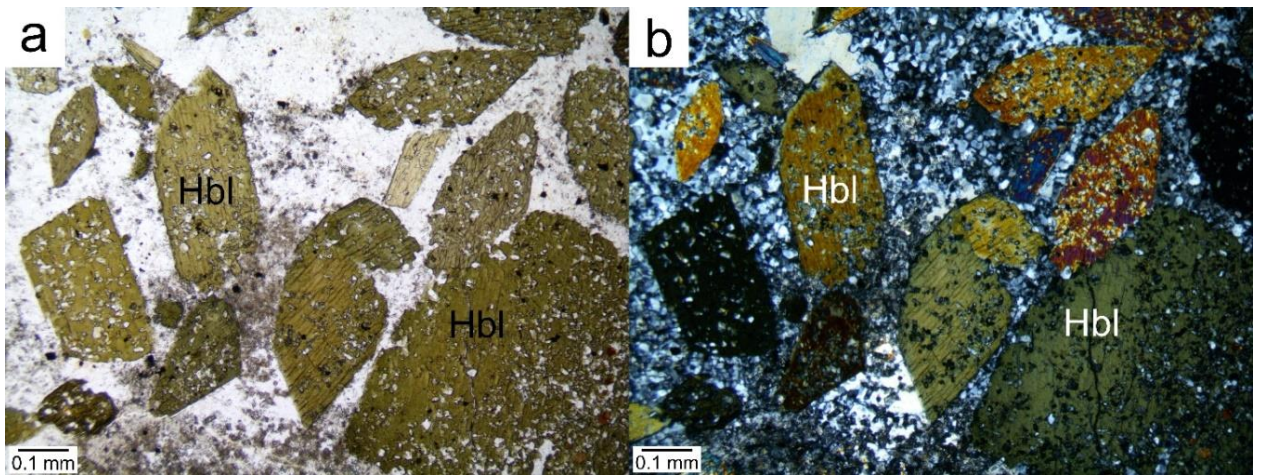


სურ. 16. კუმინგტონიტი ასოციაციაში აქტინოლიტთან, ბიოტიტთან და ფუქე პლაგიოკლაზთან: a) PPL, b) XPL

III ზონაში აქტინოლიტი იშვიათი მინერალია და გვხვდება მხოლოდ კუმინგტონიტთან და კალციუმთან პლაგიოკლაზთან ასოციაციაში. აქტინოლიტს ახასიათებს პროგრადული ზონალობა: მარცვლების ცენტრიდან კიდეების მიმართულებით Al-ის შემცველობა და X_{Mg} მნიშვნელობა იზრდება (0.72 – 0.75). განსაკუთრებით

აღსანიშნავია CaO-ით მდიდარი ქანების ბიოტიტებში TiO_2 - ის მაღალი შემცველობა (დანართი 1), ნიმუშები 62-12; 11-15-2). პლაგიოკლაზის შედგენილობა ცვალებადობს ანორთიტიდან - ლაბრადორამდე; ზონალობა არ შეინიშნება; მადნეული მინერალებია პიროტინი და პენტლანდიტი.

მძლავრი ინტრუზივების უშუალო კონტაქტში კალციუმიან-სილიკატურ რქაულებში (ნიმ. 62-12: გრანატ - სკაპოლიტ - კლინოციოზიტ - პიროქსენ - ბიოტიტ - პლაგიოკლაზიანი რქაულა) აღსანიშნავია რქატყუარის იდიომორფული პორფირობლასტები (სურ. 17).



სურ. 17. მწვანე რქატყუარის პორფირობლასტები ქსენოლითში: a) PPL, b) XPL

6.4. გეოთერმომეტრია

დიზის სერიის რეგიონული და კონტაქტური მეტამორფიზმის P-T პირობების დასადგენად, გამოყენებულია სხვადასხვა გეოთერმობარომეტრი რომლებიც ეფუძვნება სხვადასხვა მინერალებისა და ასოციაციების შედგენილობას (სურ. 13, 14, 16, 18). თუმცა, ქანებში გეოთერმომეტრიაში გამოყენებული მინერალების სიმცირის გამო და აგრეთვე, რიგი მინერალის მიკროზონდული მონაცემების არარსებობის გამო, მთელი რიგი თერმობარომეტრი ვერ იქნა გამოყენებული. ვერ იქნა გამოყენებული მინერალ გრანატზე დაფუძნებული გეოთერმომეტრიში ფართოდ გამოყენებადი თერმომეტრები, რადგან დიზის სერიაში გავრცელებულია მხოლოდ გრანატის კალციუმიანი სახესხვაობები.

რეგიონული მეტამორფიზმის ტემპერატურული პირობების დასადგენად ვისარგებლეთ ქლორიტული თერმომეტრებით, რომლებიც გამოიყენება 150-350 °C ტემპერატურის ფარგლებში (ცხრილი 2). რეგიონული მეტამორფიზმის ტემპერატურული პირობები განისაზღვრა როგორც 296-366°C. (Cathelineau, Nieva, 1985; Kranidiotis, McLean, 1987; Cathelineau, 1988; Jowett, 1991; Hillier, Velde, 1991; Zang, Fyfe, 1995).

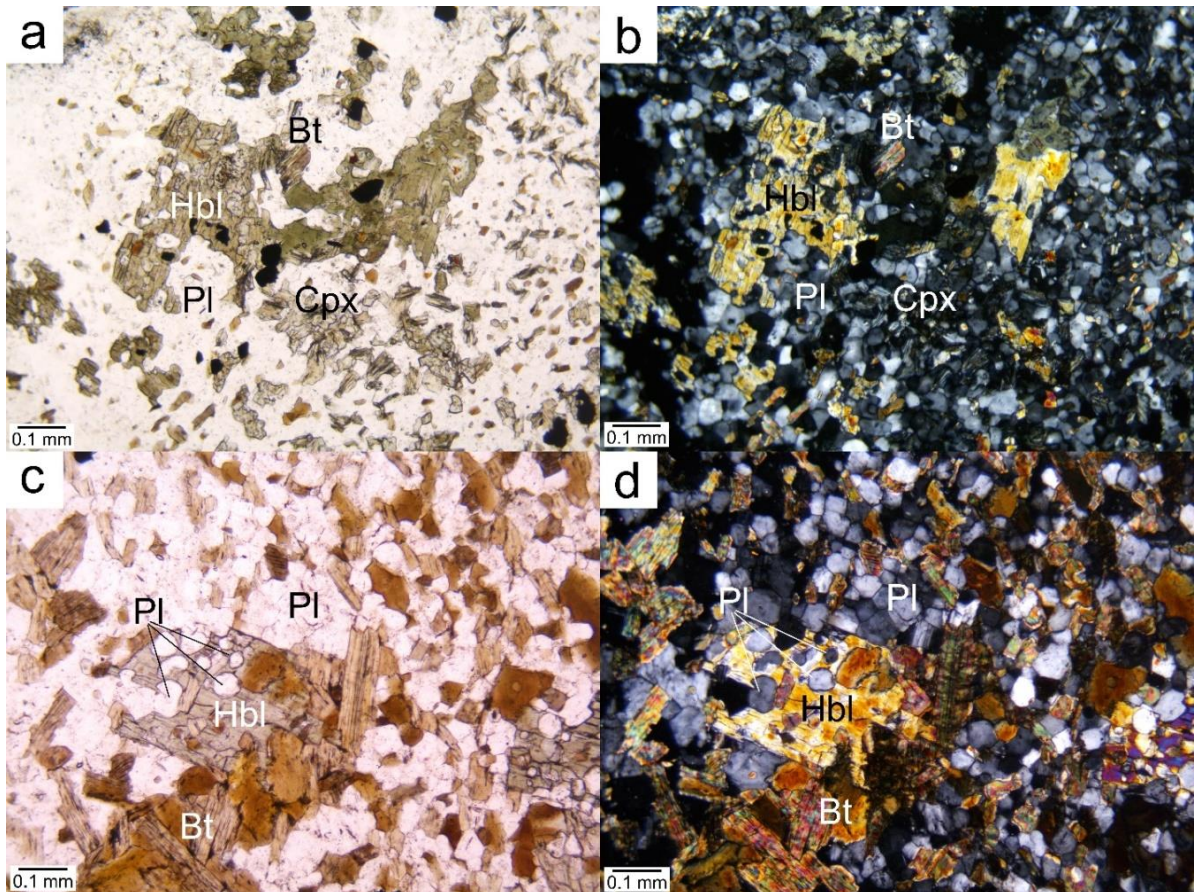
ცხრილი 2. ნაშრომში გამოყენებული ქლორიტული გეოთერმომეტრები

ავტორები	ფორმულა	მეთოდი
Cathelineau, Nieva, 1985	$T(^{\circ}\text{C}) = 212.3\text{Al}^{\text{IV}} + 17.5$ (14)*	Al^{IV}
Kranidiotis, McLean, 1987	$T(^{\circ}\text{C}) = 106(\text{Al}^{\text{IV}} + 0.7X_{\text{Fe}}) + 18$ (28)	$\text{Al}^{\text{IV}}, \text{Fe}, \text{Mg}$
Cathelineau, 1988	$T(^{\circ}\text{C}) = 321.98\text{Al}^{\text{IV}} - 61.92$ (14)	Al^{IV}
Jowett, 1991	$T(^{\circ}\text{C}) = 319(\text{Al}^{\text{IV}} + 0.1X_{\text{Fe}}) - 69$ (14)	$\text{Al}^{\text{IV}}, \text{Fe}, \text{Mg}$
Hillier, Velde, 1991	$T(^{\circ}\text{C}) = 249.56\text{Al}^{\text{IV}} - 320.28$ (28)	Al^{IV}
Zang, Fyfe, 1995	$T(^{\circ}\text{C}) = 106.2(\text{Al}^{\text{IV}} - 0.88[X_{\text{Fe}} - 0.34]) + 17.5$ (28)	$\text{Al}^{\text{IV}}, \text{Fe}, \text{Mg}$

* - $^{14}\text{28}\text{O}$ - ჟანგბადის ანიონები

კონტაქტური მეტამორფიზმის ტემპერატურის განსაზღვრისათვის, ვისარგებლეთ გეოთერმომეტრებით: Hbl-Pl (Holland, Blundy, 1994; Jaques et al., 1982; Spear, 1981), Bt-Hbl (Перчук, Рябчиков, 1976), Bt-Cpx (Перчук, Рябчиков, 1976), Hbl-Cpx (Перчук, Рябчиков, 1976), Crd-Bt (Лаврентьева, Перчук, 1981) და Ti Ms-ში (Wu, Chen, 2015).

აღნიშნული თერმომეტრების მონაცემების მიხედვით, კონტაქტური მეტამორფიზმის II ზონის ტემპერატურული ინტერვალი 436-503 °C ფარგლებშია, ხოლო III ზონის - 526-585 °C. კირარის ინტრუზივის ქსენოლითში, რომელიც მიეკუთვნება III ზონას, Hbl-Pl თერმომეტრის (Spear, 1981) გამოყენებით მიღებულია ტემპერატურის მაქსიმალური მაჩვენებელი – 620°C. I ზონის ტემპერატურა კი, რეგიონული მეტამორფიზმის ზედა ზღვარსა და კონტაქტური მეტამორფიზმის II ზონის ქვედა ზღვარის ფარგლებშია ($\approx 360-440^{\circ}\text{C}$). მეტამორფიზმის ფაციესებისა და სუბფაციესების Pst დიაგრამაზე (Кориковский, 1979), ჩვენს მიერ დატანილია დიზის სერიის რეგიონული და კონტაქტური მეტამორფიზმის დაბალი და საშუალო ტემპერატურის ველები (სურ. 19) (Javakhishvili et al. 2021).



სურ.18. მესამე ზონის წანასწორული მინერალური პარაგენეზისი რქაულაში: a, c – PPL და b, d – XPL

6.5. მაგმატიზმი

კირარი-აბაკურის მაგმური კომპლექსი კავკასიონის ჩხალთა-ლაილის ზონის ლაილის ქვეზონაში, სვანეთის ანტიკლინორიუმის ფარგლებში შიშვლდება (Гамкрелидзе, 2000). ეს უკანასკნელი დიზის სერიის სუსტად მეტამორფიზებული დევონურ-ტრიასული ქანებითაა აგებული.

კომპლექსში გაერთიანებული კირარისა და აბაკურის მსხვილი პოლიფაზური ინტრუზივები და სოფ. დიზის მიდამოების ინტრუზივები, ასევე 1-100 მ სიმძლავრის მრავალდიცხოვანი პატარა სხეული. აბაკურის ინტრუზივი (3 კმ²) შეჭრილია დიზის სერიის ზედა ნაწილში და შიშვლდება 1.8 კმ მანძილზე მდ.მდ. ენგურისა და ხუმფრერის წყალგამყოფი ქედის გასწვრივ. ინტრუზივი სამხრეთისკენ სუსტად გადახრილი შტოკისებრი სხეულია. კირარის ინტრუზივის შტოკისებრი სხეული (5.5 კმ²) კვეთს დიზის სერიის ყველაზე ქვედა წყებას, მდ.მდ. ნაკრასა და ნენსკრას წყალგამყოფის ტერიტორიაზე. სოფ. დიზის მიდამოებში, მდინარეების ენგურის, ხუმფრერისა და ლუხრას ხეობებში გამიშვლებულია 6-10 მაგმური სხეული, საერთო ფართობით 1.5 კმ².

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ინტრუზიული მაგმატიზმი კავკასიაში მეზოზოურ ხანაში ყველაზე ინტენსიური იყო შუაიურულსა და გვიანცარცულში. კავკასიონის სამხრეთ ფერდობის ზონაში შუაიურული მაგმატიზმის მრავალი წარმონაქმნი გვხვდება (Дудаური, Тогоნიძე, 2016). დიზის სერიის ქანებში ბაიოსის ბოლოს შემოიჭრა გაბროული მდნარები, შემდეგ კი, ბათურში – მჟავე მდნარები.

მიუხედავად დიზის სერიის კარგად შესწავლილი მაგმატიზმისა, გეოქიმიის საკითხები ნაკლებადაა შესწავლილი. წინამდებარე ნაშრომის ერთ-ერთი მიზანი იყო დეტალური გეოქიმიური კვლევების ჩატარება, რაც რიგი საკითხის გარკვევის საშუალებას მოგვცემდა. ეს კი რეგიონის გეოდინამიკური ევოლუციის ზოგიერთი ასპექტის დაზუსტების მცდელობა იქნებოდა.

კირარი-აბაკურის და სოფ. დიზის მიდამოების ინტრუზივების გეოლოგიური, პეტროგრაფიული, მინერალოგიური და ქიმიური დახასიათება მოცემულია მ. ფავორსკაიას (Фаворская, 1947) სტატიაში. ავტორის მონაცემებით, ამ ინტრუზივების ჩამოყალიბება მჭირდოდ იყო დაკავშირებული სვანეთის ანტიკლინის ფორმირებასთან და მიმდინარეობდა მისი ნაწილოვრივი გადარეცხვის შემდეგ. ამ

მონაცემებით იგი დიზის სერიაში განვითარებულ ინტრუზივებს ზედალიასურის შემდგომად მიიჩნევს.

ჯერ კიდევ არ არის მიღწეული კონსენსუსი რეგიონის გეოდინამიკური პირობების შესახებ (Saintot et al., 2006, McCann et al., 2010). არსებობს ვარაუდი, რომ შუაიურული ვულკანიზმი კავკასიაში არის რკალსუკანა სპრედინგის შედეგი ამიერ-კავკასიის ტერიტორიის სამხრეთით, მცირე კავკასიონის სუბდუქციის ზონის მიდამოებში, ან კავკასიონზე ბაიოსური რკალური ვულკანიზმის შედეგი, გამოწვეული ფილის გამარჩხებით დაძირვის პროცესში.

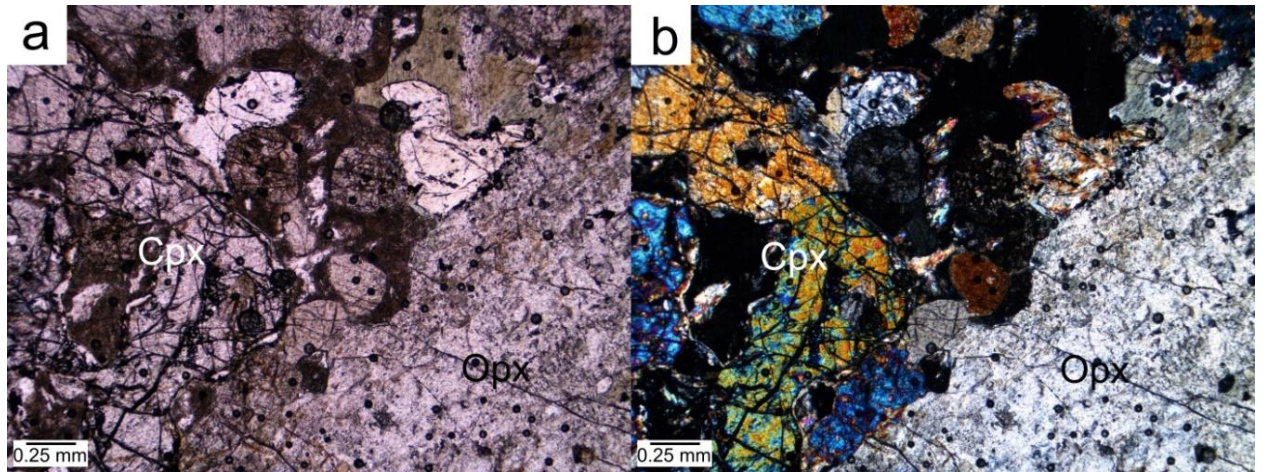
6.6. მაგმური ქანების პეტროგრაფია

კირარი-აბაკურის მაგმური კომპლექსი ძირითადად წარმოდგენილია შემდეგი ქანებით: პიროქსენიტი, გაბრო, ანორთოზიტი, დიორიტი, სიენიტი, მონცონიტი, გრანიტი, დიორიტ-პორფირიტი, მიკრო-გაბრო, გრანიტ-აპლიტი. ქვემოთ მოტანილია მათი მიკროსკოპული დახასიათება:

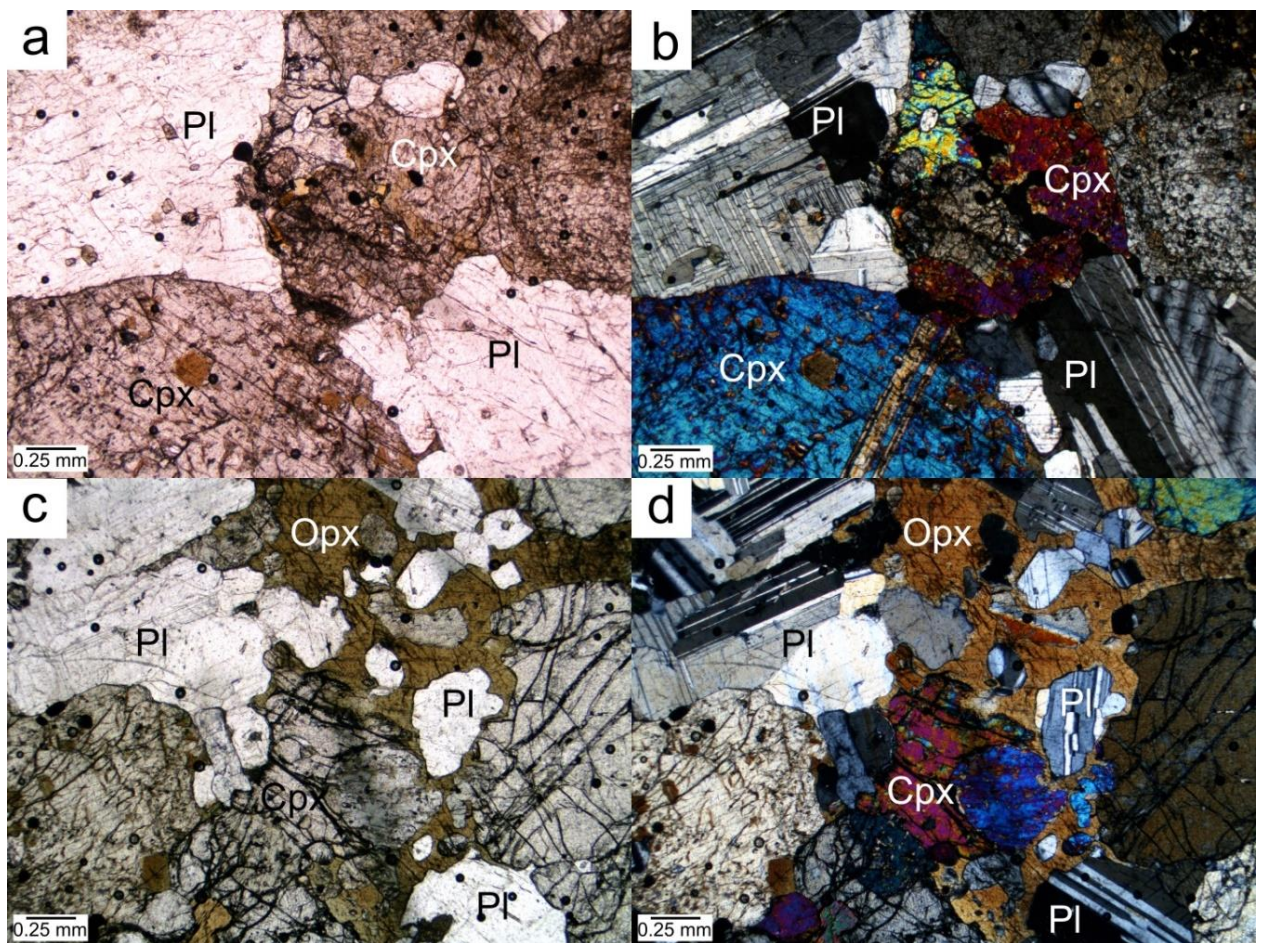
პიროქსენიტი (სურ. 20 a, b) ძირითადად გავრცელებულია აბაკურის ინტრუზივის ფარგლებში, კირარის ინტრუზივში კი მათი გავრცელება საკმაოდ შეზღუდულია. პიროქსენიტების სტრუქტურა პანიდიომორფულმარცვლოვანი, იშვიათად ჰიპიდომორფულია. მთავარი ქანმაშენი მინერალებია რომბული (1,5მმ-მდე) და მონოკლინური (5მმ-მდე) პიროქსენი, ამფიბოლი, ბიოტიტი (2-3მმ), ოლივინი და პლაგიოკლაზი; აქცესორებიდან ყველაზე მეტი რაოდენობით გვხვდება მადნეული მინერალი; სფენი და აპატიტი ძალიან იშვიათია. მთავარი ქანმაშენი მინერალების შემცველობის მიხედვით აღინიშნება – რქატყუარიანი, ოლივინიანი და შერეული შედგენილობის პიროქსენიტები.

გაბრო (სურ. 21 a, b, c, d) განვითარებულია აბაკურის და კირარის ინტრუზივებში. მისი ქსენოლითები იშვიათად შეინიშნება მდ. ლუხრას და სოფ. დიზის მიდამოების ინტრუზივებშიც. ქანისთვის დამახასიათებელია გაბროული, იშვიათად პორფირისებრი სტრუქტურა. ძირითადი ქანმაშენი მინერალებია: პლაგიოკლაზი, მონოკლინური და რომბული პიროქსენი, ამფიბოლი, ოლივინი და ბიოტიტი.

აქცესორები წარმოდგენილია აპატიტით და მადნეული მინერალებით. მინერალური შედგენილობით გამოირჩევა უოლივინო და ოლივინიანი გაბრო და გაბრო-ნორიტები. გაბრო-ნორიტებში გვხვდება – რქატყუარიანი, იშვიათად რქატყუარიან-ბიოტიტიანი სახეობები.



სურ. 20. პიროქსენიტი: a) PPL, b) XPL



სურ.21. გაბრო: a) PPL, b) XPL

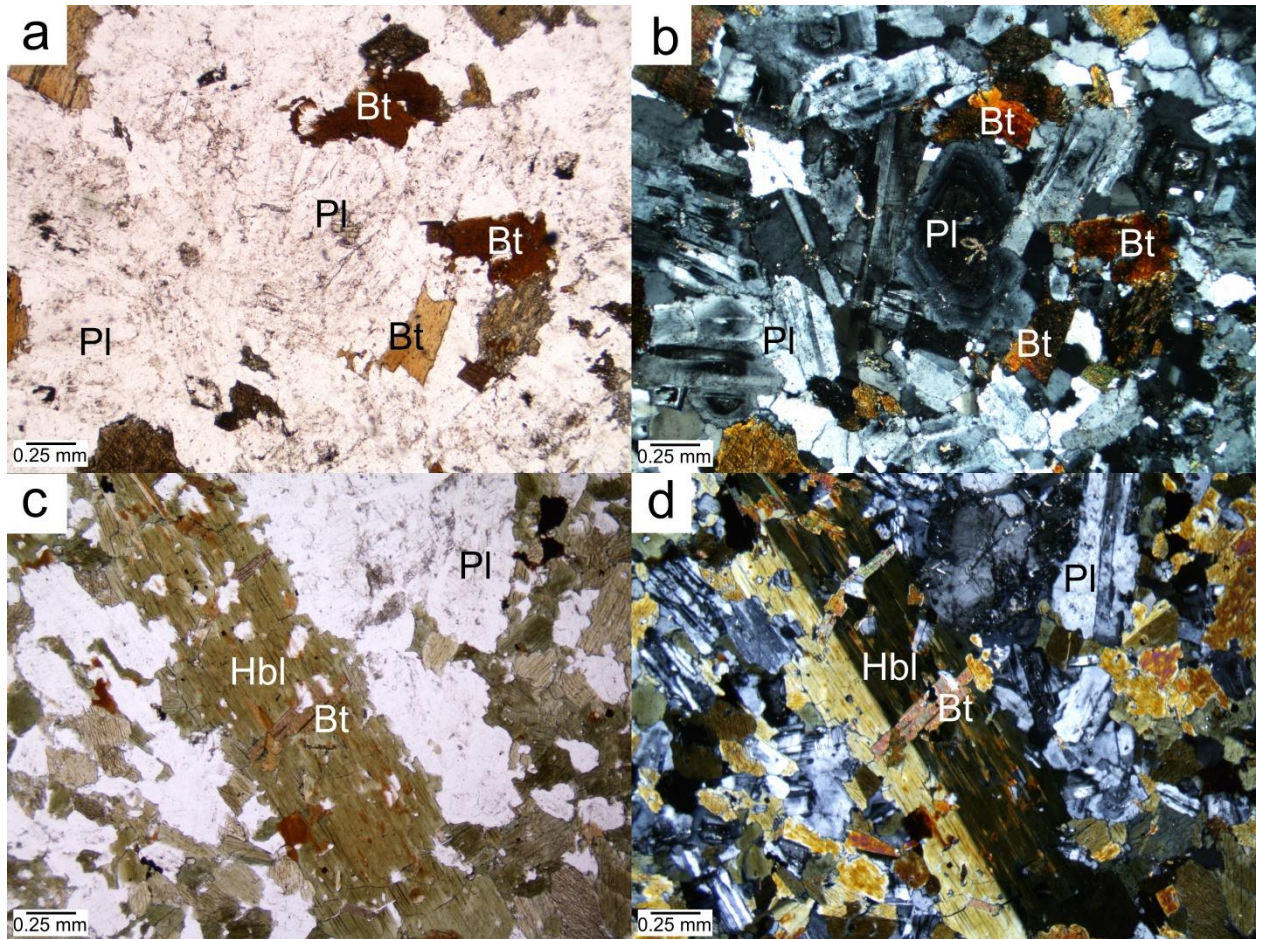
ანორთოზიტი დაფიქსირებულია აბაკურის ინტრუზივში, მისი 5-12 სმ სიმძლავრის მარღვები კვეთს პიროქსენიტებს. მარღვები თეთრი ფერისაა, საშუალო ან მსხვილ-მარცვლოვანი პორფირისებრი ან პანიდიომორფულმარცვლოვანი სტრუქტურით, ფენოკრისტალები წარმოდგენილია ლაბრადორ-ბიტოვნიტის რიგის პლაგიოკლაზით, პიროქსენით და ამფიბოლით; აქცესორული მინერალებია – აპატიტი და მადნეული მინერალი.

დიორიტები (სურ. 22 a, b, c, d) გვხვდება კირარის ინტრუზივის ცენტრალურ ნაწილში, სოფ. დიზის მიდამოებში და ასევე აბაკურის ინტრუზივის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში. კირარის ინტრუზივში განვითარებულია როგორც პირველადი - მაგმური დიორიტები, ასევე ჰიბრიდულიც. სტრუქტურა ჰიპიდომორფულმარცვლოვანი ან პორფირისებრია ჰიპიდომორფულმარცვლოვანი ძირითადი მასით. ქანმაშენი მინერალებია – პლაგიოკლაზი (1-4 მმ), რქატყუარა (0.5 – 1 მმ), ბიოტიტი, კვარცი, იშვიათად კალიუმის მინდვრის შპატი; აქცესორებია - აპატიტი, სფენი, მადნეული მინერალი, იშვიათად გვხვდება ცირკონი და ორთიტი. მინერალური შედგენილობით დიორიტში გამოიყოფა რქატყუარიანი და რქატყუარიან-ბიოტიტიანი სახესხვაობები.

სიენიტი ფართოდ გავრცელებული ქანია სოფ. დიზის მიდამოებში, ასევე გვხვდება კირარის ინტრუზივში და აბაკურის ინტრუზივის დასავლეთ ნაწილში. მისი სტრუქტურა ჰიპიდომორფულმარცვლოვანი, იშვიათად პორფირისებრია. სიენიტებში ზოგჯერ აღინიშნება მონცონიტური სტრუქტურის უბნები. ქანმაშენი მინერალებია: პლაგიოკლაზი (1.5 მმ), კალიუმის მინდვრის შპატი (0.5 - 3 მმ), რქატყუარა (0.5 - 2.5 მმ), ბიოტიტი, კვარცი. აქცესორებია – აპატიტი, სფენი, მადნეული მინერალი, ცირკონი, ორთიტი. მინერალური შედგენილობის მიდევნებით, დიორიტულ ქანებში შესაძლებელია რქატყუარიანი და ბიოტიტიანი სახესხვაობების გამოყოფა.

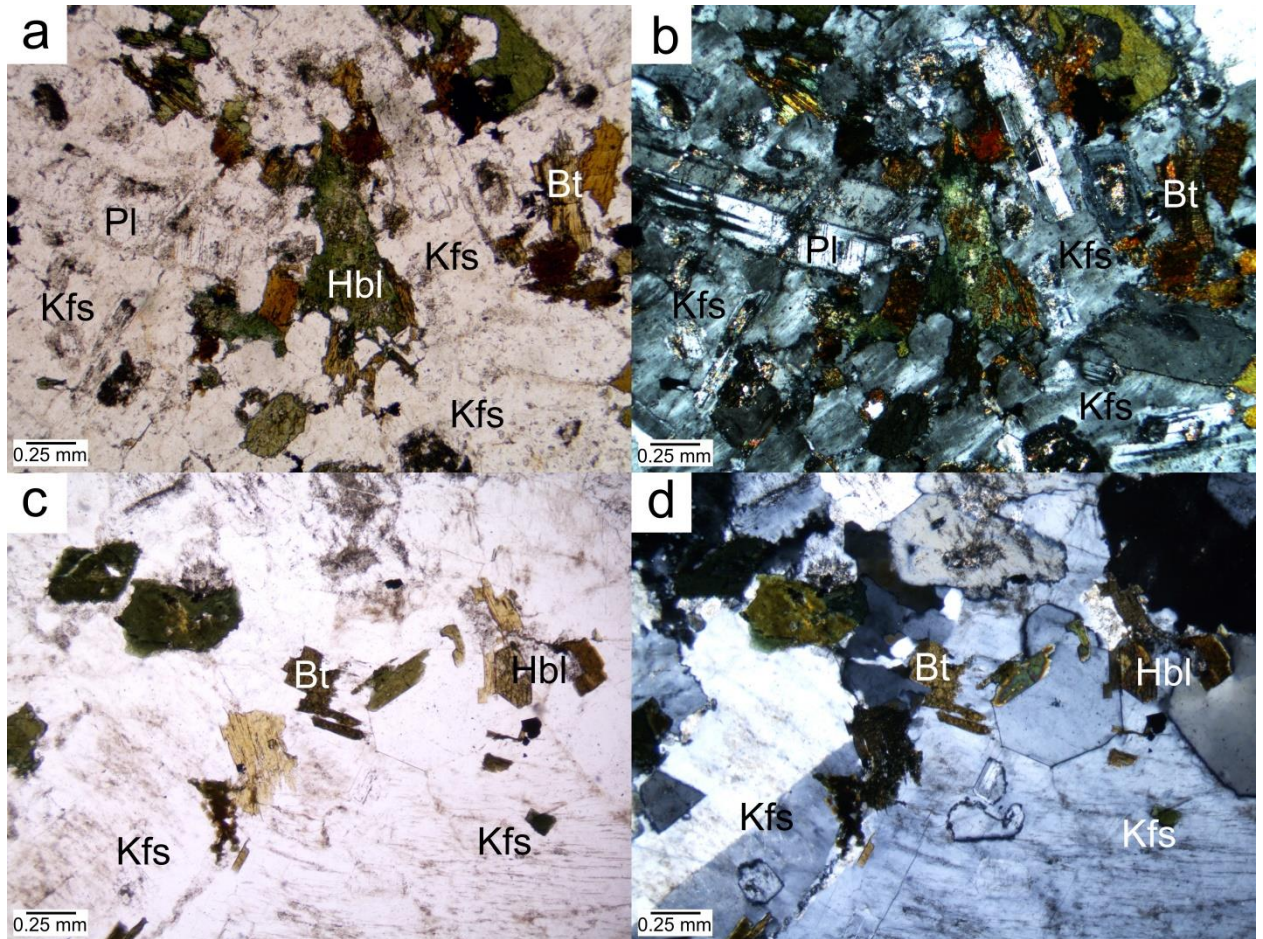
მონცონიტი (სურ. 23 a, b, c, d) საკმაოდ გავრცელებული ქანია სოფ. დიზის მიდამოებში, ხოლო კირარის და აბაკურის ინტრუზივებში თითქმის არ აღინიშნება. იგი წარმოდგენილია საკუთრივ მონცონიტით და კვარციანი მონცონიტით. გვხვდება პეგმატოიდური სახესხვაობებიც. სტრუქტურა, ძირითადად მონცონიტურია, იშვიათად - ჰიპიდომორფულმარცვლოვანი ძირითადი მასით. ქანმაშენი მინერალებია: კალიუმის მინდვრის შპატი (2 - 5 მმ), პლაგიოკლაზი (0.5 - 2.5 მმ),

რქატყუარა (0.5 - 3 მმ), ბიოტიტი (1 მმ-მდე), იშვიათად გვხვდება კვარციც-აქცესორებია – აპატიტი, სფენი, მადნეული მინერალი, იშვიათად გვხვდება ორტიტი და ცირკონი.

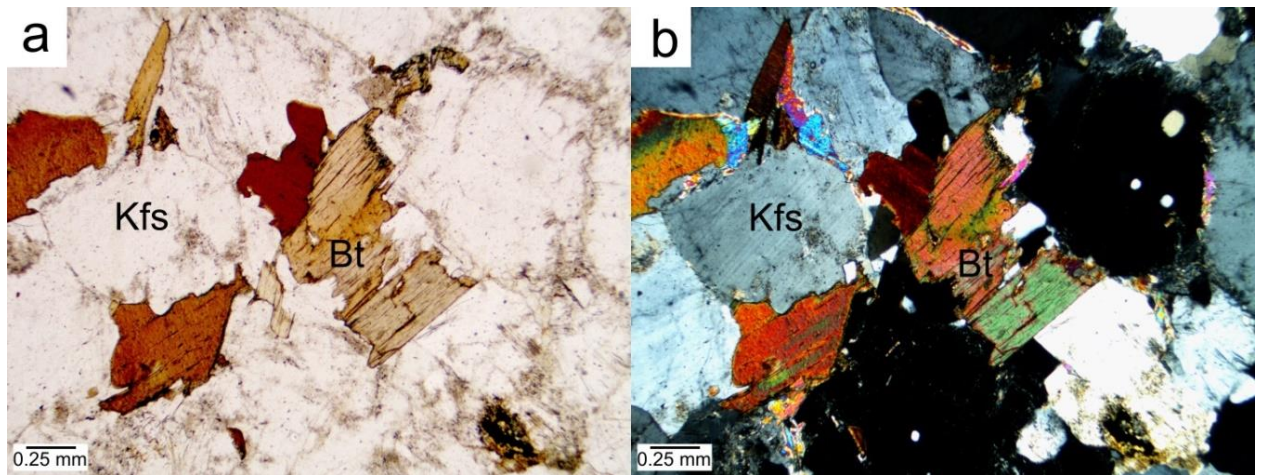


სურ. 22. დიორიტი a) PPL, b) XPL

გრანიტი (სურ. 24 a, b) ფართოდ გავრცელებულია მხოლოდ კირარის ინტრუზივის აღმოსავლეთ ნაწილში, სადაც იგი შიშვლდება ≈ 2 კმ² შტოკისებრი სხეულის სახით. მცირე რაოდენობით გრანიტები გვხვდება ასევე, დიზის მიდამოების ინტრუზივებში. ქანის სტრუქტურა პორფირისებრია, გრანიტული ძირითადი მასით. ქანმაშენი მინერალები წარმოდგენილია კალიუმის მინდვსირ შპატი (3 სმ-მდე), პლაგიოკლაზით (0.5 - 2.2 მმ), კვარცით (0.5 მმ-მდე), რქატყუარით (0.7-0.8 მმ) და ბიოტიტით (0.5 მმ-მდე). აქცესორული მინერალებია – აპატიტი, სფენი, ორტიტი, ცირკონი და მადნეული მინერალი.



სურ. 23. მონცონიტი: a) PPL, b) XPL

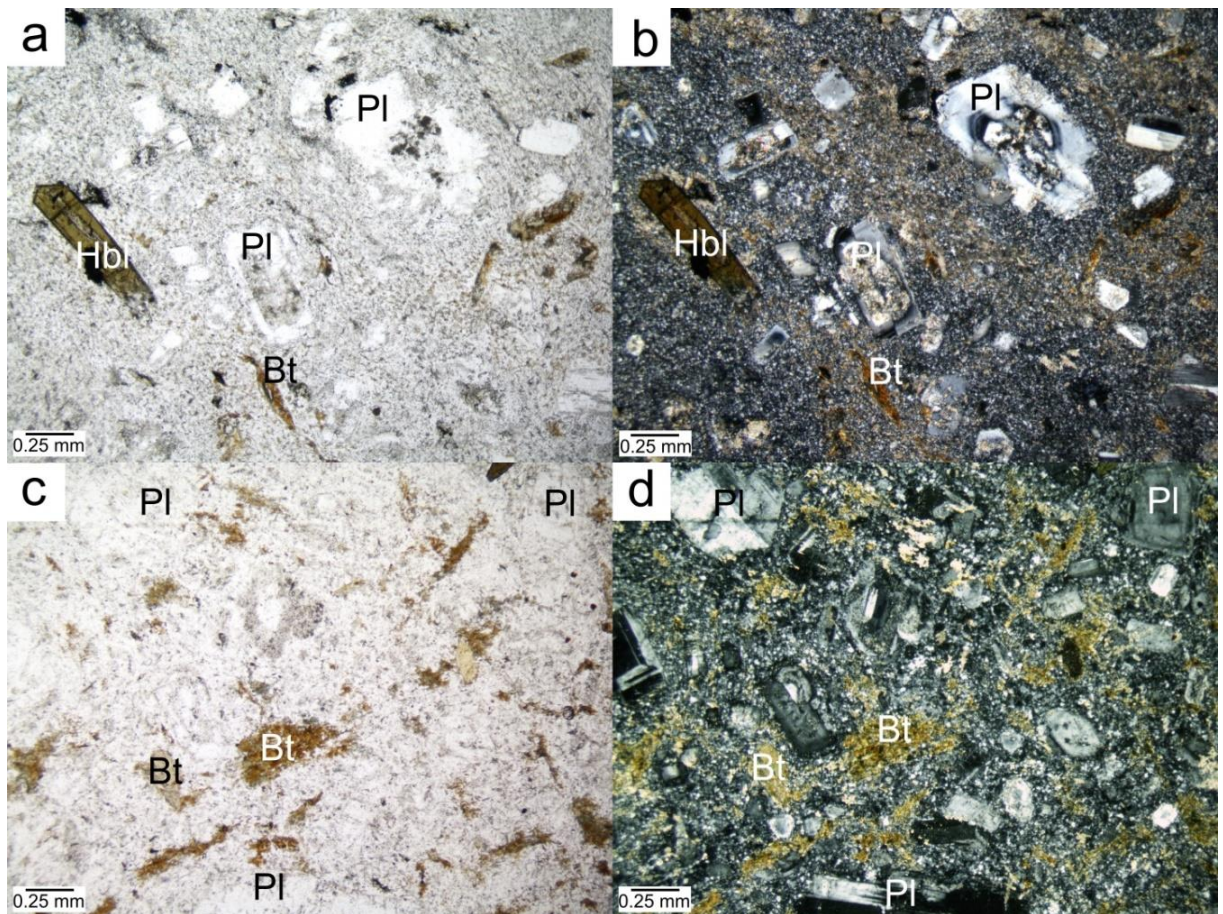


სურ. 24. გრანიტი: a) PPL, b) XPL

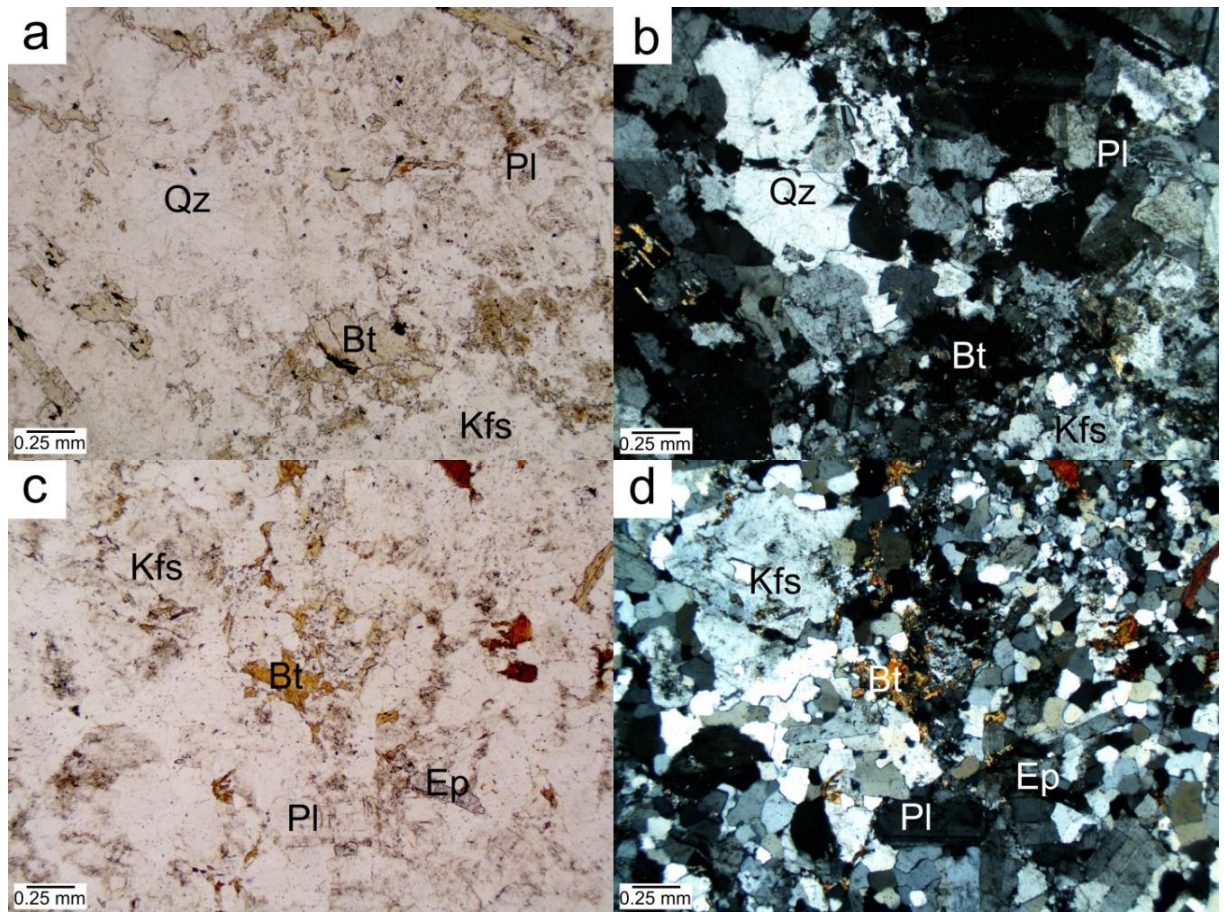
დიორიტ - პორფირიტის (სურ. 25 a, b, c, d) ძარღვების სიმძლავრე რამდენიმე სანტიმეტრიდან ორ მეტრამდეა. მისი სტრუქტურა პორფირულია სადაც პორფირული გამონაყოფები წარმოდგენილია პლაგიოკლაზით, მწვანე რქატყუარით (0.3-2 მმ), იშვიათად ბიოტიტით. რქატყუარა და ბიოტიტი იშვიათად ქლორიტიზებულია. ამავე მინერალებისგან შედგება ძირითადი მასაც. იშვიათად შეინიშნება კვარცი. აქცესორებია – ცირკონი და აპატიტი, იშვიათად მადნეული მინერალებიც.

მიკროგაბროს (მიკრონორიტის) 30 სმ-იანი ძარღვი შიშვლდება კირარის ინტრუზივის ჩრდილო ნაწილში ეს არის პორფირისებრი სტრუქტურის ქანი სადაც პორფირული გამონაყოფები წარმოდგენილია რომბული პიროქსენის (0.3 - 1 მმ) და რქატყუარის კრისტალებით, ხოლო ძირითადი მასა შედგება პლაგიოკლაზის (0.2 მმ-მდე) ქსენომორფული მარცვლებისაგან; მცირე რაოდენობით გვხვდება ბიოტიტიც. აქცესორული მინერალებია – აპატიტი და მადნეული მინერალი.

გრანიტ-აპლიტი (სურ. 26 a, b, c, d) ფართო გავრცელებით სარგებლობს კირარის და სოფ. დიზის მიდამოების ინტრუზივებში. სტრუქტურა – აპლიტური, ალოტრიომორფულმარცვლოვანი იშვიათად პორფირისებრია. მთავარი მინერალებია - კალიუმის მინდვრის შპატი (0.5 - 1.5 მმ), პლაგიოკლაზი (0.5 - 2.5 მმ) და კვარცი (0.2 - 1 მმ). ქანში იშვიათია მეორეული მინერალები – ეპიდოტი და გაქლორიტებული ბიოტიტის ქერცლები. აქცესორული მინერალებია – ორთიტი, აპატიტი, ცირკონი და მადნეული მინერალი.



სურ. 25. დიორიტ-პორფირიტი: a) PPL, b) XPL



სურ. 26. გრანიტ-აპლიტი: a) PPL, b) XPL

6.7. მაგმური ქანების გეოქიმია

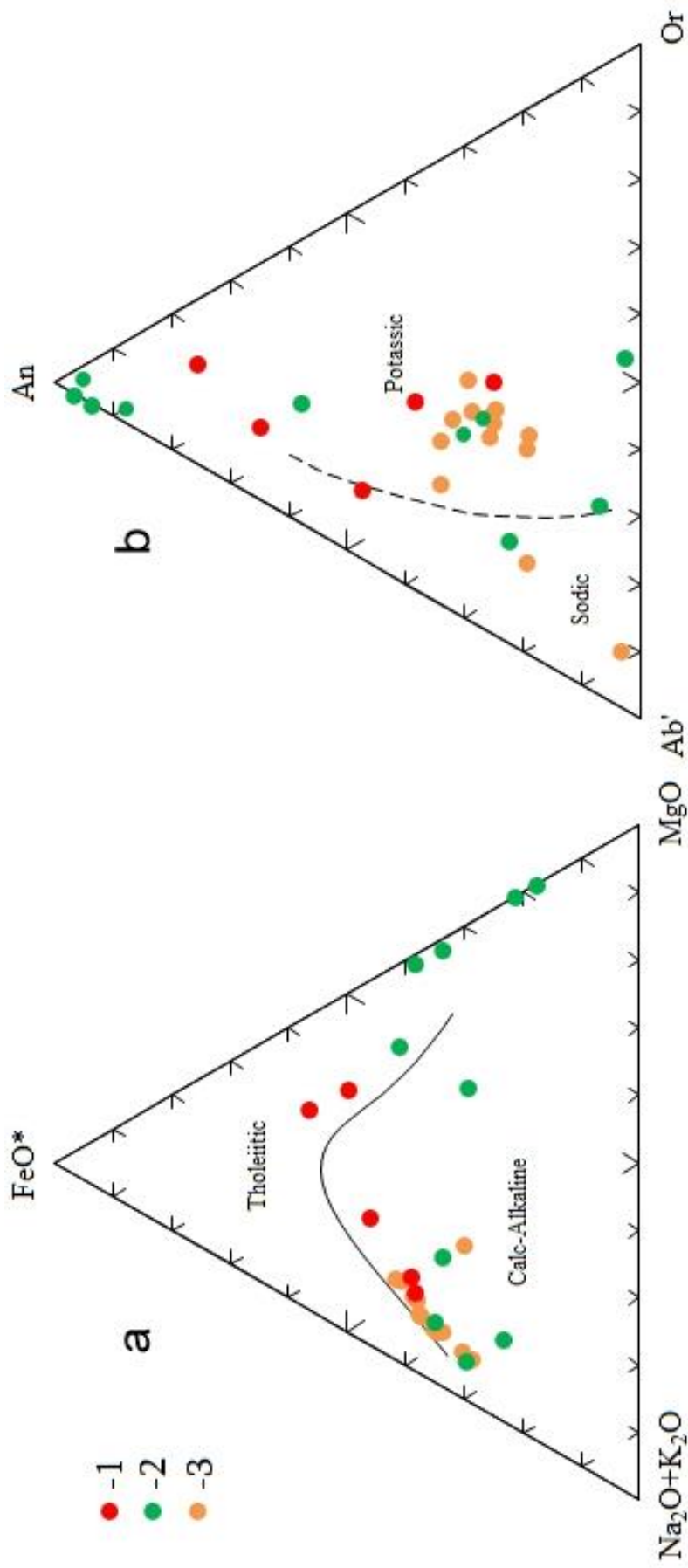
ჩვენს მიერ შესრულებულია დიზის სერიიში შეჭრილი კირარი-აბაკურის მაგმური კომპლექსის ქანების 30 სახასიათო ნიმუშის გეოქიმიური კვლევა. კომპლექსის შედგენილობისა, პეტროგენული მოდელის და ტექტონიკური გარემოს რეკონსტრუქციისთვის გამოყენებულ იქნა სხვადასხვა დიაგრამა.

კირარ-აბაკურის მაგმური კომპლექსის ქანების შედგენილობა შემდეგია (წონ.%): SiO_2 – 41.34-64.63 %; TiO_2 – 0.02-1.15 %; Al_2O_3 – 0.84-22.23 %; $\text{FeO}_{\text{ჯამი}}$ – 3.17-11.6 %; MnO – 0.03-0.22 %; MgO – 0.67-42.8 %; CaO – 0.4-12.94 %; Na_2O – 0.01-6.25 %; K_2O – 0.01-4.39 %; P_2O_5 – 0.02-0.26 %; SrO – 0.01-0.08 %; BaO – 0.01-0.13 %; Cr_2O_3 – 0.01-0.24 %, ხოლო LOI^5 – 1.1 - 3.95 % ფარგლებში ცვალებადობს (დანართი 5).

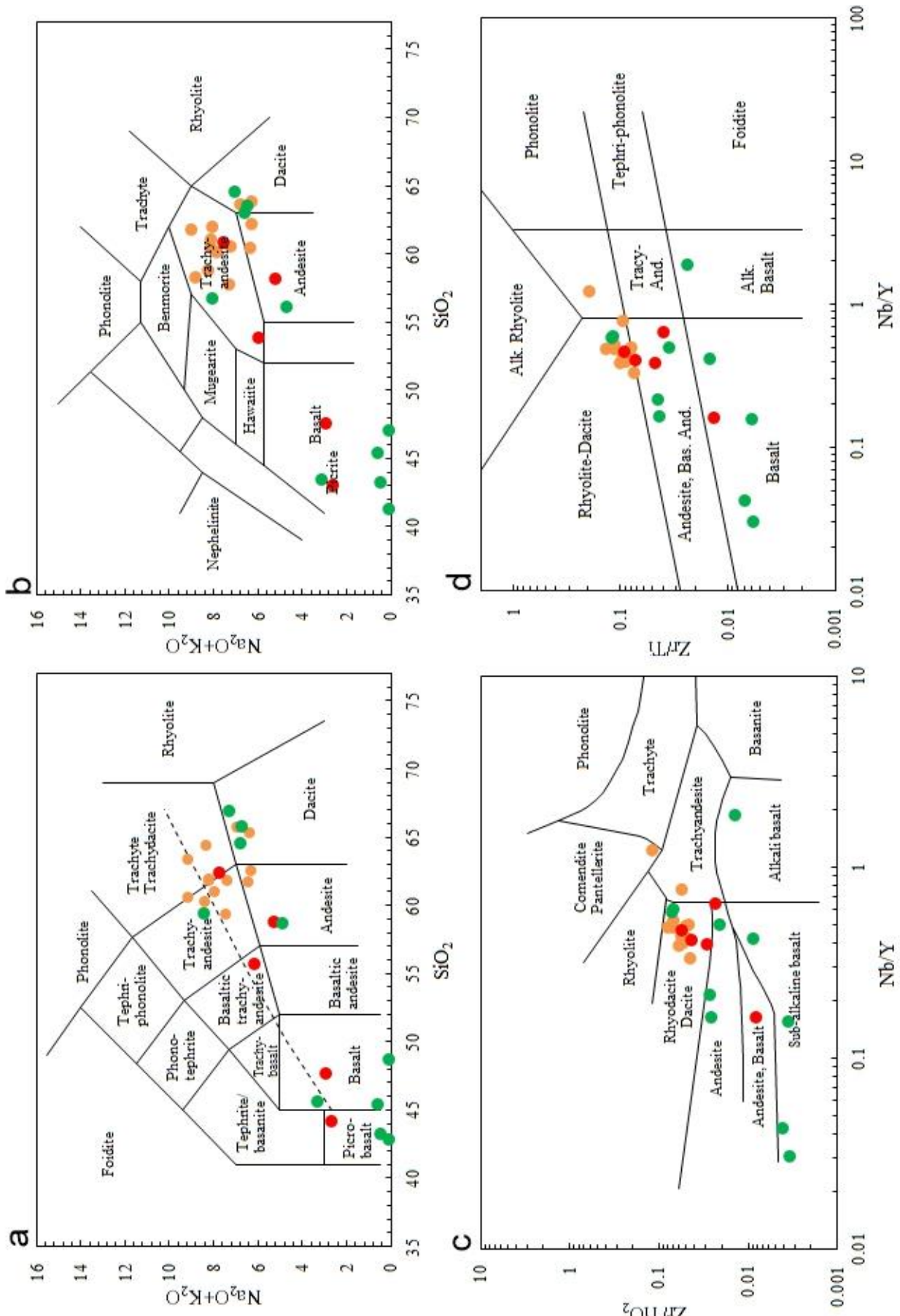
AFM საკლასიფიკაციო დიაგრამის მიხედვით (Irvine, Baragar, 1971), დიზის სერიის მაგმური ქანები კირ-ტუტე რიგს მიეკუთვნება (სურ. 27 a, b); „ჯამური ტუტეების შეპარდება სილიციუმთან“ (TAS) მიხედვით (Le Bas et al., 1986) (სურ. 28 a) კი, მათში შეინიშნება ტრენდი სუბტუტედან-ტუტემდე, ხოლო შედგენილობის მიხედვით, ვარირებს პიკრობაზალტიდან-ტრაქიდაციტამდე. მსგავს მონაცემებს იძლევა სხვა ავტორის დიაგრამაც, თუმცა აქ წერტილების ძირითადი ნაწილი მოხვდა ტრაქიანდეზიტის ველში (Cox et al., 1979) (სურ. 28 b). Zr/TiO_2 vs Nb/Y (Winchester, Floyd, 1977) (სურ. 28 c) და Zr/Ti vs Nb/Y (Pearce, 1996) (სურ. 28 d) საკლასიფიკაციო დიაგრამების მიხედვით, წერტილების ძირითადი ნაწილი განთავსებულია რიოლით - დაციტის ველში.

K_2O vs Na_2O (Foley et al, 1987; სურ. 29 a) და Th/Yb vs Ta/Yb (Pearce, 1983; სურ. 29 b) დიაგრამის მიხედვით, დიზის სერიის მაგმატიტების უმეტესობა განლაგებულია „შოშონიტის“ შედგენილობის ველში. აღსანიშნავია, რომ ქანების მჟავიანობის აშკარად გამოხატული მატება კომპლექსის პოლიფაზურ ბუნებაზე მიუთითებს. ქანებში ტუტე კომპონენტების რაოდენობა, ძირითადად 7%-ზე ნაკლებია, ხოლო TiO_2 -ის შემცველობა დაბალია. ფროსტის (Frost and Frost, 2008) დიაგრამების მიხედვით (Fe^* vs SiO_2), აბაკურისა და სოფ. დიზის მიდამოების ინტრუზივების წერტილების უმეტესი ნაწილი მოხვდა „რკინიან ველში“, ხოლო წერტილები კირარის

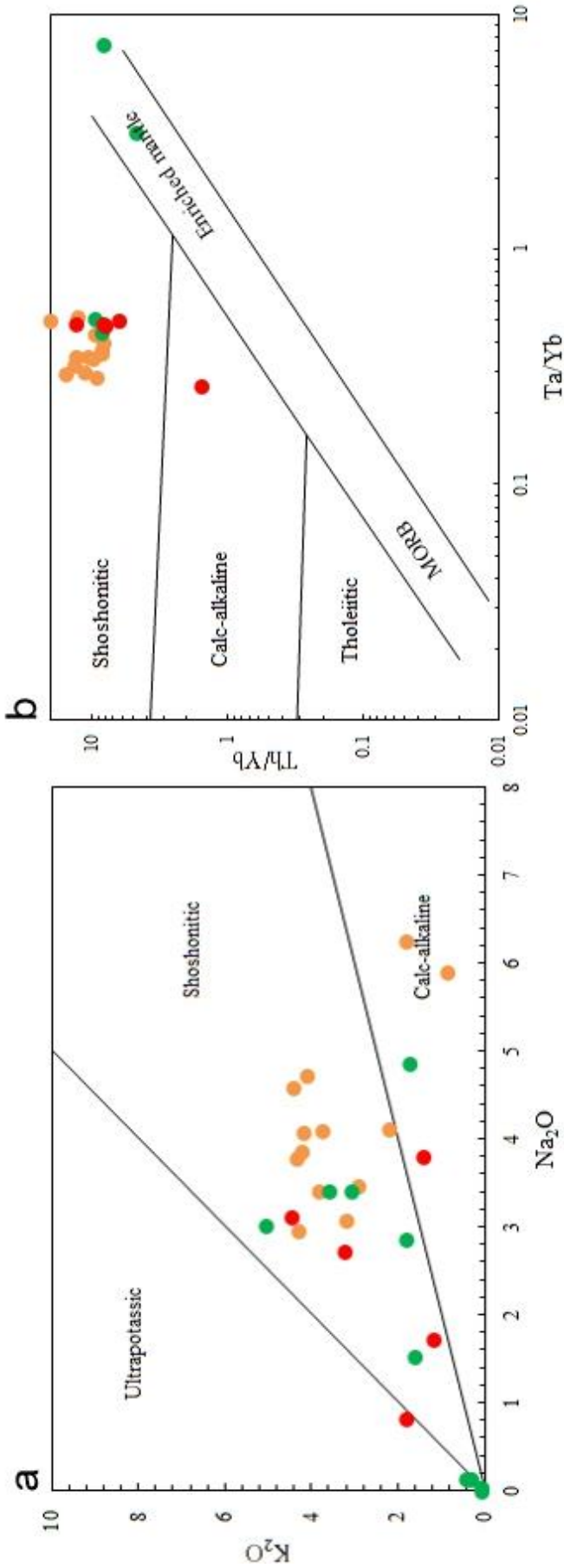
⁵ LOI - ხურებიითი დანაკარგი



სურ. 27. $Na_2O+K_2O-FeO-MgO$ დიაგრამა (Irvine, Baragar, 1971): 1) კირარი, 2) აბაკური, 3) სოფ. დიხის მდამოების ინტრუზივები



სურ. 28. TAS საკლასიფიკაციო დიაგრამა: (a) LeBas et al., 1986; b) Cox et al., 1979; c) საკლასიფიკაციო დიაგრამები: Zr/TiO₂ vs Nb/Y (Winchester, Floyd 1977); d) Zr/Ti vs Nb/Y (Pearce, 1996)



სურ. 29. დიაგრამა: a) K_2O vs Na_2O (Foley et al. 1987) b) Th/Yb vs Ta/Yb (Pearce, 1983)

ინტრუზივიდან – „მაგნეზიურში“ (სურ. 30 a) .ამავე ავტორების $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}$ vs SiO_2 დიაგრამის მიხედვით (სურ. 30 b), წერტილები კირარი-აბაკურის კომპლექსიდან განლაგდა კირიანიდან ტუტემდე ველებში. ქანების აბსოლუტური უმრავლესობა მეტალუმინიანია (სურ. 30 c, d). Th/Nb vs La/Yb და Nb/La vs La/Yb (სურ. 31 a, b) მიხედვით, კომპლექსის ქანები ტუტე რკალური წარმონაქმნებია.

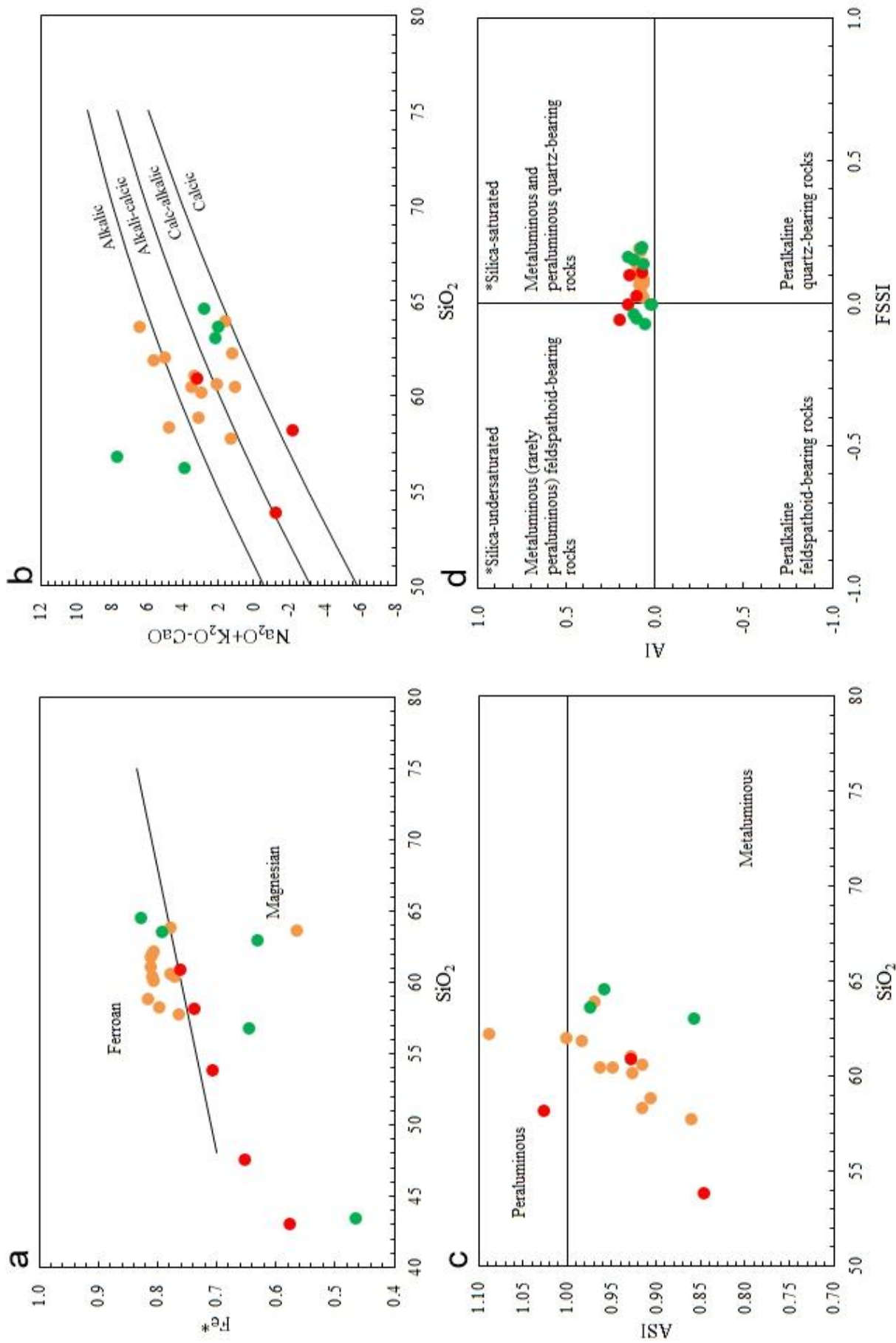
ყველა გაანალიზებულ ნიმუშს მსგავსი იშვიათმიწა ელემენტების შემცველობა გააჩნია (დანართი 6, სურ. 32), გარდა ნიმ. Dz-1a, რომელიც აღებულია დიზის სერიის ქანების უშუალო კონტაქტიდან. იგი გადარიბებულია იშვიათმიწა ელემენტებით და აქვს უფრო მკაფიოდ გამოხატული Eu უარყოფითი ანომალია. გამონაკლისია ასევე ნიმ. Dz-13 დადებითი Eu ანომალიით და ნიმუშები Dz-15 და 5-19I - ძლიერ გადარიბებული იშვიათმიწა ელემენტებით.

კირარ-აბაკურის მაგმური კომპლექსის ფარგლებში ჩანაწინწკლების სახით, თითქმის ყველა ინტრუზიულ სხეულში შეინიშნება მადნეული მინერალები - პირიტი, პიროტინი, მაგნეტიტი, ჰემატიტი (სურ. 33 a, b). გამადნება წარმოდგენილია მინერალიზებული ზონებით, რომელთა სიმძლავრე - 0.5 – 0.6 მეტრია. ყველაზე ძლიერ გამადნებულია რქაულები და კვარცის ძარღვები. ზონებში განვითარებული მადნეული მინერალებია: სფალერიტი, გალენიტი, პირიტი, მოლიბდენიტი.

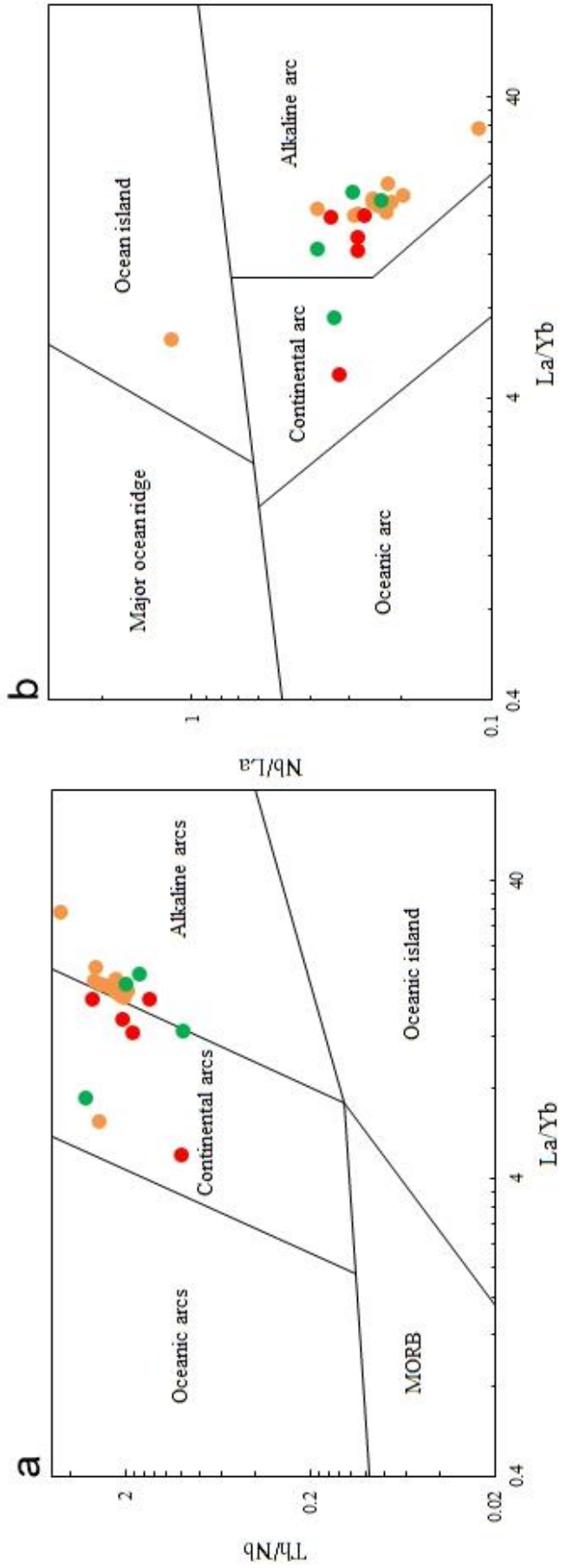
მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენს მიერ აღებულ არცერთ ნიმუშში არ აღმოჩნდა ოქროს სამრეწველო კონცენტრაციები, ინტრუზივების უშუალო კონტაქტებში და ზოგ მცირე დაიკურ სხეულში შეინიშნება ოქროს შედარებით გაზრდილი კონცენტრაციები (დანართი 7, 8).

ჩვენს მიერ ჩატარებული ანალიზების მონაცემებით სპილენძის ყველაზე მაღალი კონცენტრაციებია კირარის ინტრუზივში; ხოლო დარიშხანის, ნიკელისა და ქრომის - მდ. ხუმფრერის ხეობაში გამიშვლებულ ფუძე სხეულებში.

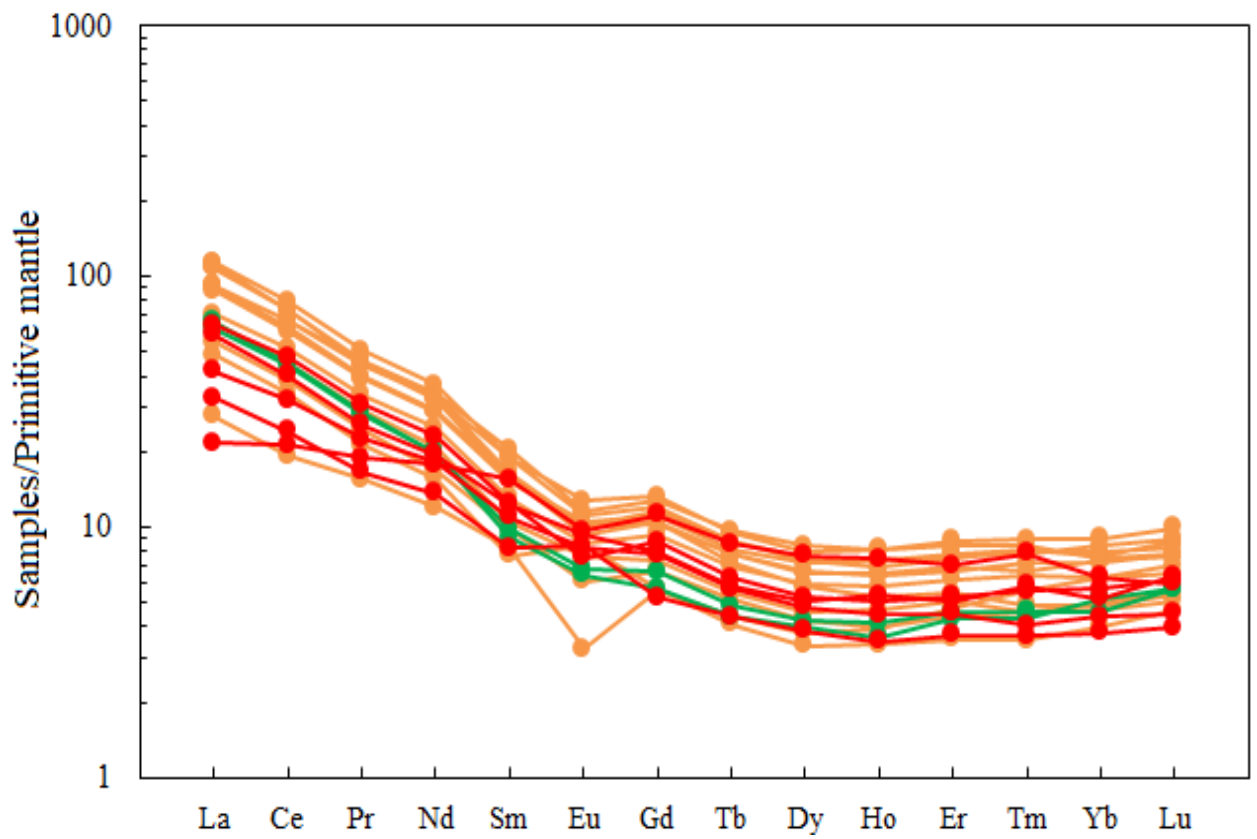
დიზის სერიაში აღინიშნება მაგნეტიტ-პიროტინიანი გამადნების სკარნული ზონები. სკარნები ყველაზე კარგად განვითარებულია კირარის ინტრუზივის კონტაქტებში. სოფ. დიზთან აღინიშნება სუსტი გასკარნება, რომელშიც გამადნება მცირეა. ყველაზე სუსტად სკარნები განვითარებულია აბაკურის ინტრუზივის კონტაქტში.



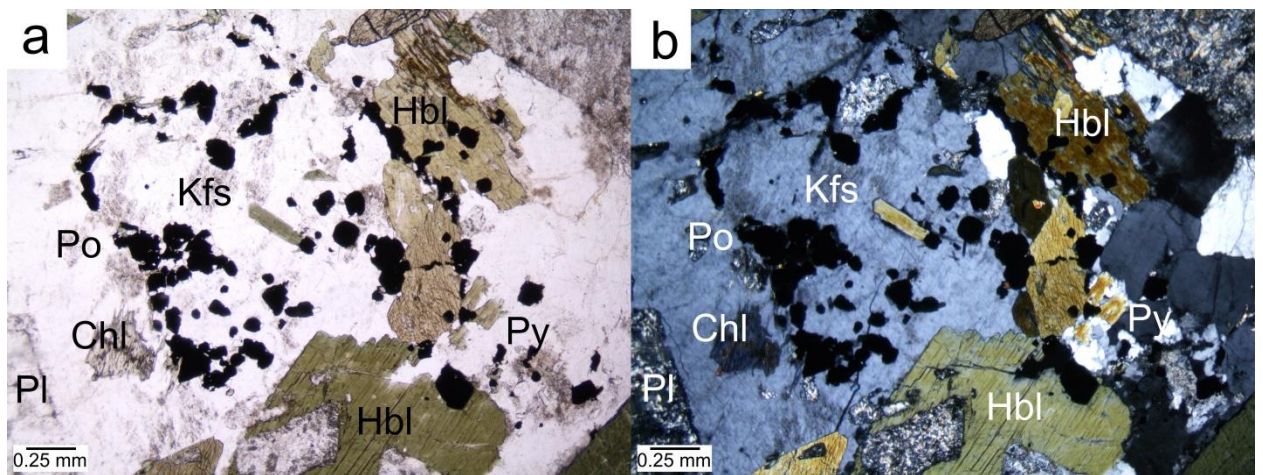
бγφ. 30. a) Fe^* vs SiO_2 ; b) Na_2O+K_2O-CaO vs SiO_2 ; c) ASI vs SiO_2 ; d) Al vs FSSI (Frost and Frost, 2008)



სურ. 31. Th/Nb vs La/Yb და Nb/La vs La/Yb (Hollocher, 2012)



სურ. 32. იშვიათმიწა ელემენტების სპაიდერგრამა (Palme, O'Niell, 2014)



სურ. 33. პირიტი და პიროტინი მონცონიტში

6.8. მაგმური ქანების დათარიღება

დიზის სერიის ინტრუზიული სხეულების პეტროლოგიური და მინერალოგიური მსგავსება, მორფოლოგია და სივრცობრივი განაწილება მიუთითებს იმაზე, რომ ყველა ეს ინტრუზივი ერთიანი მაგმური კერის ნაწილებია. ინტრუზივების ქანების K-Ar ასაკი გვიჩვენებს 165-176 Ma (Дудаური, Тогоნიძე, 2016), ხოლო U-Pb LA-ICP-MS ცირკონის ასაკები – 166.5±4.6 Ma (Javakhishvili et al., 2021), რაც შეესაბამება ბათური ოროგენეზისის პერიოდს.

დიზის სერიაში გავრცელებული ინტრუზიული სხეულების ასაკი განსაზღვრულია U-Pb LA-ICP-MS ცირკონის დათარიღების მეთოდით (დანართი 9).

დიზის სერიის მაგმურ ქანებში ცირკონი იშვიათად გვხვდება. ჩვენს მიერ აქცესორული ცირკონი ნანახი იქნა მხოლოდ 10 მ სიმძლავრის დიორიტ-პორფირიტულ დაიკურ სხეულში, რომელიც შიშვლდება მდ. ხუმფრერის ხეობაში, მდინარის მარჯვენა ნაპირზე (43°02'08.5"N; 42°21'22.9"E). ქანის მთავარი ქანმამშენი მინერალებია ბიოტიტი, რქატყუარა და ზონალური პლაგიოლაზი. აქცესორებია: ცირკონი, აპატიტი და მადნეული მინერალები (სურ. 34).

დათარიღების მონაცემების საფუძველზე, ჩვენს მიერ დიორიტ-პორფირიტულ ინტრუზივში ცირკონის სამი პოპულაციაა გამოყოფილი: Zrn1 (≈ 2200 Ma), Zrn2 (458±29 Ma) და Zrn3 (166.5±4.6 Ma) (სურ. 35, სურ. 36 a). Zrn1 და Zrn2 პოპულაციის ცირკონები დამრგვალებულია და, შესაბამისად, ვერ დგინდება მათი კრისტალოგრაფიული ფორმები. Zrn3 პოპულაციის ცირკონები გრძელპრიზმული კრისტალებია, სუსტად განვითარებული ბიპირამიდული წახნაგებით (111), კარგად გამოხატული ასიმეტრიული კიდეებით და $K = 2.5-3$ წაგრძელებით; ასევე გვხვდება პრიზმულ-ბიპირამიდული კრისტალებიც, კარგად განვითარებული ბიპირამიდული წახნაგებით (311) და $K = 2-2.5$ წაგრძელებით, სადაც შეინიშნება სუსტად გამოხატული ზონალობა და კრისტალის გარე კონტურის დამრგველებისკენ ტენდენცია.

ასაკის განსაზღვრა ხდებოდა ცირკონის კრისტალის როგორც ცენტრალურ, ისე მის პერიფერიულ ნაწილში. ყველა შემთხვევაში, კრისტალების პერიფერიულ ნაწილებში დადგინდა ოდნავ უფრო ახალგაზრდა ასაკი, ვიდრე მათ ცენტრებში, რაც მიუთითებს Pb-ის დაკარგვაზე დიფუზიის გამო. თუმცა, ყველა ასეთი წყვილი

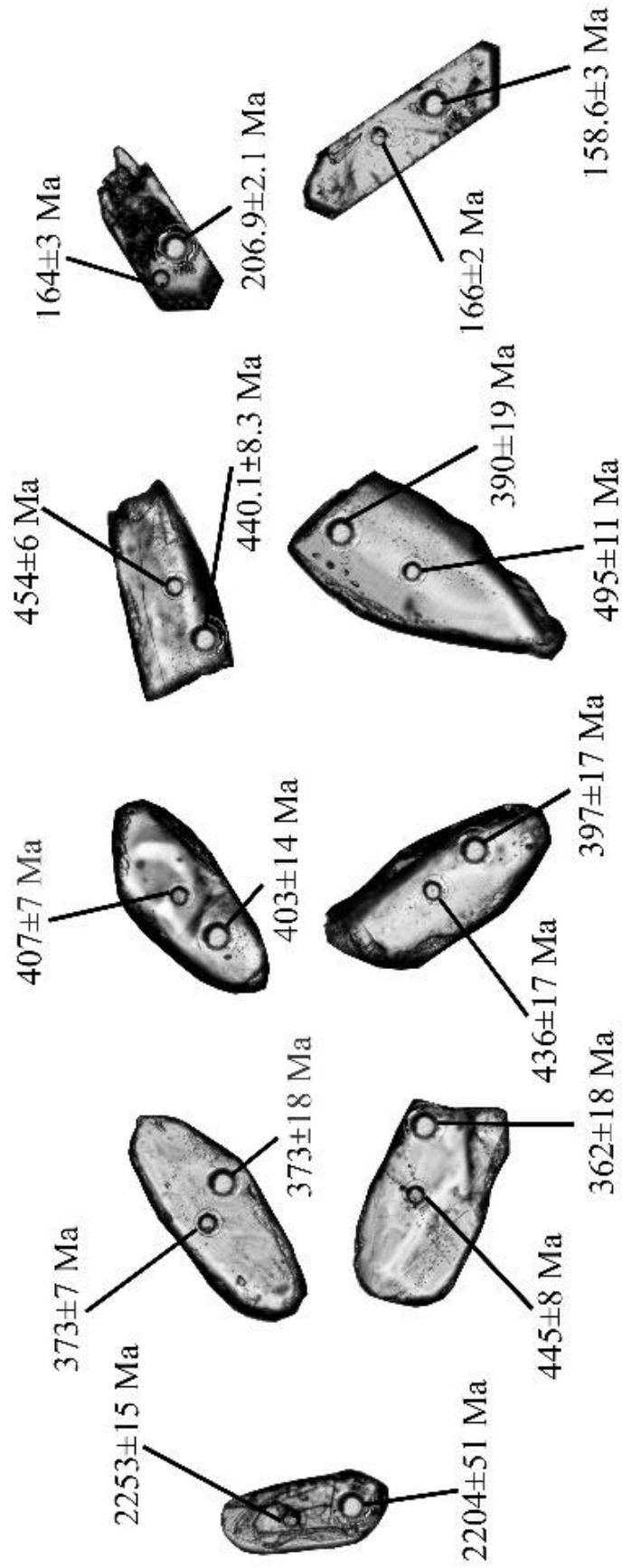
მიეკუთვნება იმავე ასაკის პოპულაციებს. არ დადგინდა ახალგაზრდა შენაზარდები ცირკონების ძველ ბირთვებზე.



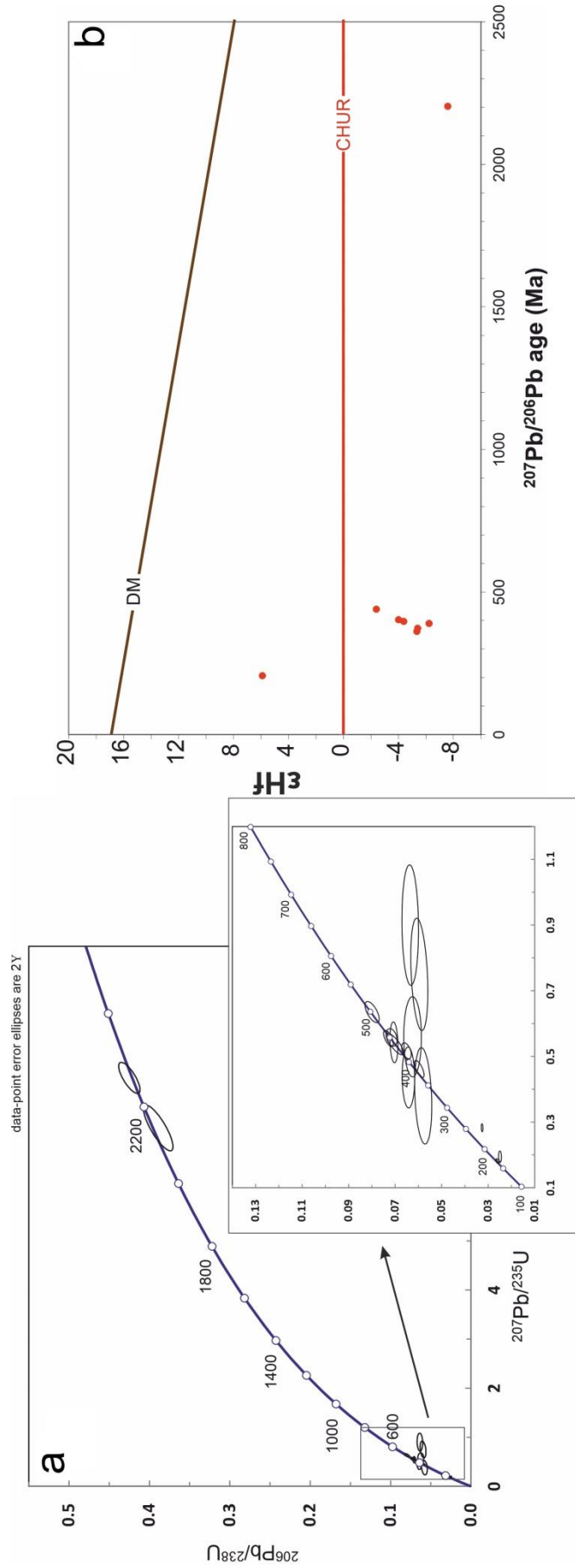
სურ. 34. ცირკონის მარცვლი დიორიტ-პორფირიტში, XPL

ჰაფნიუმის იზოტოპის შედგენილობა განსაზღვრულია ცირკონის ათ კრისტალში. უძველესი პოპულაციის (Zrn1) ცირკონებმა გამოავლინეს ϵHf დაბალი მნიშვნელობა -7.6 (სურ. 36 b, დანართი 10). გვიან სილურული პოპულაციის ცირკონების (Zrn2, 458 ± 29 Ma) ϵHf მნიშვნელობები ასევე უარყოფითია: -6.2 -დან -2.4 -მდე. მათგან განსხვავებით, ყველაზე მაღალი დადებითი ϵHf მნიშვნელობები -5.9 (სურ. 36 b) დადგენილია ახალგაზრდა ცირკონებში (Zrn3, 166.5 ± 4.6 Ma).

ცირკონებში ჰაფნიუმის იზოტოპური შედგენილობის მიხედვით, Zrn2 პოპულაციის კრისტალიზაცია მოხდა ≈ 440 მლნ. წლის წინ. ყველაზე ახალგაზრდა პოპულაციის (Zrn3) ჰაფნიუმის იზოტოპური შედგენილობა კი, მკვეთრად განსხვავდება წინა ორი პოპულაციისაგან დადებითი სიდიდებით ($\epsilon\text{Hf} = 5.9$), რაც მიუთითებს იუვენილური მასალის შემოტანაზე. ეს სავარაუდოდ, დაკავშირებულია



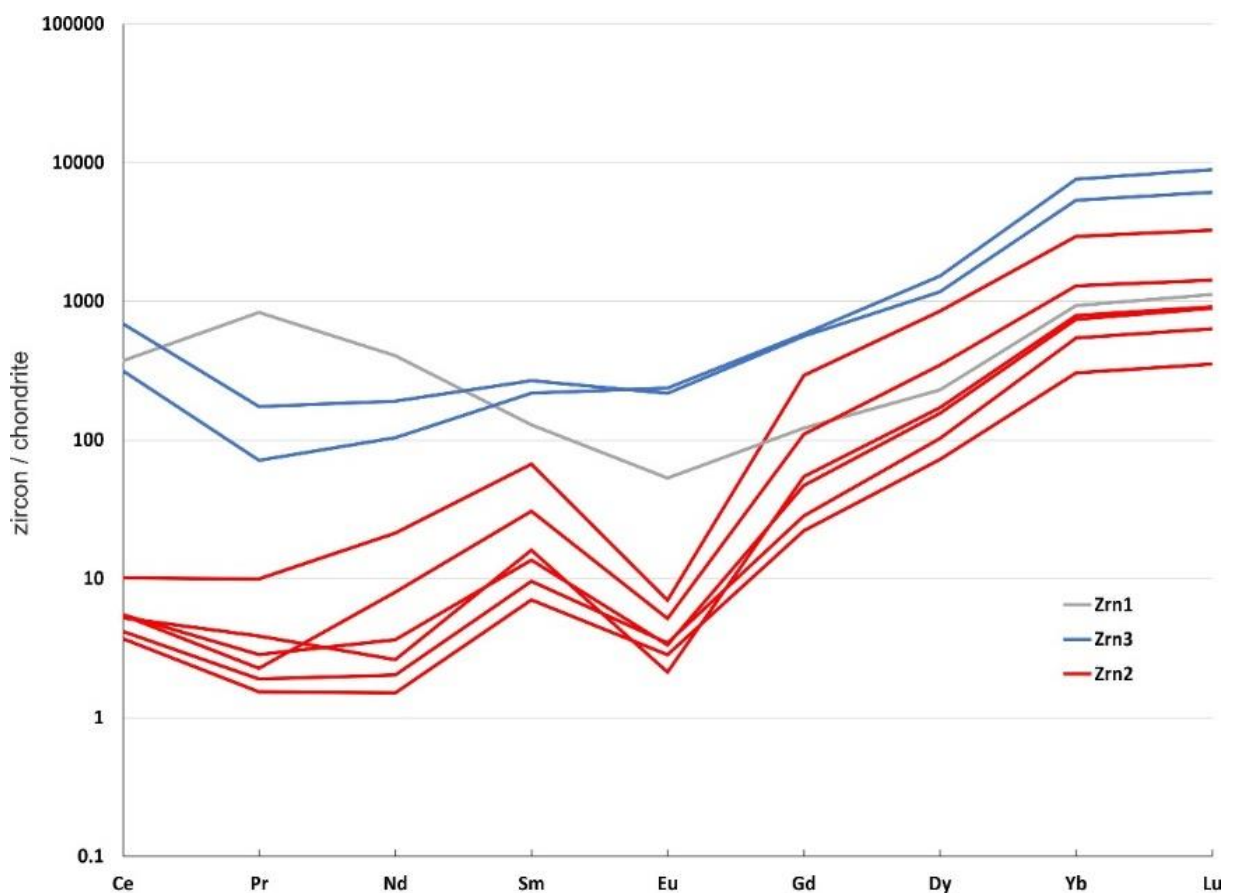
სურ. 35. დიზის სერიის დიორიტ-პორფირიტის დათარიღებული ცირკონის მარცვლები ოპტიკური გამოსახულება



სურ. 36. ცირკონების U-Pb ასაკები (a) და ϵHf მნიშვნელობები (b) დიზის სერის დიორიტ-პორფირიტულ დიკაზი.

დიზის სერიის მეტამორფიტებში ინტრუზიული სხეულის შეჭრის პროცესთან.

უმველესი (Zrn1) პოპულაციის ცირკონები—Y, Th და U ზომიერი, ხოლო, მსუბუქი იშვიათმიწა ელემენტების მაღალი კონცენტრაციებით ხასიათდება (სურ. 37. დანართი 11). იშვიათ და იშვიათმიწა ელემენტების ქონდრიტ-ნორმირებული სპექტრი დიზის სერიის ცირკონებში თითქმის ბრტყელია და ქვემოთაა დახრილი. გვიან სილურული (Zrn2) პოპულაციის ცირკონებში Nb და მსუბუქი იშვიათმიწა ელემენტების კონცენტრაცია ძირითადად დაბალია, ხოლო Y, U და Th კონცენტრაციები კი დაბლიდან საშუალომდეა.



სურ. 37. იშვიათმიწა ელემენტების ქონდრიტ-ნორმირებული სპექტრი დიორიტ-პორფირიტული დაიკის ცირკონებიდან

იშვიათმიწა ელემენტები ავლენს ფრაქციონირებულ ქონდრიტ-ნორმალიზებულ სურათს Eu ძლიერ უარყოფითი ანომალიით. და ბოლოს, ცირკონის ყველაზე ახალგაზრდა პოპულაცია (Zrn3) ხასიათდება Y, Nb, მსუბუქი იშვიათმიწა ელემენტების, Th და U მაღალი კონცენტრაციით, ხოლო Hf-ის რაოდენობა საკმაოდ დაბალია. იშვიათმიწა ელემენტების მოდელი მსუბუქი იშვიათმიწა ელემენტების

მაღალი კონცენტრაციის გამო, სუსტადაა ფრაქციონირებული, Eu ანომალია არ შეინიშნება.

აღსანიშნავია, რომ Zrn1 და Zrn2 ცირკონების პოპულაციების ანალოგიური ასაკების მნიშვნელობებია მიღებული SHRIMP და LA-ICP-MS მეთოდებით კავკასიონის კრისტალური ფუნდამენტისა და დიზის სერიის სამხრეთით მოსაზღვრე საქარველოს ბელტის ალპურამდელ ქანებშიც (Somin et al, 2007; Герасимов и др., 2010; შენგელია და სხვ. 2010; Somin, 2011; Gamkrelidze et al, 2020). Zrn3 ასაკი (166.5 ± 4.6 Ma) კი დიორიტ-პორფირიტის კრისტალიზაციის ასაკია და მთლიანად ეთანადება ბათური ოროგენული ფაზის ასაკს. დაახლოებით ასეთივე ასაკი (165-176 Ma), როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, მიღებულია დიზის სერიის ინტრიზივებში K-Ar მეთოდით (Дудаური, Тогоნიძე, 1998, 2016).

6.9. მაგმური ქანების ფორმირების პეტროგენული მოდელი

შუაიურული პერიოდი ხმელთაშუა ზღვის სარტყლის ჩრდილოეთ ნაწილში, თანამედროვე კავკასიის ტერიტორიის ჩათვლით, მნიშვნელოვანი ტექტონიკურ-მაგმური აქტიურობით გამოირჩევა. ო. დუდაურისა და მ. ტოგონიძის (Дудаური, Тогоნიძე, 2016) მონაცემებით, კავკასიის ყველა შუაიურული პერიოდის მაგმატიტი ხასიათდება მსგავსი გეოქიმიური შედგენილობით და ასაკით, რაც მათ შესაძლო სინქრონულობაზე მიუთითებს.

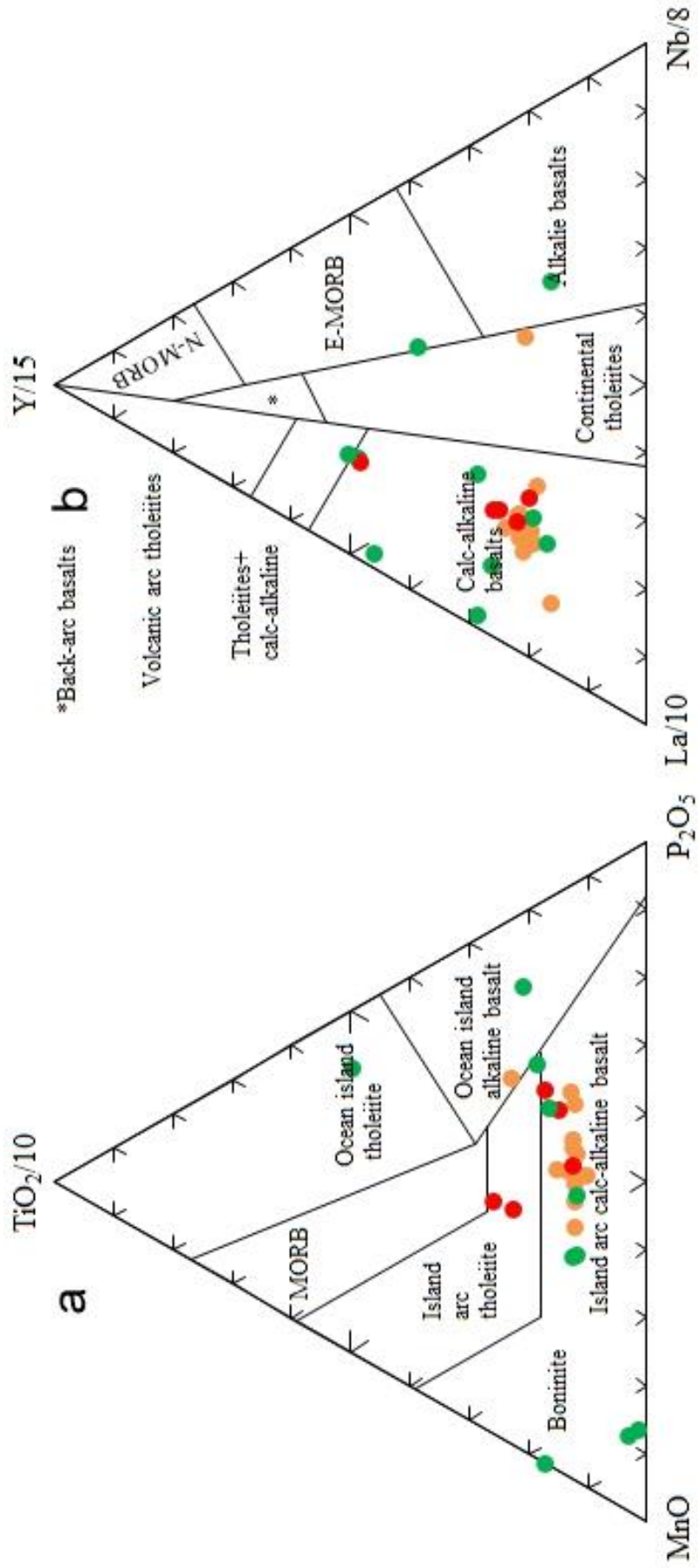
არსებული გეოქრონოლოგიური მონაცემების (Дудаური, Тогоნიძე, 2016; Javakhishvili et al., 2021) შედარებისას, რომლებიც მიღებულია კირარ-აბაკურის კომპლექსის სხვადასხვა ქანებისთვის, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ვულკანური აქტივობა დიზის სერიის ფარგლებში დაიწყო ტოარსული ეპოქის ბოლოს, პიკს მიაღწია ბათურში და გაგრძელდა მთელი შუაიურულის განმავლობაში, ზედაიურულის დასაწყისამდე. ტოარსულის დასასრულს, დიზის სერიაში დაიწყო აქტიური გაბროიდული მაგმატიზმი, მოგვიანებით კი, ბათურში, სერიაში შეიჭრა კრისტალური ფუნდამენტის ლლობის შედეგად წარმოქმნილი მჟავე მდნარი.

როგორც ზემოთ იყო აღინიშნული, დიზის სერიის მაგმატიტები მიეკუთვნება კირ-ტუტე რიგს, თუმცა მცირე რაოდენობით სუბტუტე-ტუტე მაგმატიტებიც

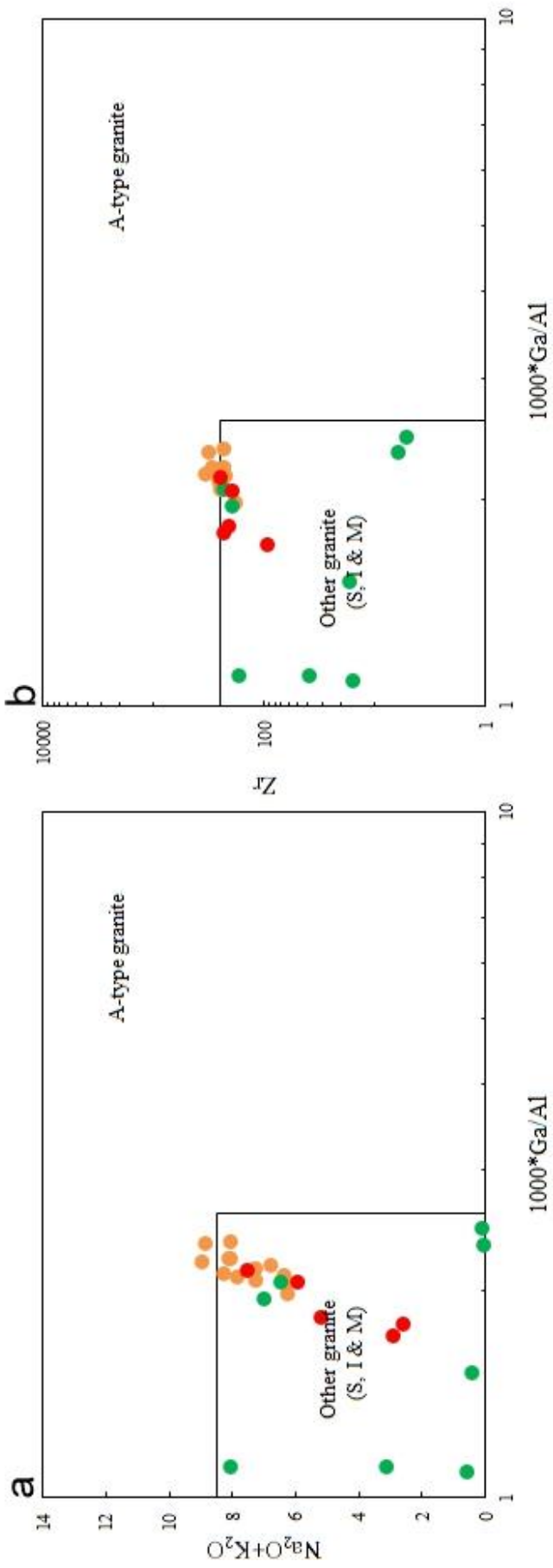
ვრცელდება. ამას ასევე ადასტურებს $\text{MnO-TiO}_2/10\text{-P}_2\text{O}_5$ (Cabanis, Lecolle, 1989) და $\text{La}/10\text{-Y}/15\text{-Nb}/8$ (Mullen, 1983) დიაგრამებიც (სურ 38 a, b).

ჩვენი მონაცემებით, დიზის სერიის მაგმურ ქანებს აქვს ვულკანოგენურ-რკალური მაგმური ქანების გეოქიმიური მახასიათებლები, რაც სუბდუქციის პირობებზე მიუთითებს. მსგავსი მონაცემები იქნა მიღებული იშვიათი და იშვიათმიწა ელემენტების თანაფარდობიდანაც, ხოლო $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ vs $1000^*\text{Ga}/\text{Al}$, ისევე როგორც Zr vs $1000^*\text{Ga}/\text{Al}$ (Whalen et al., 1987) შეფარდებები კირარ-აბაკურის კომპლექსის ქანებში მიუთითებს იმაზე, რომ ეს წარმონაქმნები არ ხვდება ანოროგენულ ველში (სურ. 39 a, b). Zr/Y vs Zr თანაფარდობის მიხედვით, შესწავლილი კომპლექსის მაგმური ქანები კონტინენტური (Pearce, 1983) (სურ. 40 a) და შიდაფილაქნური (Pearce, Norry, 1979) (სურ. 40 b) წარმოშობისაა; Zr/Y vs Ti/Y თანაფარდობის მიხედვით, ისინი ჩამოყალიბდა ფილების საზღვარზე (Pearce, Gale, 1977) (სურ. 40 c). Cr vs Y დიაგრამის მიხედვით (Pearce, 1982), წერტილების უდიდესი ნაწილი ვულკანური რკალების ველშია მოხვედრილი (სურ. 40 d). თანაფარდობები Rb vs $\text{Yb}+\text{Ta}$, Rb vs $\text{Nb}+\text{Y}$, Nb vs Y და Ta vs Yb (Pearce et al, 1984) (სურ. 41 a, b, c, d) გვიჩვენებს, რომ ქანების კრისტალიზაცია მოხდა ვულკანური კუნძულთა რკალებისა და სინკლიზიის პირობებში, ან – კონტინენტური კუნძულთა რკალების პირობებში. როგორც ზემოთ იყო აღინიშნული, კირარ-აბაკურის კომპლექსის ქანებში ტუტე კომპონენტების რაოდენობა ზოგადად 7%-ზე ნაკლებია, ხოლო TiO_2 -ის შემცველობა დაბალია, რაც დამახასიათებელია ანდეზიტებისთვის (Raymond, 2002) და აიხსნება მათი კავშირით სუბდუქციის ზონის ვულკანიტებთან (Gill, 1981).

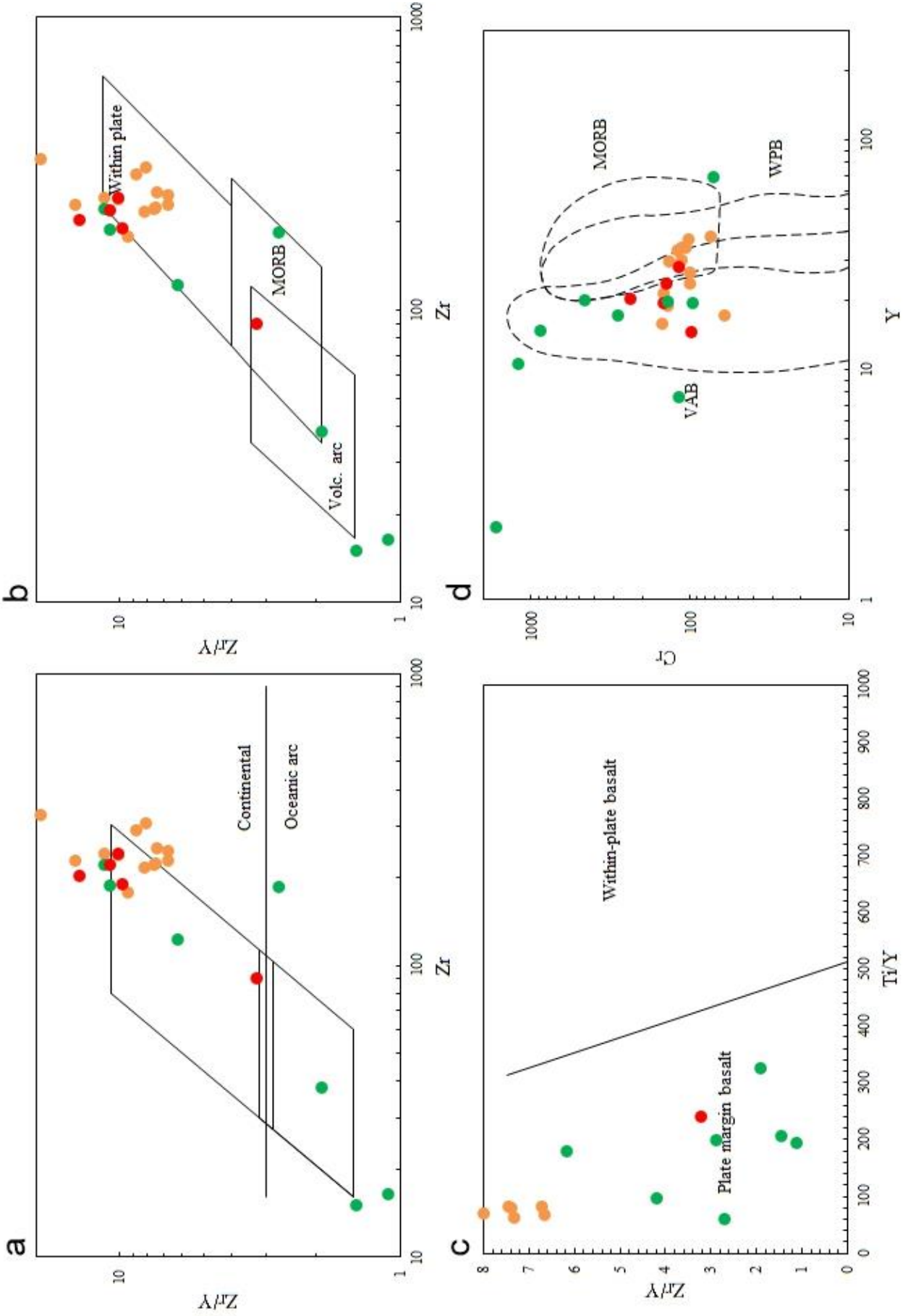
საინტერესოა აღინიშნოს, რომ კირარი-აბაკურის კომპლექსში აღმოჩენილია უძველესი (≈ 2200 Ma) და საშუალო (458 ± 29 Ma) ასაკის დეტრიტული ცირკონები. პირველი, სავარაუდოდ, აღმოსავლეთ ევროპის ბაქნის არქაული ქანების ხელახალი ღებვის პროდუქტებია, ხოლო საშუალო ასაკის ცირკონების ანალიზი მიუთითებს დნობის პალეოპროტეროზოულ და მეზოპროტეროზოულ ქერქულ წყაროზე (Javakhishvili et al, 2021).



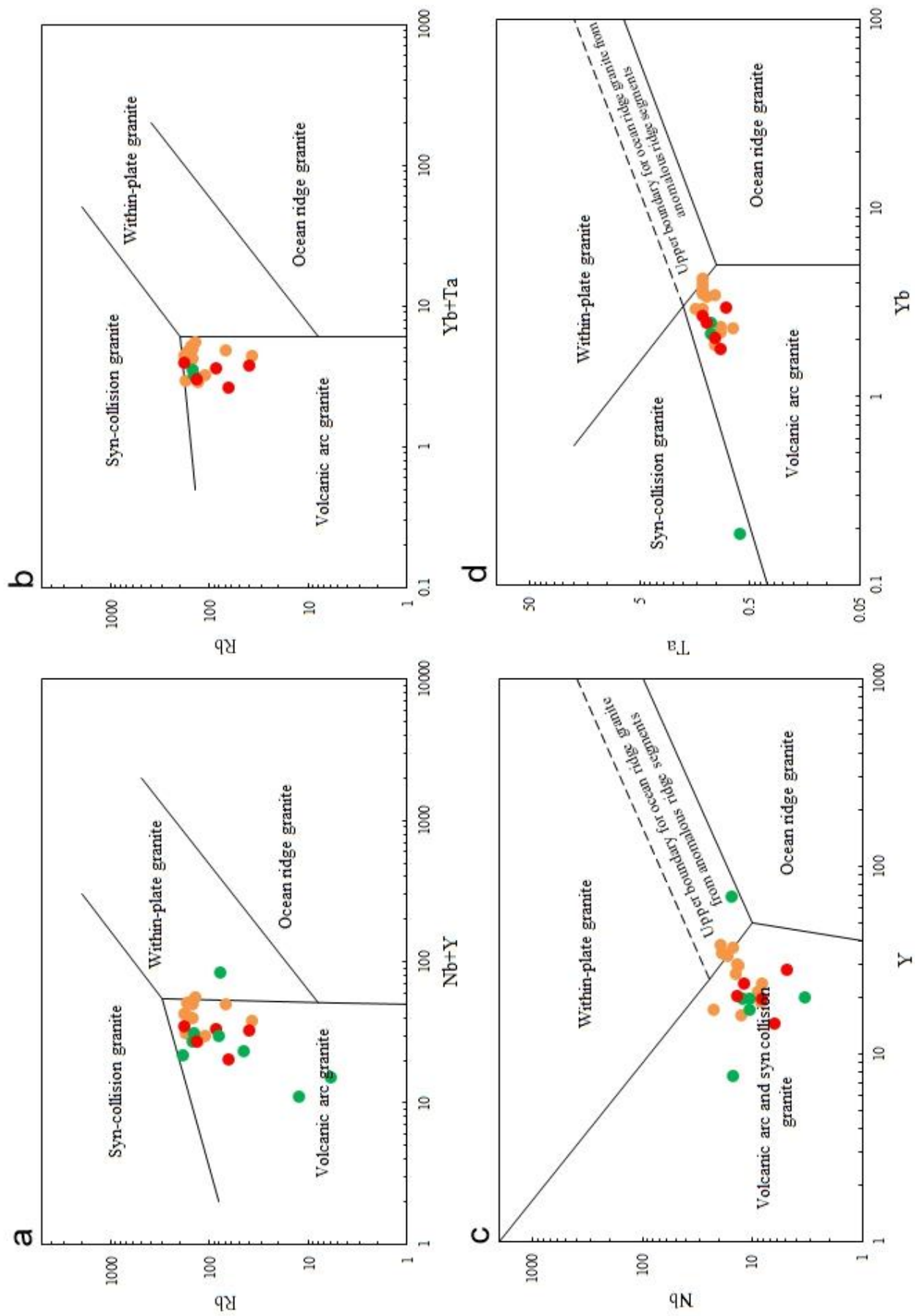
бугр. 38. а) MnO-TiO₂/10-P₂O₅ (Cabanis, Lecolle, 1989) до б) La/10-Y/15-Nb/8 (Mullen, 1983)



புறம், 39. a) $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vs $1000 * \text{Ga}/\text{Al}$ (a) b) Zr vs $1000 * \text{Ga}/\text{Al}$ (Whalen et al., 1987)



სურ. 40. დიაგრამები: Zr/Y vs Zr (a) Pearce, 1983, (b) Pearce, Norry, 1979, c) Zr/Y vs Ti/Y (Pearce, Gale 1977) d) Zr vs Y (Pearce, 1982)



სურ. 41. ტექტონიკურ-საინტერპრეტაციო დიაგრამები (Pearce 1984): a) Rb vs Nb+Y, b) Rb vs Yb+Ta; c) Nb vs Y და d) Ta vs Yb

იშვიათმიწა ელემენტების შედგენილობა ამ ცირკონებში ფუძე ქანების პეგმატიტებში განვითარებული ცირკონების ანალოგიურია (Shumlyasnky et al., 2017). ბელუსოვას და სხვ. (Belousova et al, 2002) მიხედვით, Y, Th და U-ის დაბალი კონცენტრაციები, ასევე მიუთითებს მდნარის ფუძე შედგენილობაზე. ამრიგად, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ დიზის სერიის შუაიურული მაგმური ქანები ჩამოყალიბდა ტეთისის ოკეანური ფილის სუბდუქციის დროს ევრაზიის ფილაქნის ქვეშ კონტინენტური რკალის გასწვრივ.

ო. დუდაურისა და მ. ტოგონიძის (Дудаური, Тогоნიдзе, 2016) მიხედვით, შუაიურული ინტრუზიული კომპლექსები სინოროგენული წარმონაქმნებია, რომლებიც ჩამოყალიბდა მაშინ, როცა ბათურ დროში არსებული დედამიწის ქერქის დაძირვის, გაჭიმვისა და დესტრუქციის რეჟიმი შეიცვალა შეკუმშვისა და აზევების, გრანიტიზაციისა და ნაოჭა სარტყლებად გადაქცევის რეჟიმით.

ითვლება, რომ კავკასიონის შუაიურულ მაგმატიზმს სუბდუქციური ხასიათი აქვს. ვარაუდობენ, რომ ვულკანური ქანები წარმოიქმნება რკალსუკანა სპრედინგის შედეგად, სუბდუქციის ზონაში, ამიერკავკასიის ტერეინის სამხრეთით, მცირე კავკასიონზე; ვარაუდობენ აგრეთვე, რომ ვულკანური რკალი კავკასიონზე განვითარდა ბაიოსურში, დაძირვადი ფილის გამარჩხების გამო, რომელმაც გამოიწვია კუნძულთა-რკალური ვულკანიზმი ღრმულიდან დაახლოებით 200 კმ-ში (Saintot et al., 2006; McCann et al., 2010; Meijers et al., 2010).

ჩვენს მიერ ჩატერეული გეოქიმიური და გეოქრონოლოგიური მონაცემები გვიჩვენებს, რომ მაგმური აქტივობა დიზის სერიაში, სავარაუდოდ, ასოცირებული იყო სუბდუქციის ზონასთან მცირე კავკასიონის გასწვრივ, რომელიც აქ არსებობდა იურულში, მაშინ როდესაც კავკასიონზე არსებობდა მხოლოდ არააქტიური სუბდუქციის ზონები და ხდებოდა ტეთისის დასავლეთ ნაწილის დახურვა. ამის დასტურად, შეიძლება აღინიშნოს დიზის სერიის მაგმატიტებში აშკარად გამოხატული პოლიფაზურობა, მყავე ქანების სიჭარბით; ხოლო მათი მიკუთვნება კირ-ტუტე ან, ზოგიერთი სქემის მიხედვით, შოშონიტის სერიებთან, მიუთითებს მათ კავშირზე სუბდუქციის პირობებთან. ცნობილია, რომ გეოქიმიური თავისებურებები ხშირ შემთხვევაში შესაძლებელს ხდის ამ მაგმატიტების სხვა წარმოშობის მაგმატიტებისგან გარჩევას (Хайн, Ломизе, 1995).

7. დიზის სერიის ქანების სავარაუდო ანალოგები

დიზის სერიის ანალოგები არც კავკასიის და არც მეზობელ რეგიონებში არ არის დადგენილი. ჩვენი აზრით, დიზის სერიის მსგავსი პალეოზოოური ასაკის ქანები (ქლორიტ-, პრენიტ-, აქტინოლით-, ნახშირიანი და სერიციტ-ნახშირიანი თიხაფიქლები) გვხვდება ყირიმის ვაკის ნაოჭა ფუნდამენტში ცარცული და იურული ნალექების ქვეშ, რომლების გაკვეთილი იყო ჭაბურღილებით. ამ ქანებს განიცდილი აქვს დაბალტემპერატურული მეტამორფიზმი და, ნაკლებად – ღრმა ეპიგენეზი (Новиков, 1963; Савцина, Плахотный, 1965; Снегирёва, Шаля, 1966, Черняк, 1969). დიზის სერიის ქანების ნაწილი გავს აგრეთვე სამხრეთ დობრუჯას ქვედა-კარბონულ კარაპელიტის ფორმაციის მეტამორფიტებსაც (Javakhishvili et al, 2021). აღსანიშნავია ისიც, რომ ვაკე ყირიმის ნაოჭა ფუნდამენტში განვითარებულია დიზის სერიის შუაიურული მაგმატიტების მსგავსი ასაკისა და შედგენილობის ინტრუზივები – გაბრო-დიაბაზები, დიაბაზები, დიაბაზ-პორფირიტები, დიორიტები, კვარც-დიორიტები, სიენიტები და გრანიტ-პორფირიტები (Черняк, 1969; Meijers, 2010; Шнюкова, 2016, Shumlyanskyu, 2019). ასევე საყურადღებოა, რომ ნაოჭა ყირიმის ფუნდამენტში გავრცელებული რქატყუარიანი, მუსკოვიტ-კვარც-კორდიერიტიანი და კორდიერიტ-კვარც-ფელდშპატიანი ქარსიანი ფიქლები (Черняк, 1969) დიზის სერიაში კონტაქტური მეტამორფიზმის დროს ჩამოყალიბებული ქანების ანალოგიურია.

ზოგიერთი ავტორი ვარაუდობს, რომ დიზის სერია ტრიასული ასაკის ზედა ყარაყაის კომპლექსის შემადგენელი ნაწილია. ეს უკანასკნელი მოიცავს საქარიას ზონის ყარაყაის და კიურეს კომპლექსებს თურქეთში და ტავრიის ფლიშ-ყირიმში (Okay et al, 2015; Okay, Topuz, 2016). ამ ავტორების აზრით, ზედა ყარაყაის კომპლექსი ავლენს რიგ საერთო თავისებურებებს (ტექტონიკა, ლითოლოგია და ასაკი) ცენტრალური პონტიდების აქგიოლის ფორმაციასთან. სავარაუდოდ, ისინი დალექილია ლავრაზიის სამხრეთი კიდის ერთი და იმავე რკალისწინა პირობებში. ისინი ვარაუდობენ, რომ თავრიის ფლიში ყირიმში და დიზის სერია კავკასიაში, წარმოადგენს ერთსა და იმავე აუზის ნაწილებს და შეიცავს ეგზოტიკურ კარბონული და პერმული ასაკის მარჩხი ზღვის კირქვის და, ასევე დევონური, კარბონული და პერმული ასაკის რადიოლარიან ბლოკებს (Leven, Okay, 1996), რომლებიც დიდი

ალბათობით, წამოღებულია გონდვანადან და წარმოადგენს პალეო-ტეთისის ოკეანური ქერქის ფრაგმენტებს (Okay et al., 2011a).

8. დასკვნები

- დიზის სერიის ქანებს განცდილი აქვს რეგიონული მეტამორფიზმი მწვანე ფიქლების ფაციესის ყველაზე უფრო დაბალტემპერატურული ქლორიტ - სერიციტული სუბფაციის პირობებში ($T = 280-375\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 1.5-2.3$ კბარ). მხოლოდ ერთ შემთხვევაში, გრაუვაკულ ქანში დადგინდა პრენიტ-პუმპელიტური ფაციესის რელიქტური პარაგენეზისი: $\text{Act}_{0.59} + \text{Pmp}_{0.53} + \text{Prh} + \text{Ab} + \text{Qz}$.
- გეოქიმიური კვლევების საფუძველზე, ჩატარდა მეტამორფიტების საწყისი ქანების ნალექდაგროვების პირობების რეკონსტრუქცია. დადგინდა, რომ დიზის სერიის მეტამორფული ქანების საწყისი მასალის ძირითად შემადგენელს წარმოადგენს ანდეზიტები და კირ-ტუტე ბაზალტები. დადგინდა აგრეთვე, რომ პირველადი ქანების ლითოქიმიური ტიპები უპასუხებს მონტმორილონიტ-ჰიდროქარსული და ქლორიტ-ჰიდროქარსული, იშვიათად მონტმორილონიტის დომინირებული შედგენილობის შერეულ-ფენობრივ ქანებს. ქანების ძირითადი ნაწილი წარმოადგენს დანალექი წარმოშობის გადამუშავებულ მასალას, და მხოლოდ მცირე ნაწილი – მაგმურს. ლითოლოგიური თავისებურებების მიხედვით, დიზის სერიის მეტასედიმენტების საწყისი ქანები, ძირითადად ფიქლებით, ხოლო იშვიათად, ვაკებით იყო წარმოდგენილი.
- ტოარსულის ბოლოს, გაბროული მდნარები შეიჭრა ადრეკიმერიული ოროგენეზისის დროს ინტენსიურად დეფორმირებულ დიზის სერიის ქანებში, ხოლო მოგვიანებით, ბათურში, ამ ქანებში შემოიჭრა დიორიტ-სიენიტურ-გრანიტო-იდური მდნარები.
- დიზის სერიაში განვითარებული შუაიურული მაგმატიკები ვულკანოგენურ-რკალური მაგმური ქანების ნიშნებით ხასიათდება, რაც მათ სუბდუქციურ პირობებზე მიუთითებს. რიგი კლასიფიკაციური დიაგრამის მიხედვით, დიზის სერიის მაგმატიკები კირ-ტუტე სერიას მიეკუთვნება; მათი ყველა სახეობა

მეტალუმინურია და ხასიათდება მსგავსი იშვიათი და იშვიათმიწა შედგენილობით; სხვადასხვა ქიმიური მახასიათებლებით, ისინი ფილების კიდეზეა გენერირებული. ყოველივე ეს და, აგრეთვე გეოქრონოლოგიური მონაცემები ცხადყოფს, რომ დიზის სერიაში შუაიურული მაგმური აქტივობა მცირე კავკასიონის იურულ სუბდუქციურ ზონასთანაა დაკავშირებული.

- შუაიურული მაგმური ქანების შეჭრამ დიზის სერიაში გამოიწვია მნიშვნელოვანი კონტაქტურ-მეტამორფული გარდაქმნები. კონტაქტური ორეოლის ფარგლებში, ჩვენს მიერ დადგენილია მეტამორფიზმის სამი ზონა. დადგენილია მინერალური შედგენილობის ცვლილების პროგრესული ხასიათი და მინერალების დამახასიათებელი თავისებურებები. კონტაქტურად მეტამორფიზირებულ ქანებში მინერალთა გაჩენისა და გაქრობის მიხედვით, დადგენილია თითოეული ზონის საზღვრები.
- დადგენილია კონტაქტური მეტამორფიზმის შემდეგი სუბფაციესები: ალბიტ-ეპიდოტ-რქაულური, ანდალუზიტ-ბიოტიტ-მუსკოვიტ-ქლორიტ-რქაულური და ანდალუზიტ-ბიოტიტ-მუსკოვიტ-რქაულური. თითოეული სუბფაციესისთვის P-T პირობების განსაზღვრა მოხდა მინერალური ასოციაციებისა და მინერალების გარდაქმნის ხასიათის მიხედვით. დიზის სერიის კონტაქტური მეტამორფიზმის მაქსიმალური ტემპერატურა ≈ 570 °C აღწევდა, ხოლო წნევა $\approx 0.3-0.8$ კბარის ფარგლებში მერყეობდა. კონტაქტური მეტამორფიზმი რეგიონულთან შედარებით, ბევრად უფრო მაღალი ტემპერატურითა და შედარებით დაბალი წნევით ხასიათდებოდა. მაგმატიტების კონტაქტური ორეოლის მეტაპელიტებში გრანატის არარსებობა დაბალი წნევის ერთ-ერთი მაჩვენებელია.
- ცირკონის U-Pb LA-ICP-MS დათარიღების მონაცემებით, დიზის სერიის დიორიტ-პორფირიტულ ინტრუზივში დადგინდა სამი ასაკობრივი პოპულაცია: Zrn1 (≈ 2200 Ma) და Zrn2 (458 ± 29 Ma), რომლებიც წარმოადგენს ქსენოკრისტალებს ან/და დიორიტ-პორფირიტული მაგმის მიერ უძველესი კრისტალური ფუნდამენტიდან შეტაცებულ დეტრიტულ მარცვლებს, და Zrn3 (166.5 ± 4.6 Ma) რომელიც წარმოქმნილია დიორიტ-პორფირიტული მაგმის კრისტალიზაციის დროს. Zrn3 პოპულაციის ასაკი შეესაბამება დანაოჭების ბათურ ფაზისს.

- გამოთქმულია მოსაზრება, რომ დიზის სერიისა და ყირიმის ვაკის ქანები ერთიან გარემოსა და მსგავსს გეოლოგიურ პირობებში ვითარდებოდა. ეს ვარაუდი ეფუძნება მათი ამგები ქანების მსგავსებას, რეგიონული და კონტაქტური მეტამორფიზმის ბუნებას, მაგმატიზმის თანადროულობასა და მათ სივრცულ განლაგებას.

დანართები

დანართი 1. მინერალების (წონ.%) მიკროზონდული ანალიზის შედეგი დიზის სერიის ქანებიდან

	მუსკოვიტი									ბიოტიტი				
	4-13	8-13	15-13	15-13	50-12	119-12	119-12	94-12	94-12	15-13	15-13/1	50-12	50-12	75-13/1
SiO ₂	47.42	49.81	46.58	48.39	47.21	47.2	47.38	46.03	46.25	36.86	35.58	37	34.55	35.51
TiO ₂	0.28	0.02	0.76	0.19	0.68	0.71	0.44	0.58	0.9	1.62	1.87	1.61	2.28	3.04
Al ₂ O ₃	32.87	36.6	35.89	32.23	35.53	34.22	33	36.02	35.85	17.42	17.76	17.93	21.67	16.11
FeO	2.01	1.3	1.35	1.75	1.09	1.01	1.28	0.9	1.02	18.01	18.84	16.68	16.98	17.99
MnO	–	0.04	0.02	0	–	–	0.02	0.01	–	0.42	0.27	0.22	0.22	0.11
MgO	1.99	1	0.89	1.99	1.09	0.96	1.28	0.38	0.44	12.09	11.28	12.82	9.86	10.25
CaO	0.01	0.06	0.01	0.06	0.03	0.05	0.08	–	0.02	0.09	0.1	0.02	0.02	0.1
Na ₂ O	0.28	0.02	0.77	0.21	1.04	0.4	0.34	0.51	0.48	0.07	0.14	0.14	0.21	0.05
K ₂ O	10.06	9.51	9.69	9.64	9.4	9.68	9.56	9.74	10.16	8.27	8.92	8.88	9.64	9.68
F	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.77	0.73	0.68	0.29	0.61
Cl	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.07	0.08	0.04	0.02	0.12
ჯამი	94.92	98.36	95.96	94.46	96.07	94.23	93.38	94.17	95.12	95.69	95.57	96.02	95.74	93.57
Si	3.18	3.23	3.08	3.27	3.11	3.19	3.23	3.11	3.1	2.87	2.78	2.84	2.67	2.85
Ti	0.01	–	0.04	0.01	0.03	0.04	0.02	0.03	0.05	0.09	0.11	0.09	0.13	0.18
Al	2.6	2.8	2.8	2.56	2.76	2.73	2.65	2.87	2.83	1.6	1.63	1.62	1.97	1.52
Al, 4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1.13	1.22	1.16	1.33	1.15
Al, 6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.47	0.41	0.46	0.64	0.37
Fe ^{II}	0.11	0.07	0.07	0.1	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	1.17	1.23	1.07	1.09	1.21
Mn	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01
Mg	0.2	0.1	0.09	0.2	0.11	0.1	0.13	0.04	0.04	1.4	1.31	1.47	1.13	1.23
Ca	–	–	0	0	–	–	0.01	–	–	0.01	0.01	–	–	0.01
Na	0.04	–	0.01	0.03	0.13	0.05	0.04	0.07	0.06	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01
K	0.86	0.79	0.82	0.83	0.79	0.83	0.83	0.84	0.87	0.82	0.89	0.87	0.95	0.99
F	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.19	0.18	0.17	0.07	0.15
OH	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1.8	1.81	1.83	1.93	1.83
X(Mg)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.54	0.51	0.58	0.51	0.5

დანართი 1 (გაგრძელება)

	ბიოტიტი								Mg-რეტყურა					აქტინოლიტი	
	119-12	94-12	91-12	91-12	11-15/2	11-15/3	62-12	62-12	15-13/1	15-13/1	50-12/1	11-15/3	62-12	41-12	41-12
SiO ₂	34.12	34.29	35.45	34.18	36.79	38.15	36.54	36.45	47.93	45.37	46.5	47.81	46.4	50.95	49.85
TiO ₂	2.83	1.37	1.41	1.62	3.17	1.87	4.22	4.41	0.4	0.47	0.4	0.3	1.25	0.22	0.26
Al ₂ O ₃	20.98	21.91	21.8	21.68	14.53	16.39	14.34	14.21	8.02	11.4	9.75	8.15	7.61	3.91	5.86
FeO	18.73	21.23	21.45	19.93	15.77	15.23	19.58	19.17	16.59	15.36	14.3	13.2	16.41	14.79	15.29
MnO	0.14	0.06	0.12	0.04	0.17	0.07	0.22	0.2	0.95	0.07	0.19	0.31	0.41	0.54	0.63
MgO	9.12	6.77	6.78	7.42	16.84	15.55	10.88	10.95	11.01	10.31	12.28	14.12	11.5	12.19	12.61
CaO	–	–	0.01	0.1	0.08	0.05	0.03	0.04	12.37	12.17	11.75	11.41	11.2	12.38	12.4
Na ₂ O	0.22	0.17	0.17	0.19	0.17	0.26	0.04	0.07	0.49	0.79	0.86	0.98	1.41	0.23	0.32
K ₂ O	9.34	9.31	9.26	9.08	9.2	8.11	9.73	9.59	0.45	0.64	0.6	0.26	0.74	0.19	0.29
F	0.43	0.49	0.56	0.52	0.13	0.53	0.62	0.64	–	–	–	–	–	–	–
Cl	0.02	–	0.06	0.05	–	0.07	0.05	0.04	–	–	–	–	–	–	–
ჯამი	95.93	95.6	97.07	94.81	96.85	96.28	96.25	95.77	98.21	96.58	96.63	96.54	85.73	95.4	97.51
Si	2.66	2.71	2.77	2.71	2.75	2.89	2.87	2.88	7.07	6.76	6.99	6.99	7.52	7.62	7.32
Ti	0.17	0.08	0.08	0.1	0.18	0.11	0.25	0.26	0.04	0.05	0.04	0.03	0.15	0.02	0.03
Al	1.93	2.04	2.01	2.03	1.28	1.46	1.33	1.32	–	–	–	–	–	–	–
Al, 4	1.34	1.29	1.23	1.29	1.25	1.11	1.13	1.12	0.93	1.24	1.01	1.01	0.48	0.38	0.68
Al, 6	0.59	0.75	0.77	0.74	0.04	0.35	0.2	0.2	0.46	0.76	1.39	0.39	0.98	0.31	0.33
Fe ^{III}	–	–	–	–	–	–	–	–	0.19	0.1	0.44	0.44	0.46	0.07	0.18
Fe ^{II}	1.22	1.4	1.4	1.32	0.99	0.96	1.28	1.26	1.85	1.82	1.04	1.17	1.77	1.78	1.7
Mn	0.01	–	0.01	–	0.01	–	0.01	0.01	0.12	–	0.02	0.04	0.06	0.07	0.08
Mg	1.06	0.8	0.79	0.88	1.88	1.75	1.27	1.29	2.42	2.29	3.07	3.07	2.78	2.72	2.76
Ca	–	–	–	0.01	0.01	–	–	–	1.95	1.94	1.86	1.79	1.74	1.98	1.95
Na	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.01	0.01	0.14	0.22	0.25	0.28	0.44	0.07	0.09
K	0.93	0.94	0.92	0.92	0.88	0.78	0.97	0.96	0.08	0.12	0.12	0.05	0.15	0.04	0.05
F	0.11	0.12	0.14	0.13	0.03	0.13	0.15	0.16	–	–	–	–	–	–	–
OH	1.89	1.88	1.85	1.86	1.97	1.86	1.84	1.84	–	–	–	–	–	–	–
X(Mg)	0.46	0.36	0.36	0.4	0.65	0.64	0.5	0.5	0.54	0.54	0.5	0.66	0.56	0.59	0.68

დანართი 1 (გაგრძელება)

	აქტივობა							კლინოპროქსენი				კუმინგტონიტი			
	45-12	75-13/1	75-13/1	11-15/2	11-15/2	11-15/2	11-15/2	41-12	75-13-1	62-12	62-12	11-15/2	11-15/2	11-15/3	11-15/3
SiO ₂	50.9	50.91	51.99	50.83	49.54	50.99	49.62	52.07	50.44	51.34	51.55	54.19	54.36	54.22	53.9
TiO ₂	0.09	0.07	0.1	0.37	0.51	0.24	0.42	0.16	0.05	0.06	0.05	0.08	0.09	0.07	0.1
Al ₂ O ₃	3.12	3.02	3.3	3.86	5.58	4.39	5.81	0.98	0.64	0.64	0.37	1.05	1.04	0.69	1.38
FeO	16.45	19.17	14.4	12.73	13.42	12.87	12.8	13.3	15.12	14.45	14.34	20.75	20.92	20.82	20.74
MnO	0.21	0.45	0.19	0.56	0.59	0.36	0.36	0.87	0.45	0.72	0.91	0.91	0.9	0.78	0.73
MgO	11.88	10.59	13.78	18.17	17.39	18	17.57	9.79	8.12	9.07	8.34	21.21	21.28	19.03	18.62
CaO	12.4	12.23	12.64	10.97	10.63	11.47	11.66	23.9	24.17	23.37	23.96	1.41	1.59	1.09	1.62
Na ₂ O	0.33	0.3	0.36	0.31	0.48	0.37	0.41	0.06	0.15	0.22	0.11	0.11	0.12	0.07	0.16
K ₂ O	0.21	0.23	0.18	0.19	0.29	0.17	0.23	-	-	0.01	-	-	-	-	0.02
ჯამი	95.59	96.97	96.94	97.99	98.43	98.86	98.88	100.17	99.16	99.92	99.63	99.71	100.3	96.77	97.27
Si	7.48	7.65	7.63	7.39	7.16	7.34	7.14	1.97	1.97	1.98	2	7.6	7.58	7.91	7.82
Ti	0.02	0.01	0.01	0.04	0.06	0.03	0.05	-	-	-	-	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.03	0.03	0.02	0.17	0.17	0.12	0.24
Al, 4	0.52	0.35	0.37	0.61	0.84	0.66	0.86	-	-	-	-	-	-	-	-
Al, 6	0.26	0.18	0.2	0.06	0.11	0.08	0.12	0.02	-	0.01	-	-	-	-	-
Fe ^{III}	0.09	0.06	0.03	-	0.28	0.11	0.28	-	0.04	0.03	-	0.63	0.67	0.06	0.14
Fe ^{II}	1.72	2.34	1.74	1.55	1.34	1.43	1.25	0.42	0.45	0.44	0.46	1.8	1.76	2.48	2.37
Mn	-	0.06	0.02	0.07	0.07	0.04	0.04	0.03	0.01	0.02	0.03	0.11	0.11	0.1	0.09
Mg	2.89	2.37	3.01	3.94	3.74	3.86	3.76	0.55	0.47	0.52	0.48	4.43	4.42	4.14	4.03
Ca	1.32	1.97	1.99	1.71	1.65	1.77	1.8	0.97	1.01	0.96	1	0.21	0.24	0.17	0.25
Na	0.1	0.09	0.1	0.09	0.13	0.1	0.11	-	0.01	0.02	0.01	0.03	0.03	0.02	0.04
K	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.03	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-
X(Mg)	0.52	0.5	0.63	0.7	0.71	0.71	0.71	0.55	0.5	0.53	0.49	0.65	0.65	0.62	0.62

დანართი 1 (გაგრძელება)

	კორდიერტი									ქლორიტი				გრანატი		კლინოვოიზიტი
	50-12	119-12	119-12	119-12	94-12	94-12	91-12	91-12	91-12	4-13	8-13	23-13	50-12	62-12	62-12	62-12
SiO ₂	48.84	48.48	49.22	48.81	47.71	47.69	47.86	47.76	48.02	25.7	26.69	27.08	29.58	36.78	36.92	38.58
TiO ₂	0.36	0.01	0.04	0.04	0.05	0.01	0.04	0.04	0.03	0.06	0.06	0.9	0.11	2.11	2	0.05
Al ₂ O ₃	32.72	32.47	33.38	32.97	32.47	32.22	32.4	32.14	32.6	22.57	23.34	21.11	19.44	13.78	13.49	28.86
FeO	7.32	7.68	7.83	7.63	11.22	11.13	10.6	10.76	11.43	26.11	23.55	23.1	21.48	10.42	10.7	6.58
MnO	0.03	0.25	0.26	0.2	0.14	0.23	0.26	0.23	0.27	0.21	0.11	0.24	0.39	0.67	0.53	0.27
MgO	6.22	8.19	8.23	7.95	5.94	5.88	6.37	6.24	6.09	15.78	16.22	16.32	16.47	0.09	0.09	0.03
CaO	0.04	0.04	0.04	0.05	0.03	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.07	0.12	34.15	34.27	24.06
Na ₂ O	2.3	0.2	0.15	0.14	0.17	0.25	0.19	0.17	0.19	-	0.01	0.01	0.02	-	-	-
K ₂ O	0.02	0.01	0.02	0.4	0	0.01	0.03	0.01	0.03	0.09	0	0.05	0.1	-	-	-
ჯამი	97.85	97.33	99.17	98.19	97.73	97.47	97.78	97.38	98.68	90.54	90.06	88.88	87.75	98	98	98.43
Si	4.99	5.03	5.02	5.02	5.01	5.02	5.01	5.03	5	5.25	5.43	5.76	6.18	2.93	2.94	2.96
Ti	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.01	0.02	0.02	0.13	0.12	-
Al	3.94	3.97	4.01	4	4.02	4	4	3.99	4	5.43	5.6	5.14	4.79	1.29	1.26	2.61
Al, 4	1.01	0.97	0.98	0.98	0.99	0.98	0.99	0.97	1	-	-	-	-	-	-	-
Al, 6	2.94	3	3.02	3.02	3.03	3.02	3.01	3.01	2.99	-	-	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	0.01	-	-	-
Fe ^{III}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	-	0.03	-	0.61	0.62	0.46
Fe ^{II}	0.62	0.67	0.67	0.66	0.98	0.98	0.93	0.95	0.99	4.37	4	3.96	3.75	0.09	0.09	-
Mn	-	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02	0.04	0.07	0.05	0.04	0.02
Mg	0.95	1.27	1.25	1.22	0.93	0.92	0.99	0.98	0.94	4.8	4.92	4.86	5.13	0.01	0.01	-
Ca	-	-	-	0.01	-	0.01	-	-	-	-	-	0.02	0.03	2.91	2.92	1.98
Na	0.46	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05	0.04	0.03	0.04	-	-	-	0.01	-	-	-
K	-	-	-	0.05	-	-	-	-	-	0.02	-	0.01	0.03	-	-	-
X(Mg)	0.6	0.65	0.64	0.64	0.48	0.48	0.51	0.5	0.48	0.48	0.45	0.56	0.42	0.01	0.01	-

დანართი 1 (გაგრძელება)

	ალბიტი		ანდეზინი							ლაბრადორიტი		ბიტოვნიტი		K-მინდვრის შპატი	პრენიტი	
	4-13	4-13	15-13	50-12	50-12	75-13-1	11-15/2	62-12	62-12	75-13-1	62-12	75-13-1	15-13-1	94-12	41-12	41-12
SiO ₂	68	68.54	55.9	56.68	58.16	57.95	55.25	55.58	58.78	53.87	53.94	48.55	47.48	64.76	43.64	43.38
TiO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	0.01
Al ₂ O ₃	19.77	21.29	27.86	26.26	26.05	26.37	28.35	27.99	25.95	28.92	29.16	32.67	34.32	18.81	24.32	24.54
FeO	0.1	0.04	0.26	0.23	0.29	0.11	0.35	0.33	0.15	0.04	0.46	0.21	0.13	0.27	0.41	0.57
MnO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.19
MgO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-
CaO	0.04	1.36	9.75	7.54	7.34	8.52	10.34	9.85	7.62	11.65	11.32	16.08	16.65	0.6	27.34	27.3
Na ₂ O	11.41	9.53	6.37	7.52	7.59	6.61	6.02	6.02	7.28	5.07	5.23	2.46	2	0.2	-	-
K ₂ O	0.07	0.01	0.08	0.16	0.19	0.2	0.03	0.12	0.15	0.12	0.13	0.21	0.07	16.06	-	-
ჯამი	99.39	100.77	100.22	98.39	99.62	99.76	100.34	99.89	99.93	99.67	100.24	100.18	100.65	100.7	95.78	95.99
Si	2.99	3.02	2.5	2.56	2.6	2.6	2.47	2.5	2.63	2.44	2.43	2.22	2.16	2.98	2.73	2.71
Ti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al	1.03	1.1	1.47	1.4	1.37	1.4	1.5	1.48	1.37	1.54	1.55	1.76	1.84	1.02	1.79	1.81
Fe ^{II}	-	-	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	-	0.02	0.01	-	0.01	0.02	0.03
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01
Mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	-	0.06	0.47	0.36	0.35	0.41	0.5	0.47	0.36	0.56	0.55	0.79	0.81	0.03	1.83	1.83
Na	0.97	0.81	0.55	0.66	0.66	0.58	0.52	0.52	0.63	0.44	0.46	0.22	0.18	0.02	-	-
K	-	-	-	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.94	-	-
X(Ca)	-	0.07	0.46	0.35	0.34	0.41	0.49	0.47	0.36	0.56	0.54	0.77	0.82	0.03	-	-
X(Na)	0.99	0.93	0.54	0.64	0.64	0.58	0.51	0.52	0.63	0.44	0.45	0.21	0.18	0.02	-	-
X(K)	-	-	-	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.95	-	-

დანართი 2. დიზის სერიის მეტამორფული ქანების გეოთერმობარომეტრია

ქანი	ავტორები	ნომ.	გეოთერმომეტრები - T °C						გეობარომეტრი - P კბარი			
			Chl	Hbl-Pl	Bt-Cpx	Hbl-Cpx	Bt-Crd	Ti Ms-ში	ავტორი	ნომ.	Hbl-Pl	
რეგიონულად მეტამორფიზებული	Cathelineau, Nieva, 1985 Kranidiotis, McLean, 1987 Cathelineau, 1988	4-13	საშ. 346							Ферштатер, 1990	41-12	1.5-2.3
	Jowett, 1991 Hiller, Velde, 1991 Zang, Fyfe, 1995	8-13	საშ. 324									
კონტაქტურად მეტამორფიზებული (II ზონა)	Holland, Blundy, 1994	75-13		489						Ферштатер, 1990	75-13	0.3-0.5
	Jaques, Blake, Donchak, 1982			468								
				503								
	Spear, 1981			495								
				461								
				436								
				503								
				474								
კონტაქტურად მეტამორფიზებული (III ზონა)	Spear, 1981	11-15		620						Ферштатер, 1990	62-12	0.8
		62-12		582								
	Перчук, Рябчиков, 1976	62-12			585	575						
	Лаврентьева, Перчук, 1981	91-12					570					
		94-12					540	550				
	Wu, Chen, 2015	119-12						526				

დანართი 3. დიზის სერიის მეტადანალექი ქანების XRF ანალიზის შედეგები

კომპონენტი	81-13	62-12	45-12	41-12	15-13	17-13	19-13	23-13	8-13	3-13
SiO ₂	53.73	51.11	66.03	67.68	54.93	57.87	62.67	55.82	53.08	64.04
TiO ₂	0.96	1.03	0.49	0.43	0.671	0.589	0.867	1.00	0.8225	0.5219
Al ₂ O ₃	23.96	15.59	10.97	10.4	9.987	15.35	14.72	16.88	17.51	13.2
Fe ₂ O ₃	3.90	8.57	3.10	4.97	4.958	7.601	5.477	8.21	7.852	3.923
MnO	0.06	0.14	0.06	0.10	0.29	0.15	0.07	0.12	0.0622	0.0351
MgO	1.40	5.95	3.03	2.80	2.545	3.428	3.082	6.32	4.737	2.754
CaO	0.40	8.72	6.00	4.46	9.931	2.562	1.949	2.46	3.165	2.443
Na ₂ O	0.14	2.42	1.53	0.14	0.135	0.135	1.144	0.72	0.1353	0.6392
K ₂ O	6.37	1.36	2.28	2.14	2.116	2.302	3.029	3.43	3.075	2.383
P ₂ O ₅	0.17	0.35	0.09	0.12	0.125	0.133	0.151	0.22	0.1788	0.1319
SO ₃	0.03	0.05	0.13	0.60	0.644	0.521	0.138	0.01	0.0236	0.0166
ჯამი	91.27	95.50	93.91	93.92	86.45	90.71	93.50	95.43	90.71	90.24
V	100	175.5	56.44	68.92	81.03	95.11	106.9	168.3	134.1	65.79
Cr	219	229.9	446.2	430	434	321.1	229.5	341.1	201.6	218
Co	7	33	7.626	9.46	15.26	15.06	10.23	27.6	30.2	6.184
Ni	31	99.3	50.51	28.57	73.59	65.86	34.05	126	93.57	37.96
Rb	227.5	52.4	87.28	110.6	95.19	139.1	96.84	101.5	106.1	71.35
Sr	55.9	268.8	238.1	164.3	284	136.2	98.09	121.3	127.5	116.5
Y	51.7	32	19.66	22.5	23.62	28.16	25.65	28.73	24.55	19.36
Zr	222.2	140	145.3	120.9	202	169.4	195.8	149.1	136.1	141.3
Nb	21.2	10.3	9.074	7.295	8.624	13.19	11.7	11.18	10.68	7.848
Cs	10.2	6.3	5.401	5.65	5.891	5.844	5.612	5.974	5.839	5.158
Ba	919	210.3	227.6	246	260.9	238.4	412.5	472.1	402.5	296.6
La	48	29.5	21.34	9.354	30.13	30.01	24.49	9.437	9.486	9.342
Ce	115	86.2	44.46	51.34	48.31	77.12	51.89	85.12	65.53	45.79
Nd	87.8	123.9	49.51	71.56	11.85	107.9	82.63	115	97.39	54.5
Hf	1.1	2.79	1.062	1.117	1.184	3.284	1.138	2.871	1.996	1.043
Ta	2.3	3	3.05	2.378	2.541	2.599	2.4	2.691	2.63	2.202
Th	31.9	3.8	9.672	8.663	11.1	20.48	13.14	11.81	10.77	8.073
U	7.5	1	2.54	1.675	1.175	4.352	2.056	1.323	1.533	0.9854
Cl	641	485.9	397	712.4	612.7	422.9	437.6	401	434.1	368.6
Se	0.5	0.5	0.462	0.467	0.491	0.49	0.464	0.4985	0.4844	0.4331
Br	0.3	0.3	0.266	0.706	0.318	0.994	0.298	0.3188	0.2836	0.2548
Pb	19.4	13.9	21.26	11.25	18.99	17.63	18.83	7.058	13.1	8.759
Zn	41.9	120.9	42.54	88.19	123.5	85.16	61.6	103.5	110.1	54.81
Cu	4.2	21.4	22.88	20.77	84.23	31.08	11.48	39.08	51.07	13.33
As	120.7	0.7	21.2	11.41	10.53	6.653	13	2.787	9.299	2.277
Hg	1.9	2.2	1.879	1.959	2.071	0.69	1.924	2.083	2.027	1.79
Tl	1.6	0.8	0.6545	0.682	0.97	2.055	0.664	0.7194	0.7457	0.6415
Sn	1.6	1.9	1.55	1.645	1.737	1.762	1.642	1.813	1.735	1.502
Sb	1.5	1.9	1.469	1.537	1.603	1.641	1.56	1.763	1.641	1.436
W	1.3	1.6	1.293	1.361	1.448	1.49	1.373	1.537	1.503	1.261
Bi	0.7	0.8	0.7593	0.735	0.811	0.774	0.771	0.7946	0.7708	0.6864
Mo	3.2	3.2	21.25	24.89	16.01	20.5	8.785	7.366	3.675	6.504
Ga	29.3	19	6.469	9.353	5.895	0.763	10.82	18.55	15.46	6.123
Ge	0.7	0.8	0.7002	0.729	0.772	17.46	0.729	0.7869	0.7557	0.6642

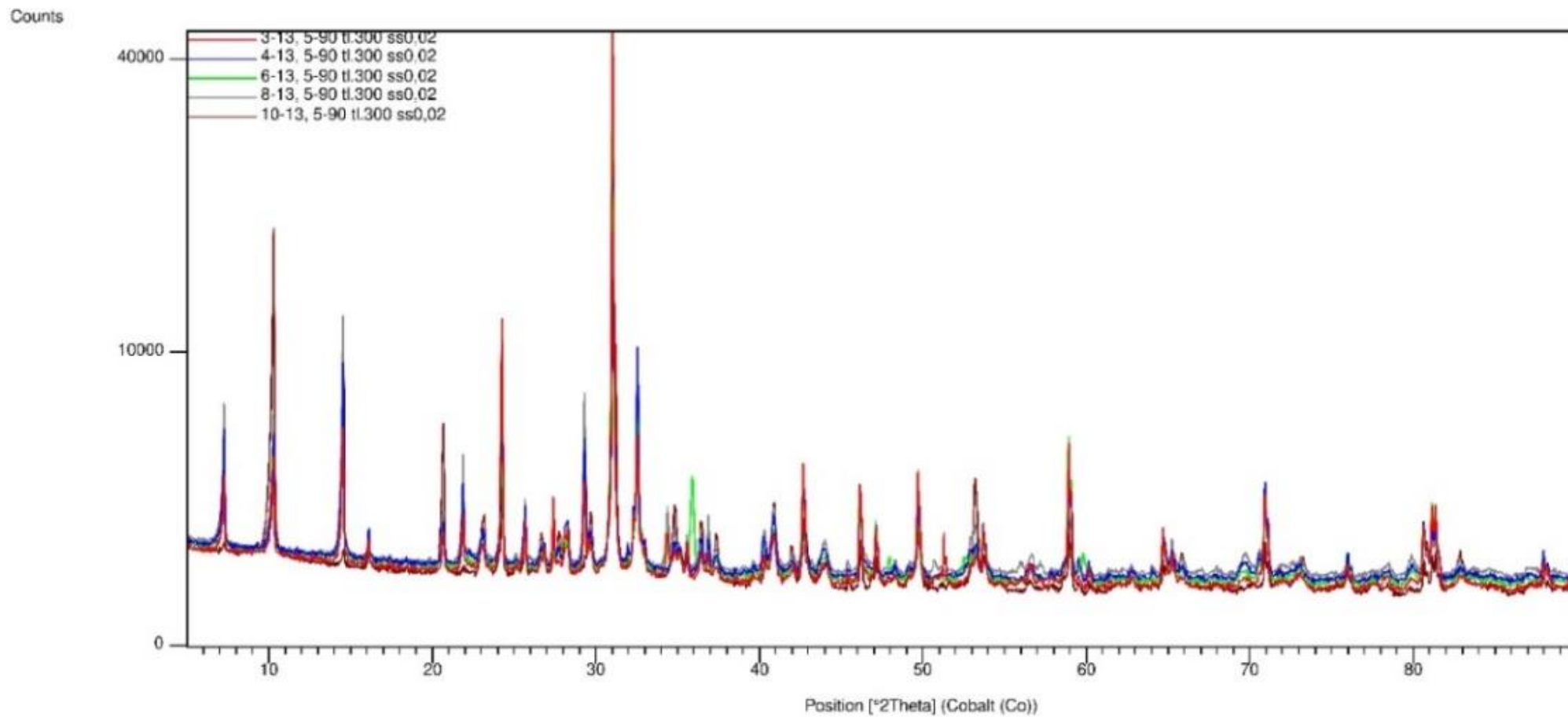
დანართი 3. დიზის სერიის მეტადანალექი ქანების XRF ანალიზის შედეგები (გაგრძელება)

კომპონენტი	4-13	75-13	10-13	21-13	18-13	25-13	6-13	13-13	26-13	58-19T
SiO ₂	62.37	66.29	51.06	66.68	53.25	60.65	59.04	72.19	58.4	80.95
TiO ₂	0.7759	0.6301	0.9341	0.7504	1.014	0.8966	0.6887	0.3098	0.6074	0.33
Al ₂ O ₃	14.86	11.42	26.45	10.54	19.35	16.14	13.98	14.35	14.63	9.00
Fe ₂ O ₃	5.898	4.053	2.648	5.607	6.497	7.167	5.281	2.383	6.628	0.78
MnO	0.0373	0.0725	0.0299	0.0919	0.2653	0.1009	0.0726	0.0241	0.093	0.01
MgO	3.63	2.873	0.9305	4.757	3.654	2.453	3.624	0.9353	5.408	0.50
CaO	0.2494	7.363	0.2796	3.843	3.323	0.5253	2.887	1.132	2.385	0.04
Na ₂ O	0.1353	1.893	0.2313	0.1353	0.3345	0.1496	0.1353	0.6485	2.96	0.14
K ₂ O	2.656	1.394	6.986	2.185	3.849	3.535	2.824	3.061	2.213	2.35
P ₂ O ₅	0.1582	0.1431	0.1173	0.1874	0.1416	0.126	0.1644	0.0594	0.1753	0.08
SO ₃	0.0025	0.0545	0.0873	0.1536	0.0333	0.1942	0.0870	0.4894	0.0197	0.49
ჯამი	90.80	96.38	90.03	95.00	91.97	91.94	88.84	95.78	93.70	94.71
V	90.69	57.06	122.7	103.6	173.4	102.8	87.41	44.07	145.4	155.9
Cr	272.4	324	150.9	442.1	228.3	231.4	369.3	449.5	130.3	593.2
Co	22.48	14.9	5.386	18.7	18.61	26.67	8.352	4.956	9.866	2.863
Ni	116.6	50.51	13.79	85.29	83.89	49.7	86.33	19.73	14.31	10.47
Rb	87.02	48.8	252.2	69.75	115	123	81.57	96.14	43.26	62.85
Sr	46.03	255.5	73.46	119.9	120.6	64.74	99.92	65.86	93.55	5.776
Y	22.61	23.17	47.14	21.89	30.09	18.75	22.34	18.34	22.52	17.9
Zr	153.6	170.4	216.7	154.5	155	147.2	173.1	144.8	124.9	37.6
Nb	11.14	9.37	22.73	8.198	11.62	9.449	8.984	7.979	6.472	4.281
Cs	5.415	5.568	4.944	5.707	5.829	5.767	5.438	4.918	5.635	8.707
Ba	336.2	244.2	809	224.1	533	369.3	311.9	310.2	465.9	263.7
La	9.467	18.12	40.07	25.39	24.46	20.54	25.44	23.08	21.44	9.137
Ce	41.16	43.14	102.9	62.97	53.79	51.46	44.11	54.75	34.87	56.13
Nd	75.38	66.46	98.82	77.05	77.45	82.34	79.18	43.26	80.54	21.64
Hf	1.124	1.106	1.053	1.144	1.22	1.207	1.114	0.9801	1.168	0.8809
Ta	2.358	2.362	2.176	2.432	2.555	2.518	2.351	2.594	2.463	2.381
Th	8.234	7.598	29.36	5.845	12	8.597	8.036	14.11	9.85	4.376
U	1.82	1.176	4.608	1.033	1.826	1.225	1.058	2.518	2.056	1.326
Cl	338.9	461.7	568.3	376.5	522.2	449.8	350.5	561.1	429	498.1
Se	0.4496	0.4674	0.4614	0.4691	0.4821	0.4758	0.4539	0.4351	0.4657	2.019
Br	0.5842	0.6365	0.2609	0.5054	0.3156	0.303	0.2667	0.2486	0.2737	0.5308
Pb	3.156	7.564	36.35	11.6	19.53	17.51	10.44	29.02	9.415	8.733
Zn	74.17	59.65	39.82	77.34	82.61	80.25	79.13	50.3	49.94	6.098
Cu	13.46	9.686	9.436	45.21	26.83	55.42	19.2	14.91	5.51	18.28
As	5.292	1.948	25.55	9.443	15.55	6.242	12.81	3.922	7.869	12.62
Hg	1.867	1.954	1.832	1.958	2.004	1.98	1.89	1.743	1.931	1.584
Tl	0.6657	0.6996	0.8103	0.6846	0.6843	0.6728	0.6635	0.5975	0.6768	0.5794
Sn	1.601	1.623	1.556	1.669	1.715	1.706	1.58	1.417	1.673	1.282
Sb	1.477	1.521	1.651	1.595	1.605	1.604	1.48	1.368	1.554	8.072
W	1.348	1.351	1.478	1.395	1.459	1.447	1.345	1.192	1.407	1.069
Bi	0.7138	0.759	0.6988	1.478	0.7684	0.7984	0.7211	0.6652	0.7425	0.6056
Mo	3.551	13.04	0.5565	18.24	3.427	8.085	6.357	28.44	3.156	42.29
Ga	11.54	9.91	25.73	9.691	20.59	14.97	9.409	5.574	10.3	1.013
Ge	0.6948	0.72	0.6775	0.7249	0.7645	0.7702	0.7014	0.6342	0.7149	0.5886

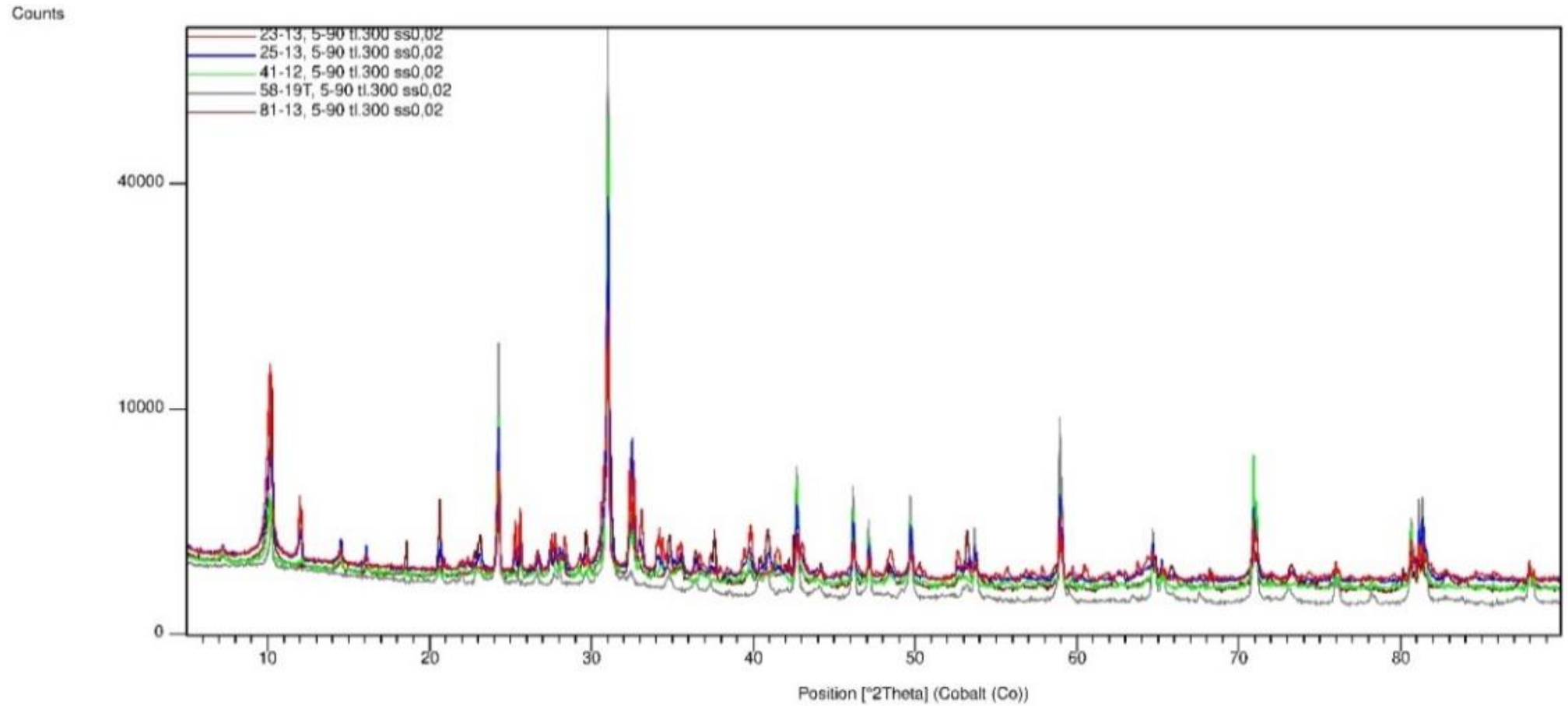
დანართი 3. დიზის სერიის მეტადანალექი ქანების XRF ანალიზის შედეგები (გაგრძელება)

კომპონენტი	9-13	57-12	39-12	91-12	50-12	32-13	60-13	119-12	16-13	11-15
SiO ₂	47.83	49.61	66.81	60.68	50.87	62.08	63.78	65.31	61.42	41.26
TiO ₂	0.5248	1.096	0.5613	0.741	0.338	0.749	0.632	0.6002	0.3301	1.077
Al ₂ O ₃	10.46	19.49	11.82	17.84	9.464	12.54	13.79	11.12	14.98	20.92
Fe ₂ O ₃	1.876	8.764	3.989	5.339	3.871	8.679	4.742	4.623	3.942	8.426
MnO	0.1944	0.0628	0.0763	0.072	0.122	0.438	0.043	0.1056	0.1365	0.1502
MgO	1.713	4.892	4.526	1.819	2.865	6.929	3.501	3.561	1.289	7.025
CaO	14.16	1.065	3.694	0.73	12.68	4.344	3.402	4.832	5.015	13.32
Na ₂ O	0.1353	0.1372	1.388	0.135	0.135	0.135	2.779	0.0527	2.364	0.1353
K ₂ O	2.519	7.4	1.251	6.231	1.742	1.701	2.235	1.846	3.041	1.934
P ₂ O ₅	0.0135	0.1882	0.1156	0.136	0.133	0.163	0.189	0.2174	0.1552	0.1595
SO ₃	0.1864	0.4131	0.7259	1.702	0.095	0.545	0.014	0.3676	0.4334	0.9918
ჯამი	79.7	93.4	95.14	95.55	82.35	98.4	95.27	92.79	93.35	95.57
V	90.94	170.9	85.82	105.7	66.97	115.7	79.43	81.01	36.95	174.4
Cr	285.1	267.2	308.2	280.8	255.9	708.1	258.8	520	164.9	279.9
Co	4.924	38.93	13.89	20.02	6.496	30.87	8.759	6.907	6.488	33.12
Ni	11.83	136.1	53.68	57.62	45.55	203.5	50.24	75.62	3.409	224.2
Rb	90.19	219.4	54.08	185.2	50.53	80.96	60.6	60.28	81.36	84.5
Sr	453.2	137.1	154	69.58	355.3	124.9	144.9	108	427.8	311.3
Y	14.7	32.04	25.6	38.22	22.04	25.37	19.54	25.09	19.29	21.14
Zr	161.6	176.8	168.2	202.2	57.45	145.4	112.6	124.7	192.5	197.7
Nb	9.255	14.05	9.509	14.04	4.318	6.8	7.067	7.075	9.059	12.86
Cs	5.534	6.309	5.304	5.791	5.657	7.223	5.384	5.474	5.57	6.627
Ba	390.3	717.1	154.4	679.1	184	165.3	221.4	169.5	704	255.2
La	28.72	22.25	24.14	24.05	17.91	9.873	21.61	23.45	23.64	27.34
Ce	46.38	53.7	61.63	72.21	34.9	44.47	54.19	47.48	49.14	63.35
Nd	18.87	108.7	61.13	102.1	35.86	12.94	55.88	77.23	82.59	84.44
Hf	1.096	3.911	1.063	2.298	1.129	3.761	1.093	1.095	1.115	3.517
Ta	2.638	2.789	2.252	2.422	2.402	2.756	2.322	2.336	2.355	3.023
Th	10.75	14.01	8.455	20.64	6.153	6.077	6.721	5.863	17.58	15.65
U	1.179	4.027	1.215	4.278	0.973	1.118	0.958	0.9668	4.677	2.704
Cl	437	699.6	525.3	477.7	435.3	438.7	407.7	431.9	445.5	961.4
Se	0.4724	0.5236	0.4566	0.483	0.484	0.729	0.451	0.4553	0.4826	0.899
Br	0.4313	0.5268	0.2636	0.283	0.278	0.320	0.265	0.4732	0.2782	0.4429
Pb	15.8	57.1	19.92	33.94	12.51	7.25	7.917	21.35	30.45	5.213
Zn	18.77	115.3	61.31	63.9	58.3	122.5	59.67	67.34	84.97	86.43
Cu	8.723	72.38	28.8	38.39	36.94	42.46	24.45	27.6	20.3	164.7
As	13.92	7.399	18.18	1.986	4.225	5.151	2.89	11.18	0.4507	1.864
Hg	1.938	2.196	1.87	2.04	1.99	2.103	1.869	1.903	1.958	2.347
Tl	0.6911	1.052	0.6457	0.845	0.7	0.732	0.666	0.6518	0.6633	0.8137
Sn	1.608	1.924	1.544	1.71	1.643	1.867	1.573	1.606	1.598	1.964
Sb	1.509	1.773	2.511	1.59	1.554	1.73	1.476	1.744	1.516	1.888
W	1.328	1.484	1.296	1.392	1.374	1.575	1.33	1.336	1.353	1.712
Bi	0.7346	0.8363	0.7069	0.761	0.774	0.802	0.714	0.7203	0.7438	0.89
Mo	14.62	0.6721	10	10.44	12.69	16.38	11.4	27.21	11.36	2.042
Ga	7.613	25.15	9.606	20.97	5.93	16.35	8.003	8.243	12.46	25.63
Ge	0.708	0.8359	0.6925	0.766	0.726	0.777	0.686	0.7046	0.7176	0.8661

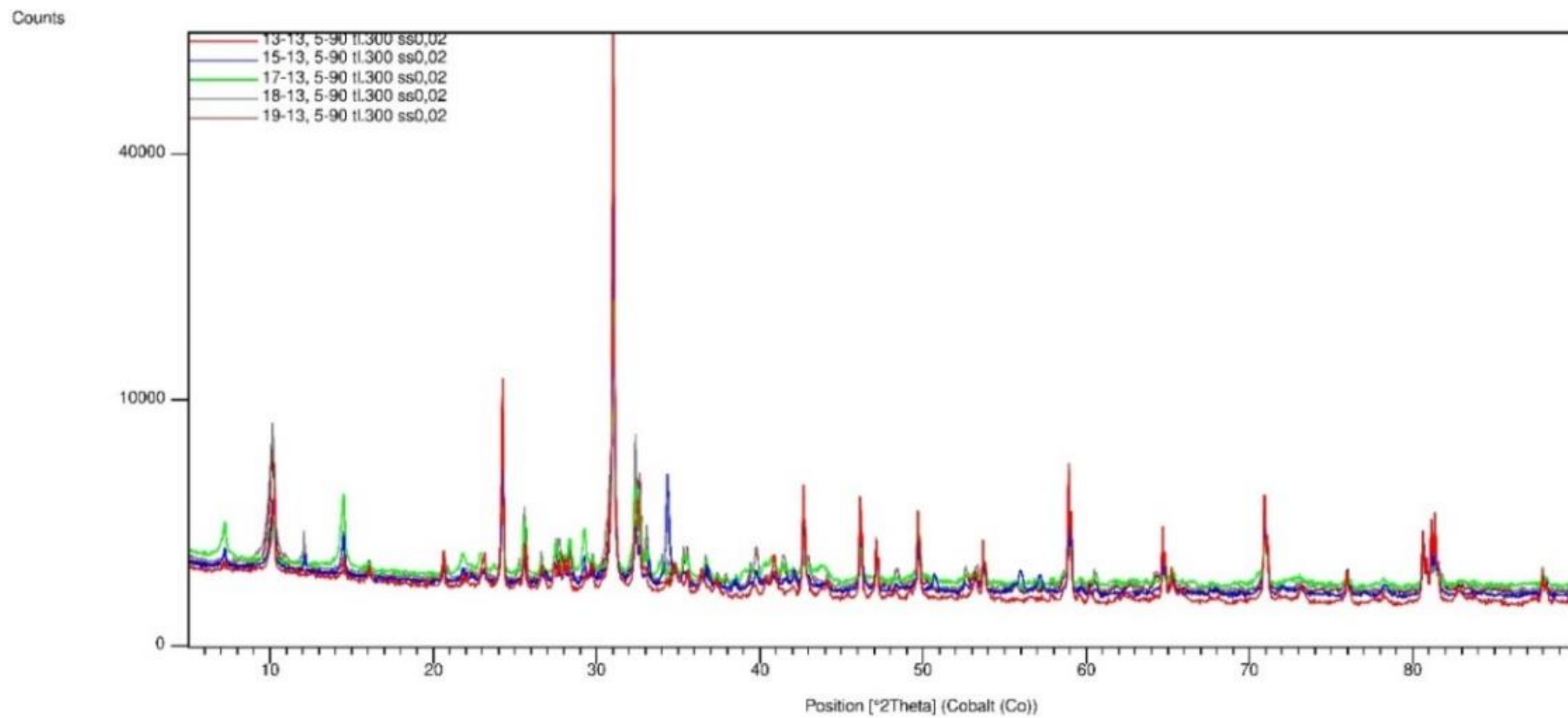
დანართი 4. დიზის სერიის მეტამორფული ქანების დიფრაქტოგრამა



დანართი 4. დიზის სერიის მეტამორფული ქანების დიფრაქტოგრამა (გაგრძელება)



დანართი 4. დიზის სერიის მეტამორფული ქანების დიფრაქტოგრამა (გაგრძელება)



დანართი 5. კირარი-აბაკურის მაგმური კომპლექსის მთავარი კომპონენტები (წონ. %)

ნომ.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SrO	BaO	Cr ₂ O ₃	LOI	ჯამი
Dz-1a	63.71	0.29	18.03	4.26	0.03	3.31	0.4	5.91	0.82	0.07	0.01	<0.01	<0.01	3.44	100.28
Dz-3	58.91	0.43	18.42	5.09	0.16	1.17	5.16	4.07	4.14	0.17	0.08	0.11	0.01	0.95	98.87
Dz-4	60.21	0.48	18.07	5.37	0.18	1.31	4.94	4.1	3.71	0.18	0.08	0.11	0.01	0.87	99.61
Dz-5	61.13	0.42	17.92	4.75	0.19	1.12	4.78	3.79	4.29	0.2	0.07	0.11	0.02	0.98	99.76
Dz-6	60.52	0.41	18.05	4.77	0.14	1.14	4.6	3.87	4.17	0.17	0.07	0.1	0.01	1.13	99.15
Dz-7	58.38	0.46	17.81	5.06	0.18	1.3	4.12	4.73	4.06	0.16	0.04	0.09	<0.01	1.77	98.16
Dz-8	63.97	0.4	16.26	4.73	0.13	1.36	4.68	3.07	3.14	0.14	0.05	0.08	0.02	1.07	99.1
Dz-9	60.48	0.47	17.62	5.67	0.15	1.7	5.36	3.47	2.85	0.19	0.05	0.07	0.02	1.31	99.4
Dz-11	62.06	0.37	17.76	3.86	0.1	0.93	3.13	6.25	1.77	0.11	0.04	0.06	0.01	2.64	99.11
Dz-12	61.89	0.38	17.89	3.92	0.16	0.93	3.37	4.58	4.35	0.12	0.06	0.13	0.01	0.96	98.75
Dz-13	62.26	0.42	19.7	4.35	0.1	1.06	5.1	4.11	2.14	0.19	0.06	0.05	0.02	1.24	100.8
Dz-14	63.67	0.33	16.41	3.97	0.13	1.06	4.48	3.41	3.02	0.12	0.05	0.08	0.01	1.81	98.56
Dz-15	47.13	0.02	0.84	8.95	0.13	34.02	5.52	0.03	0.01	0.02	0.01	<0.01	0.4	3.92	101
Dz-16	57.81	0.56	17.24	6.16	0.15	1.92	5.98	2.97	4.26	0.26	0.06	0.09	0.01	0.96	98.41
Dz-17	60.65	0.48	17.32	5.32	0.15	1.54	5.2	3.42	3.79	0.2	0.06	0.08	0.01	0.76	98.97
Kr-X1	60.96	0.45	16.4	5.73	0.15	1.82	4.42	3.11	4.39	0.17	0.05	0.09	0.02	1.32	99.07
Kr-X2	53.91	0.69	17.48	7.73	0.15	3.24	7.2	2.72	3.17	0.25	0.05	0.08	0.02	1.37	98.07
2-15	47.68	1.15	18.38	11.6	0.22	6.24	11.5	1.72	1.13	0.18	0.05	0.02	0.02	1.7	101.58
11-15	43.16	0.97	22.23	8.85	0.15	6.53	12.94	0.83	1.74	0.13	0.04	0.03	0.04	3.22	100.87
14-15	58.22	0.49	21.53	4.25	0.08	1.53	7.4	3.81	1.35	0.16	0.07	0.04	0.01	1.42	100.36
4-19I	64.63	0.27	16.29	3.17	0.13	0.67	4.22	3.41	3.55	0.08	0.05	0.08	0.04	2.75	99.36
5-19I	41.34	0.07	1.37	8.85	0.22	42.8	1.54	<0.01	0.02	0.03	0.01	<0.01	0.24	3.95	100.43
Ab-3	63.07	0.60	15.16	4.66	0.08	2.75	4.47	4.86	1.69	0.20	0.04	0.03	0.02	-	97.69
Ab-4	56.25	0.72	18.34	5.56	0.04	9.03	0.80	2.86	1.78	0.24	0.01	0.01	0.01	-	95.77
Ab-5	56.85	1.19	24.54	2.84	0.02	1.57	0.38	3.02	4.99	0.10	0.02	0.04	0.01	-	95.77
Ab-8	43.55	1.12	15.2	10.16	0.21	11.8	9.72	1.53	1.55	0.36	0.06	0.04	0.07	-	95.57
Ab-9	45.49	0.37	5.81	10.69	0.18	20.73	16.28	0.14	0.39	0.00	0.02	0.01	0.17	-	100.63
Ab-10	43.31	0.49	10.28	11.7	0.22	18.57	14.81	0.14	0.25	0.13	0.04	<0.01	0.13	-	100.24

პორფენტი: Ab-4, Ab-10. გაბრო: Dz-15, Kr-X2; Ab-8; Ab-9, 2-15, 11-15, 5-19I. დიორიტი: Dz-3, Dz-4, Dz-5. დიორიტ-პორფენტი: Dz-14, 4-19I. სენიტი: Dz-1a, Dz-7, Dz-11, Dz-12. მონცონიტი: Dz-6, Dz-8, Dz-9, Dz-16, Dz-17, Ab-5. გრანიტოიდი: Dz-13, Kr-X1, Ab-3, 14-15.

დანართი 6. იზვიათმიწა ელემენტების კონცენტრაციები კირარი-აბაკურის მაგმურ კომპლექსში

ნომ.	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Dz-1a	18.8	33.8	4.11	16.1	3.58	0.54	3.24	0.47	2.74	0.63	2.22	0.41	2.98	0.46
Dz-3	62.6	117.7	12.11	45.4	8.89	1.91	7.45	1.04	6.08	1.29	3.92	0.62	3.55	0.55
Dz-4	62.2	117	11.63	44.2	8.24	1.85	7.03	0.95	5.41	1.18	3.66	0.6	3.77	0.59
Dz-5	61.9	109.7	10.58	39.1	6.83	1.69	6.07	0.84	4.79	1.02	3.13	0.53	3.43	0.55
Dz-6	60	105.7	10.42	38.4	6.67	1.71	6.08	0.84	4.74	1.04	3.25	0.49	3.48	0.54
Dz-7	77.5	138.9	13.44	49.2	8.21	2.11	7.75	1.02	5.8	1.3	4.13	0.66	4.31	0.7
Dz-8	37.4	67.1	6.48	22.6	4.29	1.01	3.92	0.55	3.07	0.64	2.06	0.34	2.23	0.36
Dz-9	45.1	79.6	7.7	27.8	4.54	1.27	4.31	0.59	3.31	0.74	2.35	0.34	2.38	0.4
Dz-11	76.3	129.8	12.31	44.5	7.19	1.69	6.78	0.94	5.29	1.1	3.52	0.6	3.68	0.62
Dz-12	74.5	128.1	12.14	43.4	6.78	1.74	6.52	0.87	5.26	1.17	3.55	0.58	4.02	0.64
Dz-13	33	59.5	5.65	20.9	3.33	1.41	3.3	0.44	2.43	0.54	1.66	0.26	1.92	0.33
Dz-14	42.3	77.1	7.47	26.6	4.26	1.14	3.88	0.52	3.05	0.66	2.14	0.34	2.17	0.4
Dz-15	0.6	1.1	0.15	0.7	0.12	0.06	0.2	0.03	0.18	0.04	0.11	0.01	0.08	0.01
Dz-16	73.9	128.5	12.06	43.5	6.95	1.55	6.1	0.78	4.18	0.84	2.54	0.36	2.34	0.38
Dz-17	48.4	90.1	8.93	33.4	5.67	1.43	5.45	0.75	4.27	0.92	2.89	0.47	2.97	0.5
Kr-X1	43.8	83.6	8.17	30.8	5.43	1.25	5.13	0.67	3.79	0.81	2.47	0.41	2.7	0.44
Kr-X2	28.7	56.4	5.96	24.2	4.76	1.37	4.54	0.61	3.46	0.71	2.11	0.3	2.09	0.32
2-15	14.7	37.2	5.01	23.8	6.7	1.6	6.55	0.92	5.54	1.19	3.28	0.58	3.02	0.42
11-15	39.8	70.5	6.81	26	5.28	1.56	4.68	0.62	3.67	0.85	2.39	0.43	2.48	0.45
14-15	22.3	42.3	4.44	18.2	3.57	1.4	3.07	0.47	2.79	0.56	1.74	0.27	1.8	0.28
4-19I	45.1	79.3	7.54	26.5	3.93	1.07	3.3	0.47	2.87	0.58	2.01	0.32	2.48	0.4
5-19I	2.4	4.8	0.55	2.3	0.34	0.11	0.38	0.06	0.35	0.06	0.21	0.04	0.19	0.03

პიროქსენიტი: Ab-4, Ab-10. გაბრო: Dz-15, Kr-X2; Ab-8; Ab-9, 2-15, 11-15, 5-19I. დიორიტი: Dz-3, Dz-4, Dz-5.
 დიორიტ-პორფირიტი: Dz-14, 4-19I. სიენიტი: Dz-1a, Dz-7, Dz-11, Dz-12. მონციონიტი: Dz-6, Dz-8, Dz-9, Dz-16,
 Dz-17, Ab-5. გრანიტოიდი: Dz-13, Kr-X1, Ab-3, 14-15.

დანართი 7. მადნეული მნიშვნელობის კომპონენტების კონცენტრაციები კირარი-აბაკურის მაგმურ კომპლექსში

	Ag	As	Au	Bi	Cd	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Zn
ნომ.	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Dz-1a	0.04	7.4	0.0118	2.3	BDL	9.8	0.013	25.72	12	6.6	0.46	BDL	7
Dz-3	0.01	1.9	0.003	0.08	0.02	14.5	0.013	7.66	5.5	8.4	0.13	BDL	33
Dz-4	0.03	7.7	0.0064	0.1	0.03	25.3	0.011	8.64	12.1	8.5	0.25	BDL	40
Dz-5	0.07	1.5	0.0034	0.43	0.04	22.6	0.012	11.07	4.6	7.2	0.13	BDL	36
Dz-6	0.16	4.9	0.0041	0.59	0.06	42.2	0.022	8.03	17.4	7.9	0.2	BDL	32
Dz-7	0.04	2.8	0.0013	0.1	0.06	27.6	0.028	4.97	15.5	24.8	0.3	BDL	53
Dz-8	0.06	1.4	0.0007	0.04	0.04	3.6	0.006	8.32	7.1	4.3	0.1	BDL	43
Dz-9	BDL	2.2	0.001	0.03	0.05	17.1	0.022	8.17	15.7	4.5	0.14	BDL	60
Dz-11	BDL	2.9	0.0011	0.22	0.03	15.8	0.017	6.82	14	8	0.39	BDL	38
Dz-12	BDL	2.2	0.0023	0.15	0.02	10.4	0.007	6.6	4.4	17.8	0.25	BDL	33
Dz-13	0.02	2.7	0.0019	0.07	0.03	25	0.019	9.95	14.1	7.4	0.23	BDL	66
Dz-14	0.07	1.4	0.0208	2.85	0.08	45.7	0.038	5.73	14.5	13.2	0.43	BDL	58
Dz-15	0.04	185	0.0069	0.95	0.89	56	0.037	4.13	2584.8	1.6	2.2	0.4	49
Dz-16	0.01	1.8	0.0009	0.05	0.03	32	0.009	6.31	8	5.5	0.11	BDL	38
Dz-17	0.01	2.1	0.0023	0.07	0.08	30	0.059	5.88	20	5.6	0.54	BDL	46
Kr-X1	BDL	2.1	0.0096	0.05	0.04	4.4	0.009	7.86	7.9	10.6	0.16	BDL	35
Kr-X2	0.02	1.6	0.0038	0.05	0.05	28.4	0.015	8.51	9.7	5.4	0.13	BDL	42
2-15	0.02	2.8	0.0018	0.04	0.12	70.9	0.021	3.92	39.3	4.9	0.11	BDL	49
11-15	0.05	1.7	0.0006	0.04	0.06	193.6	0.008	4.73	229.5	4.3	BDL	0.3	54
14-15	0.02	2.3	0.0024	0.06	0.02	41.9	0.01	7.01	139.3	4.8	0.19	BDL	38
4-19I	0.05	1.7	BDL	0.15	0.06	40.7	0.012	19.16	17.8	15.5	0.53	BDL	56
5-19I	BDL	3.2	BDL	0.19	0.04	6.8	BDL	5.82	984.4	0.7	0.19	BDL	35

შენიშვნა: BDL = გამოვლენის ლიმიტის ქვემოთ

დანართი 8. მადნეული მნიშვნელობის კომპონენტების კონცენტრაციები დიზის სერიის მეტამოფულ ქანებში

	Ag	As	Au	Bi	Cd	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Zn
ნომ.	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
41-12	0.06	13.2	0.0052	0.31	0.09	34.7	0.016	30.54	50.2	8.2	0.37	BDL	78
45-12	0.03	25.1	0.0016	0.18	0.06	38.2	0.011	27.39	77.3	12.1	0.7	BDL	27
50-12	0.03	4.8	0.006	0.41	0.18	47.5	0.01	21.17	61.9	6.3	0.18	BDL	48
62-12	0.02	2.6	0.0007	0.05	0.08	24.4	0.007	5.58	85	2.4	0.11	BDL	65
91-12	0.08	2.2	0.0008	0.56	0.03	50.1	0.012	16.44	82.7	8.3	0.1	0.5	51
119-12	0.03	11.5	0.0027	0.11	0.1	41.2	0.015	31.47	103.3	16.5	0.34	BDL	62
4-13	BDL	4.9	BDL	0.04	0.02	16.3	0.011	5.35	140.1	1.7	0.27	BDL	71
8-13	0.06	7.1	BDL	0.18	0.06	56.8	0.009	5.2	103.4	11.3	0.18	BDL	101
15-13	0.1	13.3	0.0012	0.4	0.22	97.4	0.012	23.79	94.5	11.4	0.62	0.3	107
23-13	0.07	3.9	BDL	0.41	0.03	52.6	0.011	14.55	148.5	1.6	0.15	BDL	97
75-13	BDL	2.4	0.0006	0.05	0.04	15.3	0.009	18.97	52.5	2.3	0.14	BDL	34
81-13	BDL	122.5	BDL	0.12	0.02	8.5	0.008	9.77	47.8	4.4	0.32	BDL	33
41-19T	0.16	32.1	0.0045	0.03	0.02	33.4	0.12	52.62	33	10.4	2.72	BDL	2
58-19T	0.1	14	BDL	0.22	0.03	49.7	0.069	52.98	33.2	9.6	6.6	2.6	6
22-12	BDL	0.6	BDL	0.03	0.05	5.2	0.01	0.62	5.5	2.2	0.1	BDL	8
89-12	BDL	0.3	BDL	0.01	0.05	7.5	0.007	0.47	3.2	1.3	BDL	BDL	5
97-12	BDL	0.8	BDL	0.02	0.03	4.1	0.006	0.39	3.2	4.5	0.06	BDL	5
22-13	BDL	0.5	BDL	0.01	0.02	4	0.009	0.83	3.3	2.6	0.06	BDL	4

შენიშვნა: BDL = გამოვლენის ლიმიტის ქვემოთ

დანართი 9. ცირკონების U-Pb LA-ICP-MS ანალიზის შედეგი დიზის სერიის დიორიტ-პორფირიტული დაიკიდან

წერტილის #	კონცენტრაცია, ppm		Th/U	იზოტოპური თანაფარდობა										იზოტოპური ასაკი, Ma				
	U	Th		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	2σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	2σ	ρ	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	2σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	2σ	ρ	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	2σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	2σ
DZ-14-3	555	564	1.02	0.5550	0.0203	0.0729	0.0017	0.65	13.7174	0.3234	0.05524	0.0013	0.41	235	453.6	5.5	421	25
DZ-14-4	164	82	0.50	0.4620	0.0211	0.0596	0.0017	0.71	16.7785	0.4762	0.05690	0.0021	0.33	21	372.9	7.3	479	67
DZ-14-5	155	80	0.52	8.3200	0.2602	0.4250	0.0109	0.76	2.3529	0.0606	0.14210	0.0031	0.46	59	2283	31	2253	15
DZ-14-6	1940	5115	2.64	0.1791	0.0046	0.0261	0.0006	0.80	38.3436	0.8997	0.04981	0.0011	0.44	128	166	2	185	23
DZ-14-7	15950	58300	3.66	0.1826	0.0049	0.0258	0.0007	0.76	38.7597	0.9901	0.05110	0.0011	0.37	756	164.2	2.6	245	14
DZ-14-8	152	115	0.76	0.5170	0.0199	0.0651	0.0017	0.47	15.3610	0.4022	0.05680	0.0017	0.48	73	406.8	6.6	494	52
DZ-14-9	153	87	0.57	0.5380	0.0272	0.0701	0.0031	0.81	14.2653	0.6372	0.05570	0.0018	0.61	71	436	17	437	55
DZ-14-12	162	82	0.51	0.5580	0.0220	0.0715	0.0019	0.32	13.9860	0.3780	0.05690	0.0020	0.43	127	445.2	7.9	482	62
DZ-14-14	99	45	0.45	0.6350	0.0263	0.0799	0.0025	0.65	12.5156	0.3889	0.05750	0.0022	0.60	42	495	11	502	73
DZ-14-3a	460	516	1.12	0.5430	0.0510	0.0705	0.0014	0.15	14.1844	0.2817	0.05640	0.0056	0.41	52000	440.1	8.3	370	200
DZ-14-4a	139	92	0.66	0.7500	0.1400	0.0596	0.0030	0.31	16.7785	0.8446	0.08900	0.0190	0.52	40000	373	18	820	410
DZ-14-5a	418	159	0.38	7.3000	0.3800	0.3890	0.0150	0.82	2.5707	0.0991	0.13800	0.0039	-0.24	700000	2111	72	2204	51
DZ-14-6a	2176	4100	1.88	0.1950	0.0140	0.0249	0.0005	0.12	40.1445	0.7736	0.05790	0.0046	0.11	127000	158.6	3	480	160
DZ-14-7a	7750	28800	3.72	0.2830	0.0100	0.0326	0.0003	0.18	30.6654	0.3197	0.06280	0.0024	0.00	218000	206.9	2.1	682	80
DZ-14-8a	225	204	0.91	0.4360	0.0760	0.0643	0.0022	0.05	15.5521	0.5321	0.04740	0.0087	0.19	290000	403	14	170	310
DZ-14-9a	79	40	0.51	0.9000	0.1500	0.0635	0.0029	0.08	15.7480	0.7192	0.11000	0.0180	0.28	7600	397	17	1340	350
DZ-14-12a	94	48	0.51	0.3800	0.1200	0.0579	0.0030	0.22	17.2712	0.8949	0.05500	0.0160	0.10	15000	362	18	30	480
DZ-14-14a	148	92	0.62	0.5600	0.1000	0.0625	0.0031	0.01	16.0000	0.7936	0.06800	0.0140	0.45	48000	390	19	480	360

შენიშვნა: ρ - ორ იზოტოპურ თანაფარდობას შორის კორელაციის კოეფიციენტი

დანართი 10. ჰაფნიუმის იზოტოპის შედგენილონა დიზის სერიის დიორიტ-პორფირიტის დაიკის ცირკონებში

წერტილის #	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb age, Ma	±1σ	¹⁷⁶ Lu/ ¹⁷⁷ Hf	¹⁷⁶ Yb/ ¹⁷⁷ Hf	¹⁷⁶ Hf/ ¹⁷⁷ Hf	±1σ	¹⁷⁶ Hf/ ¹⁷⁷ Hf _T	εHf _T	±2σ
DZ-14 - 3a	440.1	8.3	0.002410	0.10050	0.282460	0.000043	0.282440	-2.4	3.0
DZ-14 - 4a	373	18	0.000608	0.02420	0.282402	0.000048	0.282398	-5.4	3.4
DZ-14 - 5a	2204	51	0.000830	0.03200	0.281195	0.000047	0.281160	-7.6	3.3
DZ-14 - 6a	158.6	3	0.009600	0.37830	0.283224	0.000079	0.283196	18.0	5.6
DZ-14 - 7a	206.9	2.1	0.005516	0.21420	0.282843	0.000058	0.282822	5.9	4.1
DZ-14 - 8a	403	14	0.001076	0.04430	0.282426	0.000042	0.282418	-4.0	3.0
DZ-14 - 9a	397	17	0.000247	0.00982	0.282413	0.000031	0.282411	-4.4	2.2
DZ-14 - 12a	362	18	0.000438	0.01690	0.282409	0.000041	0.282406	-5.3	2.9
DZ-14 - 14a	390	19	0.000627	0.02470	0.282368	0.000034	0.282363	-6.2	2.4

დანართი 11. იშვიათი ელემენტების კონცენტრაცია დიზის სერიის დიორიტ-პორფირიტული დაიკის ცირკონებში

წერტილის #	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ასაკი, Ma	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Yb	Lu	Hf	Th	U	Pb
DZ-14 - 3	440	3120	1.88	BDL	9.73	1.37	15.2	15.5	0.61	89.5	323	728	123.9	8619	470	366	99.6
DZ-14 - 4	373	623	1.23	BDL	5.28	0.39	2.59	3.15	0.29	14.4	59.4	184	33.9	9700	77	103	20.2
DZ-14 - 5	2204	856	3.55	BDL	357	114	288	29.7	4.63	37.3	87.5	231	42.7	8630	142	331	209
DZ-14 - 6	159	5707	9.16	BDL	302	9.8	74	50.3	20.6	178	579	1883	338.6	6333	3703	1668	291
DZ-14 - 7	207	4790	33.3	BDL	661	23.9	135.8	61.9	18.9	171.5	446	1326	233	7452	34610	7730	2670
DZ-14 - 8	403	1303	1.3	BDL	5.24	0.31	5.7	7.1	0.45	33.7	132.3	321	54	8661	179.9	173.6	37.4
DZ-14 - 9	397	286	1.01	BDL	3.55	0.21	1.07	1.63	0.247	6.8	27.6	75.7	13.46	9646	37.7	60.4	13.8
DZ-14 - 12	362	457	1.12	BDL	4	0.26	1.44	2.22	0.3	8.7	39.1	135	24.2	9679	48.4	79.2	9.3
DZ-14 - 14	390	717	1.25	BDL	5.01	0.53	1.86	3.72	0.185	16.7	65.2	196	34.8	9449	82.6	114.3	18

შენიშვნა: BDL = გამოვლენის ლიმიტის ქვემოთ

გამოყენებული ლიტერატურა

1. შენგელია, დ., დუდაური, ო., ჩიხელიძე, ქ. (2010) ძირულის კრისტალური მასივის ალპურისწინა წარმონაქმნების U-Pb იზოტოპური გეოქრონოლოგია ცირკონების მიხედვით. აღ. ჯანელიძის სახ. გეოლ. ინსტ. შრომათა კრებული, ახალი სერია, ნაკვ. 125, 51-61
2. შენგელია, დ., წუწუნავა, თ., ჭიჭინაძე გ., ბერიძე, გ. (2015) ახალი მონაცემები დიზის სერიის მეტამორფიზმის შესახებ. თსუ-ს, აღ. ჯანელიძის სახ. გეოლ. ინსტ. შრომები, ახალი სერია, ნაკვ., 127, 117-123
3. ჯავახიშვილი, ი., ბერიძე, გ. (2020) დიზის სერიის (კავკასიონი) ბათური მაგმატიტების პეტროგეოქიმია. თსუ-ს, აღ. ჯანელიძის სახ. გეოლ. ინსტ. შრომები, ახალი სერია, ნაკვ., 132, 157-198
4. Агалин, Г. (1932) Годовой отчет о геологических исследованиях в Сванетии и Абхазии. Фонды ГГУ
5. Адамия, Ш.А. (1968) Доюрские образования Кавказа. Мецниереба, Тбилиси, 294 с.
6. Адамия, Ш.А. (1984) Доальпийское основание Кавказа (состав, строение, становление). Тектоника и мателлогения Кавказа. Тр. Геол. Ин-та ГССР, Нов.Сер., Вып 86, 3-104
7. Адамия, Ш.А., Габуня, Г.Л., Кутелия, З.А., Хуციшвили, О.Д., Цимақურიძე Г.К. (1989) Характерные черты тектоники Кавказа. В: Геодинамика Кавказа. М.: Наука. 3-15
8. Асанидзе, Б.З., Печерский, Д.М., Адамия, Ш.А. (1980) Результаты палеомагнитных исследований палеозойских пород Кавказа. Изв. АН СССР, Физика земли, №9
9. Белов, А.А. (1986) Палеозой Кавказа и проблемы Палеотетиса. Геотектоника 3, 17-29
10. Гамკრелидзе, П., Кахадзе, И. (1945) Геологическое строение Сванетского листа геологической карты Грузии, масштаба 1:200 000. Сообщ. Фил. АН СССР, Т. I, 3, Тбилиси
11. Гамკრелидзе, П., Адамия, Ш., Чихრადзе, Г., Джавахишвили, Ш. (1963) Новые данные по стратиграфии доюрских отложений Сванетии. ДАН СССР, т. 153, 2
12. Гамკრелидзе, И.П. (1980) К исследованию тектонических покровов Кавказа. Сообщ. АН СССР, т.98, 2:369-372

13. Гамкрелидзе, И.П. (1989) Геодинамическая эволюция и механизм формирования структуры Средиземноморского складчатого пояса. In: Belov, A.A., Satian, M.A. Геодинамика Кавказа. Наука, Москва, 28-36
14. Гамкрелидзе, И.П. (1993) Основные черты геологического строения и положение в Альпийском поясе. Геологическое строение и закономерности формирования полезных ископаемых (Крым, Карпаты, Кавказ), Тбилиси, 26-400
15. Гамкрелидзе, И.П. (2000) Вновь о тектоническом расчленении территории Грузии. Труды Инст. Геол. Нов. Сер., т.115, 204-208
16. Гамкрелидзе, И., Шенгелиа, Д. (2005) Докембрийско-палеозойский региональный метаморфизм, гранитоидный магматизм и геодинамика Кавказа. Научный Мир, Москва, 458
17. Герасимов, В.И. Письменный, А.Н., Енна, Н.Л. (2010) Цирконометрия метагранитоидов кристаллиникума Большого Кавказа. Тезисы докладов XI Всероссийского Петрографического Совещания "Магматизм и Метаморфизм в Истории Земли", Август 2010, Екатеринбург, 167-168
18. Гоишвили, Б.А. (1960) О зональности скарнов массива г. Киар в Верхней Сванети. Proceedings of CIMR 11 (4) b, 45-67
19. Гоишвили, Б.А. (1961) Эффузивный вулканизм в Дизской свите. Труды КИМС 3 (5), 60-68
20. Гоишвили, Б. (1962) Петрография магматических пород Дизской свиты (Верхняя Сванетия) КИМС. Кандидатская диссертация. 344 с.
21. Джигаури, Д., Торозов, Р. (1957) Геологическое описание листов К-38-3-А и В. Фонды ГГУ
22. Дудаури, О., Тогонидзе, М. (1998) Петрология и изотопный возраст Киар-Абакурского интрузивного комплекса. Сб. Тр. ГИН АН Грузии, Тбилиси, 150-162
23. Дудаури, О., Тогонидзе, М. (2016) Петрология и изотопная геохронология Мезозойских интрузивных комплексов Грузии. ТГУ, Инст. Геол. Им. Ал. Джанелидзе, Труды, Новая сер. Вып.128, 370

24. Казьмин, В.Г., Сборщиков, И.М. (1989) Палеозойские и раннекиммерийские деформации на Кавказе и их место в развитии Тетиса. In: Belov, A.A., Satian, M.A. (eds) Геодинамика Кавказа. Nauka, Moskva, 45-54
25. Кориковский, С.П. (1979) Фации метаморфизма метапелитов. Наука, Москва, 263
26. Кориковский, С.П. (1991) Принципы подразделения метаморфических субфаций в зональных ореолах. В: Кориковский, С.П. Петрология метаморфических комплексов Большого Кавказа. Наука, Москва, 46-51
27. Кориковский, С.П., Цамбел, Б., Миклош, Й., Путиш, М. (1984) Метаморфизм кристалликума малых Карпат: этапы, зональность, связь с гранитоидами. *Geologicky zbornik, Geologica Carpathica* 35, 4, 437-462
28. Кориковский, С.П., Янак, М., Бороникхин, В.А. (1986) Геотермометрия и изменение минеральных равновесий при перекристаллизации гранат-слюдяных сланцев в кордиеритовые роговики в ореоле роховских гранитов (Словацкое рудогорье, район сс. Роховце – Хижне). *Geologica Carpathica*, 37, 4, 607-633
29. Кориковский, С.П., Шенгелиа, Д.М., Сомин, М.Л. (1991) Модель Доальпийского зонального метаморфизма Большого Кавказа. В кн: Кориковский, С.П. и др.. Петрология метаморфических комплексов Большого Кавказа. Наука, Москва 216-222
30. Кутелия, З.А. (1983) Новые данные по стратиграфии Дизской серии (Сванетия). *Сообщения Академии Наук ГССР* 109, 3, 29-33
31. Лаврентьева, И.В., Перчук, Л.Л. (1981) Кордиерит-гранатовый термометр. *Доклады Академии Наук СССР* 259, 3, 697-700
32. Новиков, Е.А. (1963) Новые данные о возрасте пород, вскрытых глубокими скважинами в степном Крыму. *Вестник ЛСУ* 18, Геология и География 3, 12-23
33. Перчук, Л.Л., Рябчиков, И.Д., (1976) Фазовое соответствие в минеральных системах. Недра, Москва, 287
34. Савицина, Г.О., Плахотны, Л.Г. (1965) Новые данные о природе Новоцаринской гравитационной аномалии *Доклады Академии Наук СССР* 6, 108-111
35. Славин, В.И. (1960) Палеозойские отложения южного склона Главного Кавказского хребта. *Доклады Академии Наук СССР* 134, 5, 1184-1187

36. Снегирёва, О.В., Шаля, А.А. (1966) Некоторые особенности эпигенеза и метаморфизма палеозойских и мезозойских отложений Крыма. Известия Вузов, Геология и разведка 10, 38-40
37. Сомин, М. (1971) Доюрское основание Главного хребта Южного склона Большого Кавказа. Наука, Москва, 245
38. Сомин, М.Л., Белов А.А. (1967а) О стратиграфическом расчленении Десской серии Сванетии (Центральный Кавказ). Бюллетень Московского общества испытателей природы, Отдел геологический 42, 1, 16-21
39. Фаворская, М. (1947) Неоинтрузии Верхней Сванетии. Труды Инст. Геол. Наук. Вып. 84 Петрогр. Сер. (№27), 26-62
40. Ферштатер, Г.Б. (1990) Эмпирический плагиоклаз-роговообманковый барометр. Геохимия, №3, 238
41. Хайн, В.Е. (1984) Региональная геотектоника. Альпийский средиземноморский пояс. М.: Недра, 342
42. Хайн, В.Е., Левин, Л.Е. (2004) Геодинамика и псевдосубдукция в Каспийско-Кавказско-Черноморском регионе. Тр. ГИН АН Грузии. Нов. Сер. Вып. 119
43. Хайн, В.Е., Ломизе, М. Г. (1995) Геотектоника с основами Геодинамики. М.: MSU,– 480
44. Черняк, Н.И. (1969) Докембрий и палеозой, Геология СССР VIII, Крым. Часть I. Геологическое описание, Недра, Москва, 66-74
45. Чихрадзе, Г.А. (2005) О стратиграфии и литологии верхнепалеозойско-триасовых отложений "Дизской серии" Большого Кавказа. Труды ГТУ, 2 (456), 88-94
46. Шнюкова, К.Е. (2016) Магматизм в зоне сочленения Западного Причерноморья, Горного Крыма и Скифской платформы. Наукова Думка, Київ, 240
47. Шолпо, Л.Е., Сологашвили Дж.З., Какулия В.К., Павленишвили, Е.Ш., Асанидзе, Б.З., Хабурдзания, И.А. (1998) Палеомагнетизм горных пород Грузии. Тбилиси: ТГУ, 289
48. Эдилашвили, В. (1960) Литология и структура сланцевой Абхазии и Сванетии. Труды КИМС, Вып. III (5)
49. Юдович, Я. Э., Кетрис, М. П. (2000) Основы литохимии. СПб.: Наука, 479
50. Belousova, E., Griffin, W., O'Reilly, S.Y., Fisher N. (2002) Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type. Contrib Mineral Petrol 143: 602-622

51. Bouvier, A., Vervoort, J.D., Patchett, P.J. (2008) The Lu-Hf and Sm-Nd isotopic composition of CHUR: constraints from unequilibrated chondrites and implication for the bulk composition of terrestrial planets. *Earth and Planetary Science Letters* 273:48-57
52. Cathelineau, M. (1988) Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. *Clay Minerals* 23:471-485
53. Cathelineau, M., Nieva, D. (1985) A chlorite solid solution geothermometer the Los Azufres (Mexico) geothermal system. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 91: 235-244
54. Chu, N.-C., Taylor, R.N., Chavagnac, V., Nesbitt, R.W., Boella, R.M., Milton, J.A., German, C.R., Bayon, G., Burton, K. (2002) Hf isotope ratio analysis using multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry: an evaluation of isobaric interference corrections. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 17, 1567-1574
55. Chun-Ming, Wu., Hong-Xu, Chen. (2015) Calibration of a Ti-in-muscovite geothermometer for ilmenite- and Al_2SiO_5 -bearing metapelites. *Lithos* 212-215, 122-127
56. Coombs, D.S., Nakamura, Y., Vuagnat M. (1976) Pumpellyite-actinolite facies schists of the Taveyanne Formation near Loeche, Valais, Switzerland. *Journal of Petrology* 17 (4), 440-471
57. Cox, K.G., Bell, J.D. and Pankhurst, R.J. (1979) *The Interpretation of Igneous Rocks*. G. Allen & Unwin, London. <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-3373-1>
58. Frost, R., Frost, C., (2008) A Geochemical Classification for Feldspathic Igneous Rocks, *Journal of Petrology*, 49, 11:1955-1969
59. Foley, S.F., Venturelli, G., Green, D.H., Toscani, L. (1987) The ultrapotassic rocks: Characteristics, classification, and constraints for petrogenetic models. *Earth-Science Reviews*, 24, 81-134
60. Gamkrelidze, I. (1997) Terranes of the Caucasus and adjacent areas. *Bull. Acad. Sci, Georgia*, v. 155, 3, 75-81
61. Gamkrelidze, I., Koiava K., Mosar J. (2015) Geological Structure of Georgia and Geodynamic Evolution of the Caucasus. 13th Swiss Geoscience Meeting At: Basel, Switzerland, 29
62. Gamkrelidze, I., Shengelia, D., Chichinadze, G., Okrostsvaridze, A., Lee Y.-H., 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* 71, 3, 249-263. <https://doi.org/10.31577/GeolCarp.71.3.4>

63. Gill J.B. (1981) Orogenic Andesites and plate tectonics. Minerals and rocks, **16**: 390. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag
64. Gündüz, M., Asan, K. (2021) PetroGram: An excel-based petrology program for modeling of magmatic processes, *Geoscience Frontiers*, **12**, 1, 81-92, ISSN: 1674-9871, <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.06.010>.
65. Hawthorne, F.C., Oberti, R., Harlow, G.E., Maresch, W.V., Martin, R.F., Schumacher, J.C., Welch, M.D. (2012) Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist* **97**, 2031-2048. <https://doi.org/10.2138/am.2012.4276>
66. Herron M.M. (1988) Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *J. Sedim. petrol.*, **58** (5): 820-829
67. Hiller, S., Velde, B. (1991) Octahedral occupancy and the chemical composition of diagenetic (low-temperature) chlorites. *Clay Minerals* **26**, 149-168
68. Holland, T., Blundy, J. (1994) Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **116**, 433-447. <https://doi.org/10.1007/BF00310910>
69. Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A. (1971) A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Science*, **8**, 523-548
70. 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. *Chemical Geology* **211**, 47-69
71. Jaques, A.L., Blake, D.H., Donchak, P.J.T. (1982) Regional metamorphism in the Selwyn Range area, north-west Queensland. *BMR Journal of Australian Geology and Geophysics* **7**, 3, 181-196
72. Javakhishvili, I., Shengelia, D., Shumlyanskyy, L., Tsutsunava, T., Chichinadze, G., Beridze, G. (2021) Metamorphism of the Dizi Series Rocks (the Greater Caucasus): Petrography, Mineralogy and Evolution of Metamorphic Assemblages. *Baltica*, **34** (2), 185-202. Vilnius. ISSN 1648-858X. <https://doi.org/10.5200/baltica.2021.2.5>
73. Javakhishvili, I., Shengelia, D., Tsutsunava T., Chichinadze, G., Beridze, G., Shumlyanskyy, L. On the possible analogy between the Dizi Series of the Southern slope zone of the Greater

- Caucasus and the folded basement of the plain Crimea: composition, metamorphism, magmatism and age. EGU21-837. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-837>
74. Javakhishvili, I., Tsutsunava, T., Shengelia, D., Chichinadze, G., Beridze, G. (2020) Regional and Contact Metamorphism of the Dizi Series (the Greater Caucasus). In: EGU General Assembly 2020, May 2020, Online, EGU2020-2952. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-2952>
75. Jowett, E.C. (1991) Fitting iron and magnesium into the hydrothermal chlorite geothermometer. In: GAC/MAC/SEG Joint Annual Meeting, May 1991, Toronto, Canada
76. Kekelia, S., Kekelia, M., Gagnidze, N., Popkhadze, N., Mshvenieradze, I., Lobzhabidze, K., Kharazishvili, G. (2017) Svaneti Gold Occurrence (Kirar-Abakuri Ore Knot) and its Genesis. Bull. of the Geor. Nat. Acad. of Sci., vol. 11, 2, 60-66
77. Korikovskiy, S.P., Shengelia, D., Chichinadze, G., Tsutsunava, T., Beridze, G., Javakhishvili, I. (2018) Contact Metamorphism of the Dizi Series (Greater Caucasus). In: 4th International Scientific-Practical Conference on “Up-to-date Problems of Geology”, Tbilisi, 55-57
78. Kranidiotis, P., MacLean, W.H. (1987) Systematics of chlorite alteration at the Phelps Dodge massive sulfide deposit, Matagami, Quebec. Economic Geology 82, 1898-1911
79. Le Bas M. J., Le Maitre R. W., Streckeisen A., Zanettin B. (1986) A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram, J. of Petrology, 27, 3: 745-750
80. Leven, E.J., Okay, A.I. (1996) Foraminifera from the exotic Permo-Carboniferous limestone blocks in the Karakaya Complex, Northwestern Turkey. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia 102 (2), 139-174. <https://doi.org/10.13130/2039-4942/5245>
81. McCann, T., Chalot-Prat, F., Saintot, A., (2010) The Early Mesozoic evolution of the Western Greater Caucasus (Russia): Triassic–Jurassic sedimentary & magmatic history. In: Sosson, M., Kaymakci, N., Stephenson, R., Bergerat, F., Starostenko, V. (Eds.), Sedimentary basin tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform. Geological Society of London, London
82. Meijers, M.J.M., Vrouwe, B., Van Hinsbergen, D.J.J., Kuiper, K.F., Wijbrans, J., Davies, G.R., Stephenson, R.A., Kaymakci, N., Matenco, L., Saintot, A. (2010) Jurassic arc volcanism on Crimea (Ukraine): Implications for the paleo-subduction zone configuration of the Black Sea region. Lithos 119, 3-4, 412-426. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2010.07.017>

83. Okay, A.I., Topuz, G. (2016) Variscan orogeny in the Black Sea region. *International Journal of Earth Sciences* 106, 569-592. <https://doi.org/10.1007/S00531-016-1395-z>
84. Okay, A.I., Noble, J., Tekin, U.K. (2011a) Devonian radiolarian ribbon cherts from the Karakaya Complex, northwest Turkey: implications for the Paleo-Tethyan evolution. *Comptes Rendus Palevol* 10, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2010.12.002>
85. Okay, A.I., Altıner, D., Kılıç, A.M. (2015) Triassic limestone, turbidite and serpentinite Cimmeride orogeny in the Central Pontides. *Geological Magazine* 152, 3, 460-479.
86. Palme, H. O'Neill, H. (2014) Cosmochemical estimates of mantle composition. In: Carlson R.W. (ed.) *Treatise on Geochemistry, 3: The Mantle and Core*. Elsevier, 1-39
87. Pearce, J.A. (1982) Trace Element Characteristics of Lavas from Destructive Plate Boundaries. In: Thorpe, R.S., Ed., *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*, John Wiley and Sons, 252-548
88. Pearce, J.A. (1983) Role of the Sub-Continental Lithosphere in Magma Genesis at Active Continental Margins. In: Hawkesworth, C.J. and Norry, M.J., Eds., *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, Shiva Cheshire, UK, 230-249.
89. Pearce, J.A. (1996) A User's Guide to Basalt Discrimination Diagrams. In: Wyman, D.A., Ed., *Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration*, Geological Association of Canada, Short Course Notes, Vol. 12, 79-113.
90. Pearce, J., Gale, G. (1977) Identification of ore-deposition environment from trace-element geochemistry of associated igneous host rocks. In: *Volcanic Processes in Ore Genesis*. Geological Society, London, Special Publications 7, 14-24 (14)
91. Pearce, J., Harris, N., Tindle, A. (1984) Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks, *Journal of Petrology*, Volume 25, Issue 4, 956-983, <https://doi.org/10.1093/petrology/25.4.956>
92. Pearce J., Norry, M. J., (1979) Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variation in volcanic rocks. *Contr.Miner. Petrol.* 69, 33-47
93. Pinto L., Herail G., Moine B., Fonton F., Charrier R., Dupre B. (2004) Using geochemistry to establish the igneous provenances of the Neogene continental sedimentary rocks in the Central Depression and Altiplano, Central Andes, *Sedimentary Geology*, 166: 157-183

94. Raymond L.A. (2002) *Petrology: the study of igneous, sedimentary and metamorphic rocks*, 2nd edition: 720 p. McGraw Hill, New York
95. Roser B.P., Korsch R.J. (1986) Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio. *J. of Geology*, 94:635-650
96. Saintot, A., et al., (2006) The evolution of the southern margin of eastern Europe (Eastern European and Scythian platforms) from the latest Precambrian–Early Palaeozoic to the Early Cretaceous. In: Gee, D. (Ed.), *European Lithosphere Dynamics*. In: S. R.A. (Ed.), *Memoir*. The Geological Society of London, London, 481-505
97. Shumlyansky, L.V., Shumlyansky, V.O. (2019) Preliminary data on U-Pb isotope age of igneous rocks of Crimea, Ukraine. In: Conference dedicated to the 50th Anniversary of the M.P. Semenenko Inst. of Geochem., Miner. and Ore Formation, Kyiv, 1:241-243
98. Shumlyansky, L., Belousova, E., Petrenko, O. (2017) Geochemistry of zircons from basic rocks of the Korosten anorthosite-mangerite-charnockite-granite complex, North-Western region of the Ukrainian Shield. *Mineralogy and Petrology* 111, 459-466, <https://doi.org/10.1007/s00710-017-0514-2>
99. 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. *Chemical Geology* 249, 1-35
100. Söderlund, U., Patchett, J.P., Vervoort, J.D., Isachsen, C.E. (2004) The ¹⁷⁶Lu decay constant determined by Lu-Hf and U-Pb isotope systematics of Precambrian mafic intrusions. *Earth and Planetary Science Letters* 219:311-324, [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(04\)00012-3](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(04)00012-3)
101. Somin, M.L., Lepekhina, E.N., Konilov, A.N. (2007) Age of the high-temperature gneiss core of the central Caucasus. *Dokl. Earth Sc.* 415, 690-694
102. Somin, M.L. (2011). Pre-Jurassic basement of the Greater Caucasus: Brief Overview. *Turkish Journal of Earth Sciences* 20:545-610, <https://doi.org/10.3906/yer-1008-6>
103. Spear, F.S. (1981) Amphibole-plagioclase equilibria: an empirical model for the relation albite + tremolite = edenite + quartz. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 77, 4:355-364, <https://doi.org/10.1007/BF00371564>

104. Stern, R.A., Bodorkos, S., Kamo, S.L., Hickman, A.H., Corfu, F. (2009) Measurement of SIMS instrumental mass fractionation of Pb isotopes during zircon dating. *Geostandards and Geoanalytical Research* 33:145-168, <https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.2009.00023.x>
105. Werner C.D. (1987) Saxonian granulites – igneous or lithogenous. A contribution to the geochemical diagnosis of the original rocks in high-metamorphic complexes. *ZfS-Mitteilungen*, 133:221-250
106. Whalen, J.B., Currie, K.L. & Chappell, B.W. (1987) A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib Mineral Petrol* 95:407-419
107. Winchester, J.A. and Floyd, P.A. (1977) Geochemical Discrimination of Different Magma Series and Their Differentiation Product Using Immobile Elements. *Chemical Geology*, 20, 325-343. [http://dx.doi.org/10.1016/0009-2541\(77\)90057-2](http://dx.doi.org/10.1016/0009-2541(77)90057-2)
108. Whitney, D., Evans, B. (2010) Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist* 95, 185-187, <https://doi.org/10.2138/am.2010.3371>
109. Zang, W., Fyfe, W. (1995) Chloritization of the Hydrothermally Altered Bedrock at the Igarape-Bahia Gold Deposit, Carajas, Brazil. *Mineralium Deposita* 30, 30-38

გამოქვეყნებული შრომების სია

1. Javakhishvili I., Shengelia D., Shumlyansky L., Tsutsunava T., Chichinadze G., Beridze G. (2021) Metamorphism of the Dizi Series Rocks (the Greater Caucasus): Petrography, Mineralogy and Evolution of Metamorphic Assemblages. *Baltica*, 34 (2), 185-202. Vilnius. <https://doi.org/10.5200/baltica.2021.2.5>
2. Irakli Javakhishvili, Tamara Tsutsunava, Giorgi Beridze, Rezo Vekua (2022) Geochemistry of the Kirari-Abakuri Magmatic Complex of the Southern Slope Zone of the Greater Caucasus. *Bull. of the Geor. Nat. Acad. of Sci.*, vol. 16, no. 2. http://science.org.ge/bnas/t16-n2/08_Javakhishvili_Geology.pdf
3. Irakli Javakhishvili, Tamara Tsutsunava, Giorgi Beridze (2021) Geochemistry of Metamorphic Rocks of the Dizi Series of the Southern Slope Zone of the Greater Caucasus. *Bull. of the Geor. Nat. Acad. of Sci.*, vol. 15, no. 4. http://science.org.ge/bnas/t15-n4/13_Javakhishvili_Geology.pdf
4. Irakli Javakhishvili, David Shengelia, Tamara Tsutsunava, Giorgi Chichinadze, Giorgi Beridze, Leonid Shumlyansky (2021) On the possible analogy between the Dizi Series of the Southern slope zone of the Greater Caucasus and the folded basement of the plain Crimea: composition, metamorphism, magmatism and age. EGU21-837, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-837>
5. Irakli Javakhishvili, Tamara Tsutsunava, Giorgi Beridze (2021) Thermometry of Metamorphic Rocks of The Dizi Series. Abstracts of VIII International Scientific Conference of Young Scientists & Students. pp. 69-70. 8-9 October, Baku, Azerbaijan.
6. Irakli Javakhishvili, Tamara Tsutsunava, David Shengelia, Giorgi Chichinadze, Giorgi Beridze (2020) Regional and Contact Metamorphism of the Dizi Series (the Greater Caucasus). EGU2020-2952, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-2952>
7. ჯავახიშვილი ი., ბერიძე გ. (2020) დიზის სერიის (კავკასიონი) ბათური მაგმატიტების პეტროგეოქიმია. თსუ-ს აღ. ჯანელიძის სახლ. გეოლ. ინსტიტუტის შრომები, ახალი სერია 132, გვ. 157-168
8. Irakli Javakhishvili, Tamara Tsutsunava, Giorgi Beridze (2019) Biotite from Contact-metamorphosed rocks of the Dizi Series of the Greater Caucasus. IRC Proceed,

Amsterdam, Netherlands, May 14-15, Part V, p. 437. [Microsoft Word - 19nl050269\[5\]_2 \(waset.org\)](#)

9. Korikovsky S.P., Shengelia D., Chichinadze G., Tsutsunava T., Beridze G., Javakhishvili I. (2018). Contact Metamorphism of the Dizi Series (Greater Caucasus). In: 4th International Scientific-Practical Conference on “Up-to-date Problems of Geology”, Tbilisi, 55–57. <http://www.msgeorgia2012.com/files/shromata-krebuli-2018.pdf>