



საქართველოს საპატრიარქოს წმიდა ანდრია პირველწოდებულის
სახელობის ქართული უნივერსიტეტი

ინფორმატიკის, მათემატიკისა და საბუნებისმეტყველო
მეცნიერებათა სკოლა(ფაკულტეტი)

ნინო სადრაძე

სადისერტაციო ნაშრომი

კონტინენტური კოლიზიის ზონის გეოდინამიკა სამხრეთ
საქართველოს (ჯავახეთი და მიმდებარე არეები)
კოლიზიისშემდგომი ვულკანიზმის ევოლუციის
მაგალითზე

საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა დოქტორის ხარისხის მოსაპოვებლად გეოლოგიაში

დოქტორანტის სამეცნიერო ხელმძღვანელი

შოთა ადამია, გეოლოგია-მინერალოგიის მეცნიერებათა დოქტორი,
პროფესორი

მიმართულება - 05 საბუნებისმეტყველო მეცნიერებანი
დარგი/სპეციალობა - 0506 გეოლოგია

თბილისი
2015 წელი

სარჩევი

სარჩევი	2
ანოტაცია	4
1 შესავალი	8
1.1 თემის აქტუალობა	8
1.2 კვლევის ძირითადი მიზანი და ამოცანები	9
1.3 საკვლევი ობიექტის განსაზღვრა და პრობლემების ფორმულირება	10
1.4 შრომის მეცნიერული და პრაქტიკული მნიშვნელობა	11
1.5 შრომის სტრუქტურა და მოცულობა	12
1.6 კვლევის მეთოდოლოგია	12
1.7 კვლევის შედეგების აპრობაცია	12
1.8 პუბლიკაციები	13
2 თანამედროვე ვულკანიზმის გეოგრაფიული (გლობალური) განაწილება და მისი კავშირი გეოლოგიურ სტრუქტურებთან	15
2.1 ვულკანიზმი, როგორც პროცესი	15
2.2 თანამედროვე ვულკანიზმის გლობალური განაწილება	17
2.3 ლითოსფეროს ფილების დივერგენტულ საზღვრებთან დაკავშირებული ვულკანიზმი	18
2.4 ოკეანური რიფტები	18
2.5 კონტინენტური რიფტები	22
2.6 ლითოსფეროს ფილების კონვერგენტულ საზღვრებთან დაკავშირებული ვულკანიზმი	24
2.7 კოლიზიური ვულკანიზმი	27
2.8 შიდაფილური ვულკანიზმი	29
3 საქართველოს გეოლოგია და მაგმატიზმი	33
3.1 საქართველოს ტექტონიკური პოზიცია	33
3.2 საქართველოს მაგმური ფორმაციები	36
3.3 საქართველოს კოლიზიამდელი ვულკანიზმი	37
3.4 კუნძულთარკალური (სუპრა-სუბდუქციური) ვულკანიზმი	37
3.5 შიდაფილური ვულკანიზმი	43
3.6 რკალსუკანა აუზის ვულკანიზმი	45
3.7 კოლიზიის შემდგომი ვულკანიზმი	46
4 შავი ზღვა - კასპიის ზღვის რეგიონის სინ-პოსტკოლიზიური მაგმური ფორმაციები	49
5 სამხრეთ საქართველოს (ჯავახეთი და მიმდებარე არეები) კოლიზიისშემდგომი ვულკანიზმი	53

5.1	გოდერძის წყება (გვიან მიოცენი - ადრე პლიოცენი)	55
5.2	ახალქალაქის წყება (გვიან პლიოცენი - ადრე პლეისტოცენი)	73
5.3	აბულ-სამსარის წყება (შუა პლეისტოცენი - ზედა პლეისტოცენი)	84
5.4	სამხრეთ საქართველოს (ჯავახეთი და მიმდებარე არეები) კოლიზიის შემდგომი ვულკანიზმის გეოქიმია	87
6	ჯავახეთის ზეგნის სეისმურობა და დამაბულობების ველები	96
6.1	სეისმურობა	96
6.2	დამაბულობების ველები	99
7	საქართველოს და მიმდებარე არეების თანამედროვე გეოდინამიკა	101
7.1	საქართველოს და მიმდებარე არეების სიღრმული სტრუქტურები	101
7.2	საქართველოს და მიმდებარე არეების ლითოსფეროს სეისმური ტომოგრაფიული მოდელი	103
7.3	საქართველოს და მიმდებარე არეების მიწისძვრის წყაროების - რღვევების გეომეტრია, კინემატიკა და აქტიური ტექტონიკა	107
8	კონტინენტური კოლიზიის ზონის გეოდინამიკა სამხრეთ საქართველოს (ჯავახეთი და მიმდებარე არეები) კაინოზოური ვულკანიზმის მაგალითზე	110
	ძირითადი დასკვნები	115
	გამოყენებული ლიტერატურის სია	116

დანართები:

- 1 საქართველოს ტექტონიკური რუკა
- 2 საქართველოს გეოლოგიური რუკა
- 3 სამხრეთ საქართველოს ნეოგენ-მეოტხეული ვულკანური ფორმაციების გეოლოგიური რუკა
- 4 სამხრეთ საქართველოს პოსტკოლიზიური ვულკანიტების ქიმიური ანალიზების ცხრილი
- 5 კავკასიის M უთანხმოების იზოხაზების რუკა
- 6 საქართველოს აქტიური სტრუქტურების რუკა
- 7 საქართველოს და მიმდებარე არეების პალეოტექტონიკური რეკონსტრუქციები
- 8 კავკასიის და მიმდებარე არეების ტექტონიკური კორელაციის რუკა

ანოტაცია

საკვალიფიკაციო შრომის საკვლევ ამოცანებს წარმოადგენს სამხრეთ საქართველოს (ჯავახეთი და მიმდებარე არეები) ვულკანურ წარმონაქმნთა სტრატეგრაფიული თანმიმდევრობის, შედგენილობის, წყებათა ურთიერთობის და სტრუქტურის დაზუსტება; რეგიონის შესახებ კომპლექსური მონაცემების საფუძველზე კონტინენტური კოლიზიის ზონის ვულკანიზმის თავისებურებების ახსნა და გეოდინამიკური რეკონსტრუქცია; კოლიზიის შემდგომი ვულკანიზმის გეოდინამიკური პირობების რეკონსტრუქციის საფუძველზე ვულკანური მოქმედების განახლების შესაძლებლობის შეფასება.

ნაშრომში წარმოდგენილია დასახული ამოცანების გადასაწყვეტად ჩატარებული კომპლექსური კვლევის შედეგები:

- განხილულია თანამედროვე ვულკანიზმის გეოგრაფიული (გლობალური) განაწილება და მისი კავშირი გეოლოგიურ სტრუქტურებთან. განსხვავებულ გეოდინამიკურ პირობებში წარმოქმნილი ვულკანიტების იდენტიფიკაციის მეთოდები;
- მოცემულია საქართველოს კოლიზიამდელი და კოლიზის შემდგომი ვულკანური ფორმაციების (პალეოზოური-მეოტხეული) ანალიზი პეტროქიმიური და გეოქიმიური მახასიათებლების და წარმოშობის გეოდინამიკური პირობების საფუძველზე;
- განხორციელდა შავი ზღვა - კასპიის ზღვის რეგიონის კოლიზიის შემდგომი მაგმური ფორმაციების და რეგიონის მთავარი სტრუქტურული ერთეულების (ტერიენების) კორელაცია;
- სამხრეთ საქართველოს (ჯავახეთი და მიმდებარე არეები) კოლიზიის შემდგომი ვულკანური ფორმაციებისთვის დაზუსტებულია სტრატეგრაფიული თანმიმდევრობა, ვულკანურ ფორმაციათა ურთიერთობა, ასაკი.
- ვულკანიტები იდენტიფიცირებულია პეტროგრაფიული, პეტროქიმიური და გეოქიმიური კვლევების საფუძველზე;
- კავკასიის ლითოსფეროს სეისმური ტომოგრაფიული მოდელის საფუძველზე უარყოფილია რიგი მკვლევარების მოსაზრება კავკასიონის შარიაჟული აგებულების შესახებ.

- განხილულია კონტინენტი-კონტინენტი კოლიზიური ზონის პოსტკოლიზიური ეტაპის მაგმური აქტივობის გეოდინამიკური მოდელები; საქართველოს მიმდებარე ქვეყნების (თურქეთი, სომხეთი, ირანი) პოსტკოლიზიური ვულკანიზმის თანამედროვე გეოდინამიკური მოდელები და მათი კრიტიკული ანალიზი.
- საკვლევი რეგიონის კომპლექსური მონაცემების (სეისმურობა, დამაბულობების ველები, GPS მონაცემები, რეგიონის ლითოსფეროს სეისმური ტომოგრაფიული მოდელი, ვულკანიტების პეტროქიმიური და გეოქიმიური თავისებურებები) საფუძველზე დახასიათებულია კონტინენტური კოლიზიის ზონის ვულკანიზმის თავისებურებები და მისი მსგავსების მიზეზები სუპრასუბდუქციურ ვულკანიზმთან, შექმნილია ნეოგენ-მეოტხეული ვულკანიზმის გეოდინამიკური მოდელი;
- გეოდინამიკური რეკონსტრუქციის საფუძველზე გამოთქმულია მოსაზრება, რომ რეგიონისთვის ვულკანური მოქმედების განახლების წინაპირობები ამჟამად არ ჩანს.

Annotation

Research objectives of the Ph.D. degree thesis are: specification of stratigraphic succession, composition, interrelationships of the formations and structures of southern Georgia (Javakheti and adjacent environs) volcanic series; interpretation of volcanism features of continental collision zone and geodynamic reconstructions on the basis of combined data; assessment of hazard risks provoked by the recommence of volcanic activity, based on the reconstruction of geodynamic conditions of post-collisional volcanism.

The results of combined research, conducted in order to accomplish planned tasks are submitted in the thesis:

- Is discussed geographic (global) distribution of modern volcanism and its link to geological structures; identification methods of volcanites formed under different geodynamic conditions.
- Is proposed analysis of pre- and postcollisional volcanic series (rock associations) of Georgia (Paleozoic-Quaternary) on the basis of petrochemical and geochemical features and geodynamic conditions of their origin.
- Were made correlations of postcollisional magmatic series and of huge regional structural units (terrains) of the Black Sea-Caspian Sea region.
- Is made precise determination of stratigraphic succession, interrelationships, ages for postcollisional volcanic series of southern Georgia (Javakheti and adjacent environs).
- Is rejected assumption of several researchers about overthrust sheet structure of the Caucasus based on seismo-tomographic model of the Great Caucasus lithosphere.
- Are discussed geodynamic models of postcollisional stage magmatic activity in continent-continent collision zone introduced by researchers in different time; modern geodynamic models of postcollisional volcanism in neighboring to Georgia countries (Turkey, Iran, and Armenia) and is proposed its critical analysis.
- On the basis of combined data, obtained in the study region (seismicity, stress fields, GPS data, seismo-tomographic model of the regional lithosphere, petrochemical and geochemical features of volcanites) are explained peculiarities of continental collision

zone volcanism and the reasons of its similarity to suprasubduction volcanism; is created the geodynamic model of the Neogene-Quaternary volcanism.

- In respect to geodynamic reconstruction is made assumption that there's no risk of volcanic activity recommence in the region.

1.შესავალი

1.1 თემის აქტუალობა

ვულკანიზმი მნიშვნელოვანი მოვლენაა დედამიწის ლითოსფეროს, ჰიდროსფეროს და ატმოსფეროს ფორმირებაში, გვაძლევს საშუალებას აღვიქვათ დედამიწის შიგნეთში მიმდინარე მაგმური პროცესები ერთიან ვულკანი-მაგმა სისტემად. ვულკანიზმი უპირატეს კავშირშია ლითოსფერული ფილების საზღვრებთან, თანხმობაშია გლობალური ტექტონიკის თეორიასთან, არის ენერგიის და მასალის წყარო.

აქტუალურია ვულკანური პროდუქტების (ლავური ნაკადები, ექსტრუზივები, ვულკანური კლასტოლითები) და ვულკანურ პროცესებთან დაკავშირებული მოვლენების (მიწისძვრები, მეწყერები, ლახარები, ღვარცოფები, მომწამლავი აირები) ზემოქმედება გარემოზე. ამ მოვლენებთან ხშირად დაკავშირებულია ათასობით ადამიანის სიცოცხლე, უსაფრთხოება და დიდი ეკონომიკური ზარალი.

დიდი როლი აქვს ვულკანიზმს საქართველოს გეოლოგიური აგებულების ჩამოყალიბებაში და განვითარებაში. საქართველოს ფარგლებში ცნობილია სანდოთ დათარიღებული ვულკანოგენური და ვულკანოგენ-დანალექი წარმონაქმნები: კოლიზიამდელი - დევონური, კარბონული, გვიან ტრიასული, იურული, ცარცული, პალეოცენური, შუა- და გვიანეოცენური, აგრეთვე სინ-კოლიზიური (ოლიგოცენი ?) და კოლიზიისშემდგომი - გვიან მიოცენ-ადრე პლიოცენური, გვიან პლიოცენურ-პლეისტოცენური.

ჯავახეთის ვულკანური პლატო წარმოადგენს სომხეთის და ცენტრალური ანატოლიის ვულკანური პლატოს ჩრდილო დაბოლოებას და საინტერესო ერთეულია როგორც კონტინენტური კოლიზიის თანამედროვე მაგალითი. არის უნიკალური მხარე კოლიზიამდელი-კოლიზიური და კოლიზიისშემდგომი ვულკანიზმის შუალედური რეჟიმის თავისებურებების შესასწავლად, მითუმეტეს, რომ პეტროლოგიური და გეოქიმიური თავისებურებებით სუპრა-სუბდუქციური ტიპის ვულკანიზმის მსგავსია.

მნიშვნელოვანია სამხრეთ საქართველოს ვულკანური რეგიონის ფარგლებში კოლიზიისშემდგომი ვულკანიზმის გეოდინამიკური პირობების რეკონსტრუქცია და მის საფუძველზე ვულკანიზმის განახლების შესაძლებლობის შეფასება.

სამხრეთ საქართველოს ახალგაზრდა ვულკანიზმთან არის დაკავშირებული დმანისის პალეოანთროპოლოგიური ადგილსაპოვებელი, რომელიც გამოირჩევა ჰომინინების ნაშთების, ქვის იარაღების და ხერხემლიანთა ფაუნის სიმდიდრით. დმანისის ძეგლის პალეოკლიმატური და პალეოეკოლოგიური კვლევები მიუთითებს რეგიონში, პლიოცენურ-პლეისტოცენის საზღვარზე, მოზაიკური ლანდშაფტის (ჭალის ტყეები, ტყიანი სავანე, გაშლილი ველები, ნახევრადუდაბნო) არსებობაზე. გეოლოგიურ-გეომორფოლოგიური დაკვირვებების საფუძველზე კი, საკვლევი რეგიონის მდინარეული ქსელის მიერ ლავური ნაკადების ეროზია არ მიაწინებს რეგიონის ტოპოგრაფიის მნიშვნელოვან ცვლილებაზე პლეისტოცენური-ჰოლოცენური დროის განმავლობაში.

საკვლევ რეგიონში გავრცელებული ვულკანური წარმონაქმნები საუკეთესო მოსაპირკეთებელი და ინერტული მასალაა, რაც ვულკანიტების კვლევას პრაქტიკულ მნიშვნელობას ქენს.

1.2. კვლევის ძირითადი მიზანი და ამოცანები

- სამხრეთ საქართველოს (ჯავახეთი და მიმდებარე არეები) ვულკანურ წარმონაქმნთა სტრატეგრაფიული თანმიმდევრობის, შედგენილობის, გეოლოგიური ასაკის, წყებათა ურთიერთობის, სტრუქტურის დაზუსტება გეოლოგიურ-გეომორფოლოგიური, იზოტოპური, პალეომაგნიტური და ბიოსტრატეგრაფიული მონაცემების საფუძველზე.
- რეგიონის კომპლექსური (საველე-გეოლოგიური, პეტროგრაფიული, პეტროქიმიური, გეოქიმიური, პალეოკლიმატური, პალეოეკოლოგიური, სეისმური ტომოგრაფიული, სეისმოლოგიური, სტაციონარული GPS სადგურების) მონაცემების საფუძველზე კონტინენტური კოლიზიის ზონის ვულკანიზმის თავისებურებების ახსნა და გეოდინამიკური რეკონსტრუქცია.
- სამხრეთ საქართველოს ნეოგენ-მეოტხეული ვულკანური ფორმაციების ციფრული, თემატური გეოლოგიური რუკების პროექტების შექმნა ArcGIS 10.0 პროგრამის გამოყენებით
- გეოდინამიკური პირობების რეკონსტრუქციის საფუძველზე რეგიონის ვულკანური მოქმედებების განახლების შესაძლებლობის შეფასება.

1.3. საკვლევი ობიექტის განსაზღვრა და პრობლემების ფორმულირება

საკვლევი ობიექტი - სამხრეთ საქართველოს პოსტკოლიზიური ვულკანური პლატო (ჯავახეთი და მიმდებარე არეები) ალპურ-ჰიმალაური ნაოჭა სარტყლის ნაწილია და უნიკალური რეგიონია კოლიზიამდელი, კოლიზიური და კოლიზიისშემდგომი ვულკანიზმის გეოდინამიკის დასახასიათებლად. იგი კონტინენტური კოლიზიური ზონის თანამედროვე მაგალითია, სადაც სუბდუქციური ვულკანური აქტივობა პალეოზოურიდან ეოცენის ბოლომდე გრძელდებოდა. მშვიდი ვულკანური პერიოდის მერე - გვიან ოლიგოცენში-ადრე მიოცენში ვულკანიზმი განახლდა მიოცენ-მეოთხეულში. მკვლევარების ყურადღება მიიქცია იმ ფაქტმა, რომ ასეთი ზონების კოლიზიის შემდგომი ვულკანიზმი (მაგ. აღმოსავლეთ ანატოლიის, სომხეთის, აზერბაიჯანის და ირანის პოსტკოლიზიური ვულკანური პლატოები) ხასიათდება სპეციფიკური შედგენილობით და ისინი პეტროქიმიური და გეოქიმიური თავისებურებებით ახლოს დგანან სუპრა-სუბდუქციურ ვულკანურ ფორმაციებთან. ჯავახეთის პლატო არის უნიკალური მხარე კოლიზიამდელი-კოლიზიური და კოლიზიისშემდგომი ვულკანიზმის შუალედური რეჟიმის თავისებურებების შესასწავლად, რომელიც მოიცავს პრობლემების ფართე დიაპაზონს, როგორცაა, მაგალითად, რელიეფის ინვერსია და ოკეანური პალეოგეოგრაფიული პირობებიდან კონტინენტის შიდა სრუტუქტურაში გადასვლა, ქანების დეფორმაცია, ნაოჭა-შეცოცებითი სრუტუქტურების და მათათა სისტემების ჩამოყალიბება, სუბდუქციური წყალქვეშა ვულკანიზმის ჩანაცვლება კოლიზიური და კოლიზიის შემდგომი კონტინენტური ვულკანიზმით, ოკეანურ-სუბოკეანური ქერქის გარდაქმნა კონტინენტურ ქერქად და ა.შ.

რეგიონს შესწავლის ხანგრძლივი ისტორია აქვს. განსაკუთრებით ბოლო წლებში მნიშვნელოვანი ინფორმაცია გაჩნდა ქანების რადიომეტრული დათარიღების შედეგად, რის გამო მრავალი გეოლოგიური პრობლემა გადაჭრა, თუმცა რიგ საკითხებში გაუგებრობები შეიტანა და ხშირად ეწინააღმდეგება გეოლოგიურ ფაქტიურ მასალას. მნიშვნელოვანია კონტინენტური ვულკანური მხარეების გეოლოგიური დანაწილების პრინციპების შემუშავება: ეს ჩვენთვის ფორმაციების გეოლოგიური პოზიცია და ვულკანიტების პეტროქიმიური მახასიათებლებია. მითუმეტეს, რომ თანამედროვე ლიტერატურაში აქტიური ვულკანური წარმონაქმნების გენეტური კლასიფიკაცია კომპლექსური მიდგომას ეყრდნობა და დაფუძნებულია ვულკანური მოქმედებების

ტიპზე, ვულკანიტების პეტროქიმიურ და ტექსტურულ თავისებურებებზე (McPhie et al., 1998).

საკვალიფიკაციო თემა თანამედროვე დონეზე საქართველოს პოსტკოლიზიური ვულკანიზმის გეოდინამიკური მოდელის შესაქმნელად კომპლექსური კვლევის პირველი ცდაა.

1.4. შრომის მეცნიერული და პრაქტიკული მნიშვნელობა

- გეომორფოლოგიური, პეტროგრაფიული, ლითო- და ბიოსტრატиграფიული ახალი მონაცემების საფუძველზე დაზუსტებულია რეგიონის ნეოგენ-მეოთხეული ვულკანური ფორმაციების დანაწილება, კრიტიკულად არის გაანალიზებული გეოქრონოლოგიური და პალეომაგნიტური მასალა, დაზუსტებულია რეგიონის გეოლოგიური რუკები. შედგენილია ნეოგენ-მეოთხეული ვულკანური არეების ციფრული გეოლოგიური რუკები ცალკეული ვულკანური ფორმაციებისათვის ArcGIS 10.0 პროგრამის გამოყენებით.

- ახსნილია ჯავახეთის და მიმდებარე არეების ვულკანურ წარმონაქმნთა პეტროქიმიური და გეოქიმიური თავისებურებების მსგავსების მიზეზები სუპრა-სუბდუქციურ ვულკანიზმთან.

- განსაზღვრულია სუბდუქცირებული ოკეანური ლითოსფეროს ბოლო ნაჭრის - „სლების“ (slab) როლი სინ-პოსტკოლიზიური ვულკანიზმის ფორმირებაში;

- შემოთავაზებულია შავი ზღვა - კასპიის ზღვის რეგიონის კოლიზიური-კოლიზიისშემდგომი ვულკანიზმის გეოდინამიკური მოდელი;

- გამოყენებითი თვალსაზრისით საკვლევი რეგიონი მნიშვნელოვანია, იმით, რომ ფართედაა გავრცელებული მასიური ფუძე ვულკანიტები, რომლებიც საუკეთესო მოსაპირკეთებელი მასალაა; ინერტულ მასალად გამოიყენება საშუალო და მჟავე შედგენილობის არაკონსოლიდირებული, ვულკანური ქვიშა, ფერფლი, პემზა, პერლიტი, რომელთა კარიერები მრავლად არის საკვლევი რეგიონის ფარგლებში. ცნობილია აგრეთვე დიატომიტის საბადო.

- კონტინენტური კოლიზიის ზონებში ვულკანური აქტივობის გამომწვევი მიზეზების შესწავლის და რეგიონის ლითოსფეროს მდგომარეობის რეკონსტრუქციის

საფუძველზე გამოთქმულია მოსაზრება ვულკანური მოქმედებების განახლების ნაკლები ალბათობის შესახებ.

1.5. შრომის სტრუქტურა და მოცულობა

ნაშრომი წარმოადგენს 115 ნაბეჭდ გვერდს. შედგება შესავლის, 8 თავის, დასკვნის, ციტირებული ლიტერატურის სიის (215 დასახელება) და დანართებისგან (8 დანართი).

1.6. კვლევის მეთოდოლოგია

- გეოლოგიური კარტირება;
- პეტროგრაფიული (დაახლოებით 150 გამჭირვალე ანათალი) კვლევა;
- 45 ქანის ნიმუშის ქიმიური ანალიზი (ICP-MS) კანადის და ლონდონის ღია უნივერსიტეტის ანალიტიკურ ლაბორატორიებში და მათი ინტერპრეტაცია;
- 10 ნიმუშის იზოტოპური შეფარდებების (Sr, Pb) ანალიზი და შედეგების ინტერპრეტაცია, გოდერძის და ახალქალაქის წყების ვულკანიტებისთვის;
- პეტროქიმიური და გეოქიმიური კვლევები;
- არსებული სეისმოლოგიური, პალეოკლიმატური, პალეოეკოლოგიური, სეისმური ტომოგრაფიის და სტაციონარული GPS სადგურების მონაცემების ინტერპრეტაცია;
- მიღებული შედეგების ვიზუალიზაციისათვის გამოყენებულია GPS და GIS ტექნოლოგიები და კომპიუტერული პროგრამები.

1.7. კვლევის შედეგების აპრობაცია

დისერტაციის ძირითადი დებულებები მოსმენილი და განხილული იყო: ა.ჯანელიძის გეოლოგიური ინსტიტუტის და მ.ნოდუას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის სემინარებზე, 33-ე საერთაშორისო გეოლოგიურ კონგრესზე (ოსლო, ნორვეგია, 2008);

ევროპის გეომეცნიერთა კავშირის ანსაზღვრულ (ვენა, ავსტრია, 2009); შავი ზღვის რეგიონის II საერთაშორისო სიმპოზიუმზე (ანკარა, თურქეთი, 2009); შავი ზღვის რეგიონის გეოლოგიის III საერთაშორისო სიმპოზიუმზე (ბუქარესტი, რუმინეთი, 2011); სასარგებლო წარმოების საერთაშორისო კონგრესზე (თეირანი, ირანი, 2010); კარპატ-ბალკანეთის გეოლოგიური ასოციაციის XIX კონგრესზე (სალონიკი, საბერძნეთი, 2010); ამერიკის გეოლოგიური კავშირის „AGU“ შეხვედრაზე (სან ფრანცისკო, კალიფორნია, 2011); ევროპული გეომეცნიერებების გენერალურ ასამბლეაზე (ვენა, ავსტრია, 2012); ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის I საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკულ კონფერენციაზე (თბილისი, საქართველო, 2013); პროექტის „DARIUS“ შემეჯამებელ კონფერენციაზე (თბილისი, საქართველო, 2013); მანუელ ბერბერიანის სამეცნიერო მოღვაწეობის 50 წლისთავისადმი მიძღვნილი ამერიკის გეოლოგიური კავშირის „AGU“ კონფერენციაზე, (დენვერი, კოლორადო, 2014).

1.8. პუბლიკაციები

საკვალიფიკაციო თემასთან დაკავშირებით გამოქვეყნებულია 11 ნაშრომი - მათ შორის 7 იმპაქტ-ფაქტორიან და 3 მაღალრეიტინგულ რეფერირებად და რეცენზირებად საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალებში:

- [1] Sh. Adamia, A. Chabukiani, T. Chkhotua, O. Enukidze, **N.Sadradze**, and G. Zakariadze. (2014). Tethyan evolution and continental collision in Georgia. In: Tectonic Evolution and Seismicity of Southwest Asia. GSA, Special Paper in Honor of Manuel Berberian, (in print). იმპაქტ-ფაქტორი.
- [2] Adamia Sh., Alania V., Tsereteli N., Varazanashvili O., **Sadradze N.**, Gventsadze A. (2014). Seismicity and active tectonics of Georgia and adjacent area. In Tectonic Evolution and Seismicity of Southwest Asia. GSA, Special Paper in Honor of Manuel Berberian (in print). იმპაქტ-ფაქტორი.
- [3] Sh. Adamia, T. Chkhotua, T. Gavtadze, Z. Lebanidze, N.Lursmanashvili, **N. Sadradze**, D. Zakaraia, G. Zakariadze. (2014). Tectonic setting of Georgia-eastern black sea: a review. Geological Society, London, Special Publications (in print). იმპაქტ-ფაქტორი.

- [4] Adamia, Sh., Zakariadze, G., Chkhotua, T., Sadradze, N., Tsereteli, N., Chabukiani, A., Gventsadze, A. (2011). Geology of the Caucasus: a Review. Turkish Journal of Earth Science, Vol.20, #5, p.489-544. [http://mistug.tubitak.gov.tr/bdyim/havuz.php? dergi=yer](http://mistug.tubitak.gov.tr/bdyim/havuz.php?dergi=yer).
იმპაქტ-ფაქტორი.
- [5] Adamia, Sh., Gugushvili, V., Javakhidze, D., Kutelia, Z., **Sadradze, N.**, Shavishvili, I. (2010). Main Metallogenic Zones of Precious and Rare Metals of the Black Sea – Caspian Sea Region. International Mining Congress and Expo. www.iranminehouse.com.
- [6] Sh. Adamia, V. Alania, A. Chabukiani, G. Chichua, O. Enukidze, **N. Sadradze**. Evolution of the Late Cenozoic basins of Georgia (SW Caucasus): a review. (2010). Sedimentary basin tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform. Geological Society, London, Special Publications, 340, 239–259. DOI: 10.1144/SP340.11. იმპაქტ-ფაქტორი.
- [7] Adamia Sh., Chabukiani A., Chkhotua T., **Sadradze N.**, Zakaraia D., Zakariadze G. (2010). Geology of the Caucasus and Adjacent areas: 1:2 500 000 Scale Geological Map. Proceedings XIXth Congress of Carpathian-Balkan Geological Association. September 23-26, Thessaloniki, Greece, vol.99 p. 1-10. იმპაქტ-ფაქტორი.
- [8] **N.Sadradze**, N.Tsereteli, O.Varazanashvili, A.Gvencadze. (2008). Some Issues of Neotectonics of the Javakheti Volcanic Highland (Central South Georgia). Proceedings of the Institute of Geology, New Series, V. 124, pp. 79-90.
- [9] Sh. Adamia, T. Mumladze, **N. Sadradze**, E. Tsereteli, N. Tsereteli and O. Varazanashvili. (2008). Late Cenozoic Tectonics and Geodynamics of Georgia (SW Caucasus). Georgian International Journal of Science and Technology ISSN 1939-5825. Volume 1, Issue 1, pp. 77-107. Nova Science Publishers, Inc.
- [10] I.Albino, W.Cavazza, M. Zattin, A.Okay, Sh. Adamia, **N.Sadradze**. (2014). Far-field tectonic effects of the Arabia–Eurasia collision and the inception of the North Anatolian Fault system// Geological Magazine 151 (2), Cambridge University Press, pp. 372–379. doi:10.1017/S0016756813000952.
- [11] Rolland, Y., Sosson, M., Adamia, S., and Sadradze, N., 2011, Prolonged 'Variscan to Alpine' history of Active Eurasian margin (Georgia, Armenia) revealed by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating: Gondwana Research, Elsevier, v. 20, no. 4, p. 798-815. იმპაქტ-ფაქტორი.

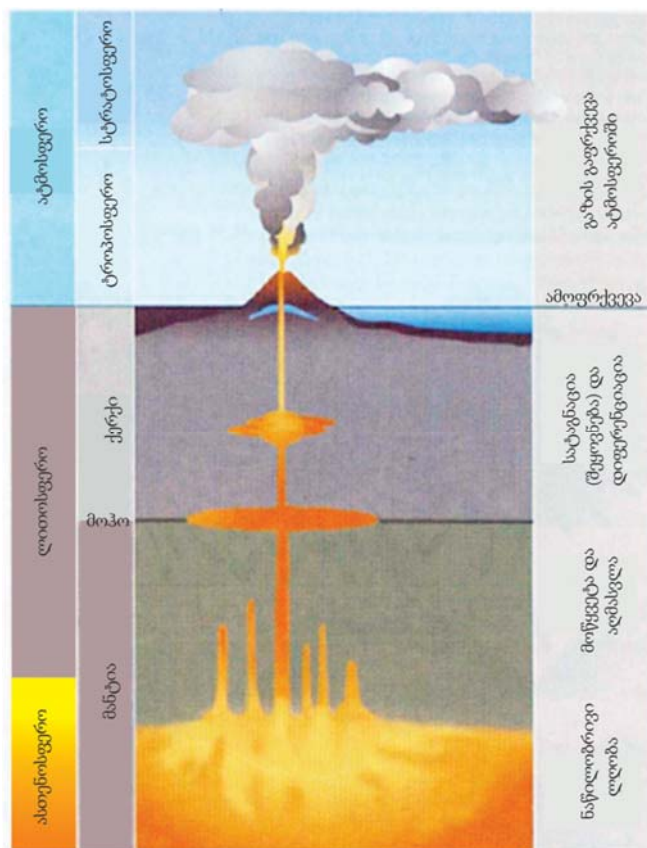
2. თანამედროვე ვულკანიზმის გეოგრაფიული (გლობალური) განაწილება და მისი კავშირი გეოლოგიურ სტრუქტურებთან

2.1. ვულკანიზმი - როგორც პროცესი

ვულკანიზმი დასტურია იმისა, რომ პლანეტა დედამიწა ცხელი და დინამიურია შიგნეთში. იგი აწვდის დედამიწის ზედაპირს, ოკეანეებს და ატმოსფეროს ვულკანურ მასალას, გეოთერმულ ენერგიას და მაგმის დეგაზაციის შედეგად წარმოქმნილ აირებს გეოლოგიური დროის განმავლობაში.

ვულკანური მოქმედებები ითვლება ერთერთ ყველაზე დრამატულ ბუნებრივ მოვლენად. ცნობილია ვულკანური მოქმედებების ისტორიული და თანამედროვე კატასტროფული შედეგები, მაგალითად: 79 წლის 24 აგვისტოს რომის იმპერიის ქალაქი პომპეი ვულკან ვეზუვის ამოფრქვევის შედეგად მთლიანად დაიფარა ვულკანური ფერფლით. ამოფრქვევა იმდენად ძლიერი და მოულოდნელი იყო ადგილობრივი მოსახლეობისთვის, რომ ბევრმა რეაგირება ვერ მოასწრო და ვულკანურ ფერფლში ცოცხლად დაიძარხა; პლინიური (ვეზუვიური) ვულკან ნევადო დელ რუიზის (Nevado Del Ruiz) ამოფრქვევის შედეგად 1985 წელს ქალაქ არმეროს 25 000 მაცხოვრებელი დაიღუპა, ეს შემთხვევა არმეროს ტრაგედიის სახელით არის ცნობილი. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება თანამედროვე ვულკანოლოგიაში აქტიური ვულკანური მხარეების შესწავლას და ვულკანური მოქმედებების დაწყების პროგნოზირებას.

ვულკანი-მაგმა ერთიან, რთულ სისტემად განიხილება (სურ. 2.1), ხოლო მაგმური კერის ჩამოყალიბება დაკავშირებულია კერისშემცავი ქანების ნაწილობრივი დნობის პროცესებთან.



სურათი 2.1. ვულკანი-მაგმა სისტემის სქემატური ჭრილი (Schmincke, 2004).

ვულკანიზმი ასახავს დედამიწის სიღრმეში მაგმური კერის ჩამოყალიბების და გადადგილების ფიზიკურ პროცესებს, ახასიათებს მაგმის ქიმიურ შედგენილობას, კერისშემცავ გარემოს, ამოფრქვევის მექანიზმს, ატმოსფეროს და ჰიდროსფეროს ურთიერთქმედებას ლავასთან და სხვა. მაგმური კერისშემცავი გარემო და მაგმის გენერაციის მექანიზმი თავისებური და ცვლადია გეოლოგიური დროის განმავლობაში, ის იძლევა ინფორმაციას დედამიწის გლობალურ ტექტონიკურ აგებულებაზე და ევოლუციაზე გეოლოგიურ წარსულში. აქტუალიზმის პრინციპი წამყვანია აქტიური მაგმური ტერიენების შესწავლის და გეოლოგიურ წარსულში მაგმური პროცესების ინტერპრეტაციისათვის.

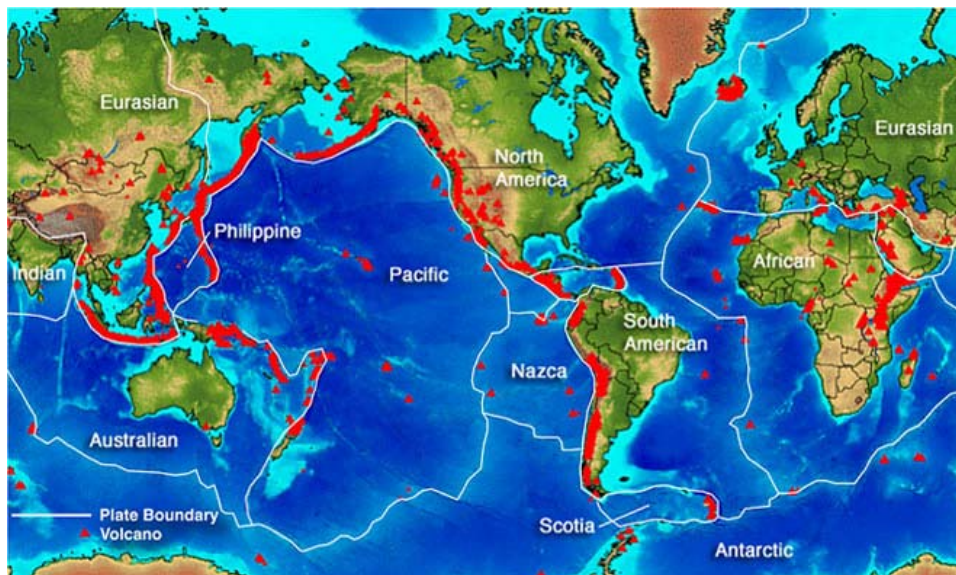
ფილების ტექტონიკის ანაბეჭდი თანამედროვე მაგმურ კომპლექსებზე ცნობილია პეტროტექტონიკის (Petrotectonic) სახელწოდებით. თანამედროვე ვულკანების პეტროტექტონიკური შესწავლით საშუალება გვეძლევა ვიცოდეთ რა გეოდინამიკურ პროცესებში ხდებოდა ვულკანების წარმოშობა.

თანამედროვე ვულკანიზმი მჭიდრო კავშირშია დედამიწის მთავარ ტექტონიკურ სტრუქტურებთან, რაც საშუალებას გვაძლევს მაგმატიზმი განვიხილოთ გლობალურ გეოდინამიკურ პროცესებთან კავშირში.

2.2 .თანამედროვე ვულკანიზმის გლობალური განაწილება

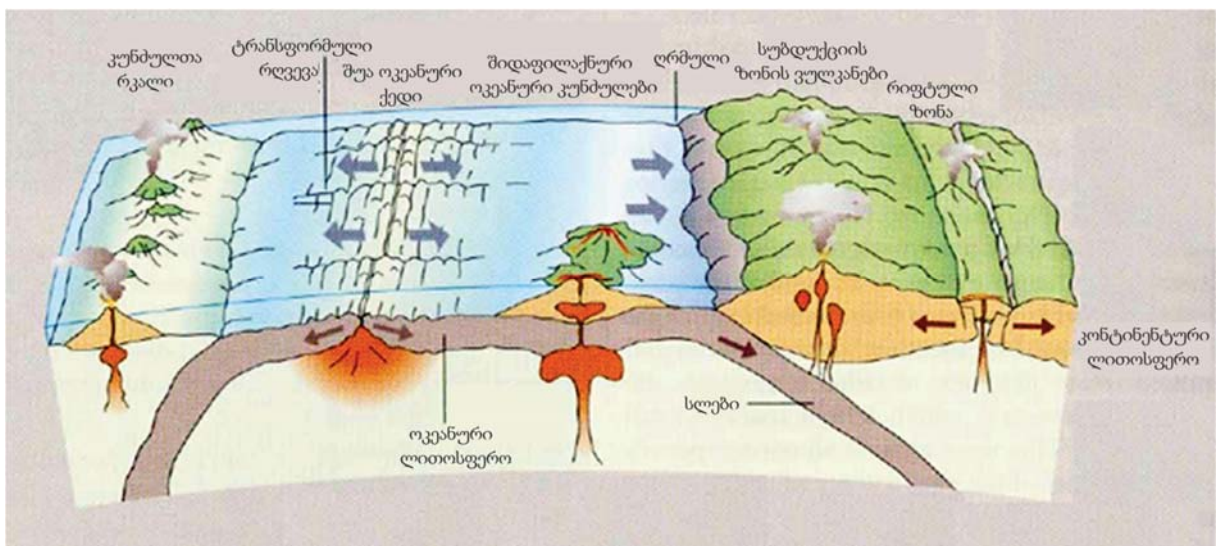
ვულკანიზმის გლობალური გავრცელების კანონზომიერებების თანამედროვე ახსნა ლითოსფერული ფილების ტექტონიკის თეორიის საფუძველზეა შესაძლებელი. ალფრედ ვეგენერის (Wegener, 1912) მიერ შემოთავაზებულმა ახალმა ხედვამ კონტინენტების დრეიფის შესახებ, არტურ ჰოლმის მნიშვნელოვანმა მოდელმა თერმული კონვექციების და ზღვის ფსკერის გაფართოების შესახებ (Holmes, 1931), ოკეანის ფსკერის მორფოლოგიურმა, პალეომაგნეტურმა, გეოფიზიკურმა შესწავლამ, ასევე მე-20 საუკუნის 60-იან წლებიდან ფილების ტექტონიკის და პლუმების თეორიის (Morgan, 1971) შექმნამ საფუძველი ჩაუყარა ვულკანიზმის გლობალური გავრცელების ახლებურ ხედვას.

აქტიური და ჩამქრალი ვულკანები, ძირითადად, განლაგებულია ლითოსფერული ფილების საზღვრებთან (სურ.2.2). აქტიური ვულკანების 80% დაკავშირებულია ლითოსფერული ფილების კონვერგენტულ საზღვრებთან, 15% დივერგენტულთან. ~5% შიდაფილურ არეებთან.



სურათი 2.2. ვულკანების გლობალური განაწილება
(<https://www.volcanos/global/distribution>).

ლითოსფერული ფილების დივერგენტულ საზღვრებს უკავშირდება რიფტული ვულკანიზმი, ხოლო კონვერგენტულს - სუპრა-სუბდუქციური და კოლიზიური ვულკანიზმი. ასევე ცნობილია, შიდა ფილური (ცხელი ლაქები) ვულკანიზმი. ვულკანური ეს არეები ერთმანეთისგან განსხვავდებიან ფიზიკური პარამეტრებით (ლითოსფერული ფილის სისქე, სითბური წყარო, დამაბულობის ველი), სეისმურობით, ვულკანური მოქმედების ტიპებით, ვულკანიტების მინერალოგიური, პეტროქიმიური და გეოქიმიური მახასიათებლებით. (სურ. 2.3) კარგად ასახავს ვულკანიზმის კავშირს გეოდინამიურ პროცესებთან.



სურათი 2.3. სქემატური ჰრილი - ვულკანიზმის კავშირი გეოდინამიკურ პროცესებთან (Schmincke, 2004).

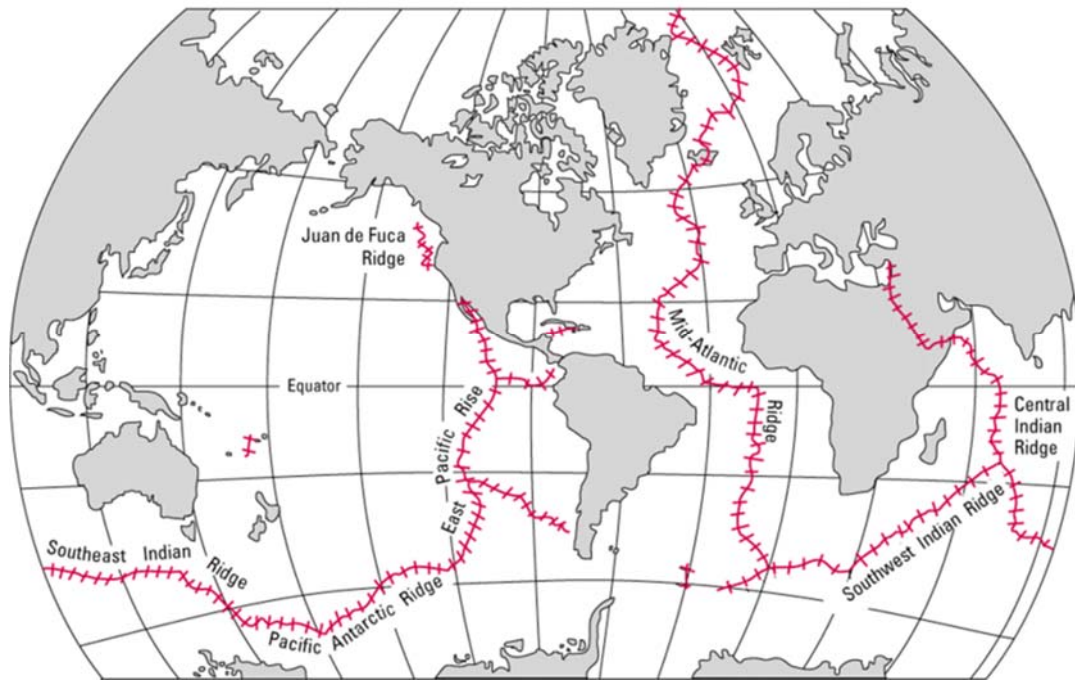
2.3. ლითოსფეროს ფილების დივერგენტულ საზღვრებთან დაკავშირებული ვულკანიზმი.

ცნობილია ოკეანური და კონტინენტური დივერგენტული საზღვრები.

2.4. ოკეანური რიფტები

ოკეანეში დივერგენტული საზღვრები თანხვდება შუაოკეანურ ქედებს (MOR- Middle Ocean Ridge), მაგალთად: ატლანტური ოკეანის შუაოკეანური, აღმოსავლეთ წყნარი ოკეანის, წყნარი ოკეანე - ანტარქტიკის, სამხრეთ დასავლეთ- სამხრეთ

აღმოსავლეთ - და ცენტრალური ინდოეთის ოკეანის, ხუან დე ფუკას, კოკოსი და სხვა რიფტები (სურ.2.4).



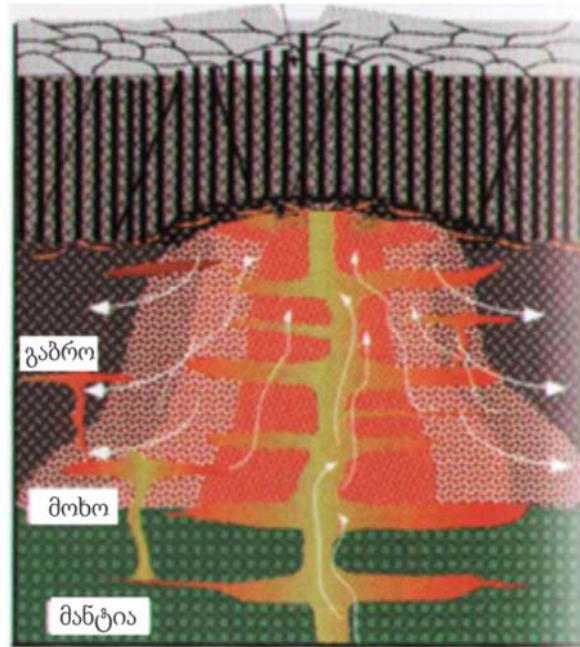
სურათი 2.4. შუაოკეანური ქედების გლობალური განაწილება (<https://www.volcanos/global/distribution>).

შუა ოკეანური ქედები ერთიან გლობალურ სისტემას ქმნიან ოკეანის ფსკერზე, ხასიათდებიან არაღრმა, დაბალმაგნიტუდიანი მიწისძვრებით, მაღალი ვულკანური აქტივობით და წამყვანი როლი უჭირავთ ოკეანური ქერქის ფორმირებაში. ოკეანური ქერქის ჩამოყალიბების მექანიზმის და სტრუქტურის აღსაქმელად ინფორმატიულია ოკეანური ქერქის კვლევა შემდეგი მეთოდებით: სითბური, მაგნიტური და გრავიტაციული ანომალიები, სეისმურობა, ოკეანის ფსკერის დრაგირება და ღრმა ბურღვა წყალქვეშა აპარატებით კვლევა და სხვა.

შუა ოკეანური ქედის ორივე მხარეს იღვრება დიდი რაოდენობით საღი ლავა, დამახასიათებელია ნაპრალოური ამოფრქვევები, ხშირია ტოლეიტური ბაზალტური ბალიშა ლავები და რიოლიტები, გაბრო-დიაბაზის და მიკროგაბროს მცირე სიღრმის ინტრუზივები.

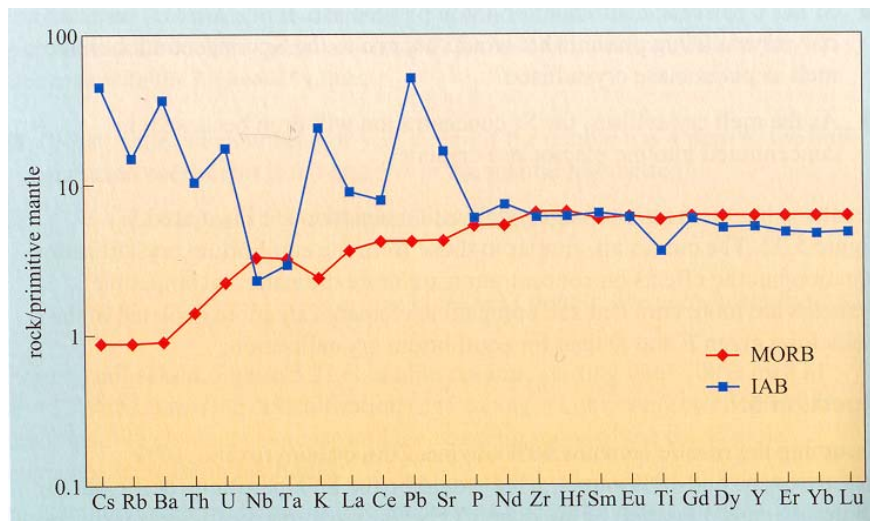
შუა ოკეანური ქედის ტოლეიტური ბაზალტებისათვის (MORB ან N-MORB) დამახასიათებელია: დაბალი K_2O (~0.2 წ.%) და TiO_2 (~1.5წ.%), დიდ იონურ რადიუსიანი ლითოფილების (LIL - Large Ion Lithophile) დეპლეტირება, დაბალი $^{87}Sr/^{86}Sr$, $^{206}Pb/^{204}Pb$

გაჯერებული მაგმური სვეტი. დაიკების კომპლექსი ასახავს ფილების ურთიერთსაწინააღმდეგო მოძრაობას, აღნიშნულ მოდელი კარგად უჩვენებს ოკეანური ქედების მაგმატიზმს ფილების ტექტონიკის გათვალისწინებით (Marsh et al., 2009).



სურათი 2.6. ოკეანური ქედების მაგმური სისტემა - მდნარი სვეტი (Mush column) (Marsh et al., 2009).

მაგმური წყაროს შედგენილობის აღსაქმელად მნიშვნელოვანია ოკეანური ბაზალტების კვლევა იშვიათ ელემენტებზე და იზოტოპებზე. გეოქიმიურმა კვლევებმა იზოტოპების თანაფარდობების მნიშვნელოვანი ცვალებადობა აჩვენა ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$), რამაც მეცნიერებს საშუალება მისცა მანტია ისევე, როგორც ქერქი, დაახასიათონ არაერთგვაროვან გარემოდ და ჰეტეროგენურობის მიზეზად მანტიაში ძველი გეოლოგიური რეზერვუარების არსებობაზე მიუთითონ (Hofmann, 2003).



სურათი 2.7. შუაოკეანური ქედების ბაზალტების (MORB) და კუნძულთა რკალების ბაზალტების (ერთნაირი MgO შემცველობით) იშვიათი ელემენტების მრავალელემენტური განაწილების დიაგრამა ნორმირებული პრიმიტიული მანტიის შემადგენლობაზე (Black et al., 2008).

სურათიდან (სურ. 2.7) ჩანს მნიშვნელოვანი განსხვავება შუაოკეანური ქედების ბაზალტებსა და კუნძულთა რკალური ბაზალტების იშვიათი ელემენტების განაწილების დიაგრამებს შორის. ითვლება, რომ ზედა, დეპლექტირებული მანტია შუაოკეანური ქედების ბაზალტების წყაროა.

2.5. კონტინენტური რიფტები

კონტინენტური რიფტებისთვის დამახასიათებელია დანაწევრებული რელიეფი, ვიწრო, გრძელი გრabenული სტრუქტურები გართულებული ჰორსტებით, სეისმურობა, ვულკანიზმი, მაღალი სითბური ნაკადების მოდენა, ლითოსფერული ქერქის გათხელება, მაგ. აღმოსავლეთ აფრიკის და ცენტრალური ევროპის კონტინენტური რიფტები (სურ.2.8).



სურათი 2.8. აღმოსავლეთ აფრიკის და ცენტრალური ევროპის კონტინენტური რიფტული ზონები (Schmincke, 2004).

კონტინენტური რიფტული ზონების ვულკანური წარმონაქმნები უმთავრესად წარმოდგენილია ბიმოდალური (Wilson, 1993) შედგენილობის ვულკანიტებით: ფუჟე (ტოლეიტები - რიფტი რიო გრანდე (Rio Grande rift) და ტუტე ოლივინიანი ბაზალტები; ტრაქიტები, ფონოლითები - აღმოსავლეთ აფრიკის რიფტი (East African rift) და მჟავე ქანები (რიოლითები, კომენდიტები). მჟავე ვულკანიტები წარმოდგენილია ფერფლის ნაკადების ტუფებით (ash-flow tuffs) ან მინის გუმბათებით (glass dome), საშუალო შედგენილობის ვულკანიტები ცოტაა. დამახასიათებელია მაღალი ტუტიანობა. კალიუმთან სერიებში გვხვდება ლეიციტიანი ბაზანიტები, ასევე ტუტე ულტრაბაზიტები და კარბონატიტები. კონტინენტური რიფტის ვულკანიტებში დროში ტუტიანობის კლების ტენდენცია შეიმჩნევა (Kent C. Condie, 2005). გეოქიმიური და იზოტოპური შესწავლილობის საფუძველზე (Sm-Nd, U-Pb,) კონტინენტური რიფტული ბაზალტების წარმოშობა დაკავშირებულია მანტიურ პლუმებთან ან სუბკონტინენტურ ლითოსფეროსთან, შესაძლებელია მაგმური კერის გენერაციაში ორივე მათგანი იყოს ჩართული (Bradshaw et al., 1993; Thompson and Gibson, 1994; Peate, 1997).

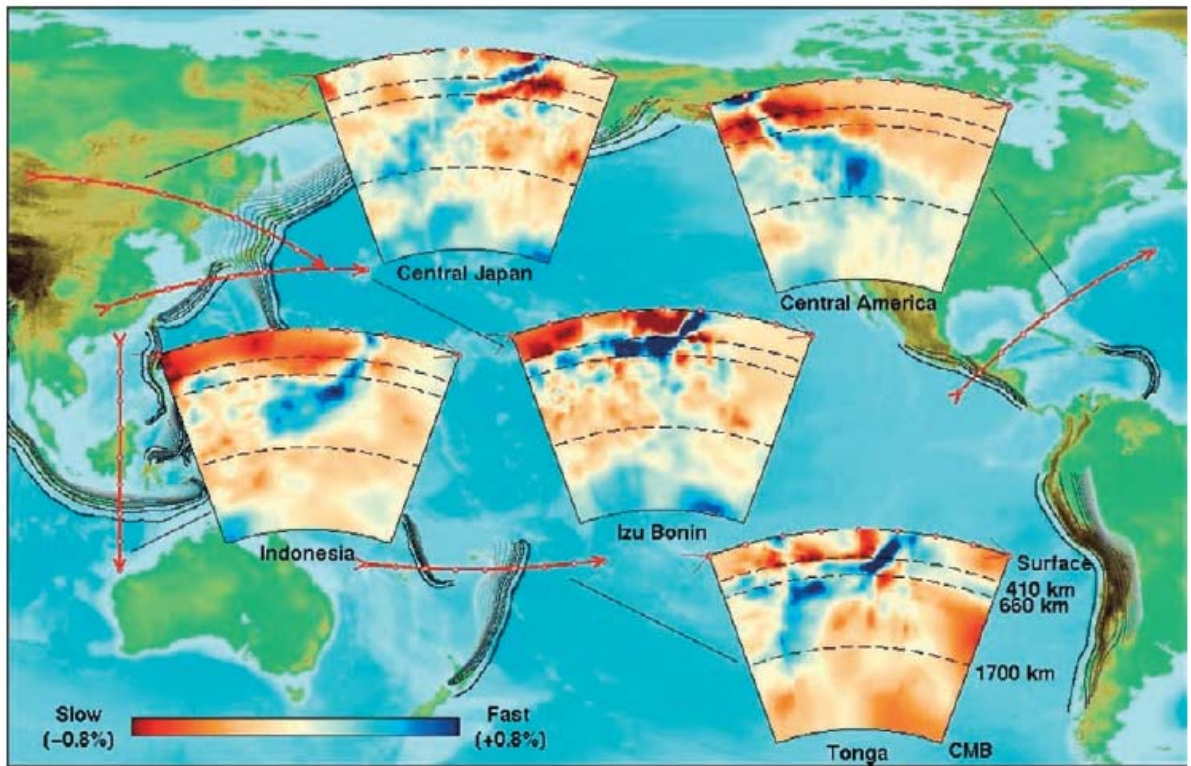
2.6 ლითოსფერული ფილების კონვერგენტული საზღვრებთან დაკავშირებული ვულკანიზმი

ფილების კონვერგენტული საზღვარი არის რეგიონი, სადაც ორი ლითოსფერული ფილის დაახლოება, შეჯახება (კოლიზია) და დესტრუქცია ხდება. ცნობილია სამი ტიპის კონვერგენტული საზღვარი:

- ოკეანური ფილა-კონტინენტური ფილის კონვერგენცია (ოკეანე-კონტინენტი, სუბდუქცია);
- ორი ოკეანური ფილის კონვერგენცია (ოკეანე-ოკეანე, სუბდუქცია);
- ორი კონტინენტურ ფილას შორის კოლიზია (კონტინენტი-კონტინენტი, დესტრუქციული საზღვარი).

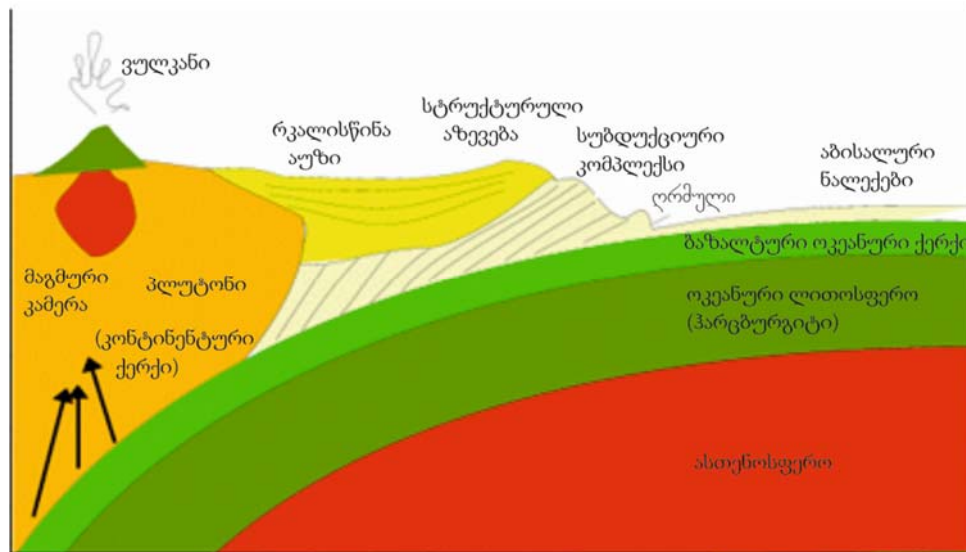
სუბდუქციურ ზონებში მაგმური მოვლენები ოკეანური ღრმულებიდან - ფოკალური ზონიდან კონტინენტისკენ - ვულკანურ რკალებში გამოვლინდება, რომლებიც, მაგალითად წყნარი ოკეანის სანაპიროებზე, ქმნიან რკალს, რომელსაც „ცეცხლოვან რკალს“ უწოდებენ. ვულკანები განლაგებულია სუბდუქციის ზონის თავზე და ხასიათდება მაღალი სეისმურობით (სეისმოფოკალური ზონა).

სუბდუქციური ზონების სეისმური ტომოგრაფიის ჭრილების სურათი წყნარი ოკეანის აუზის გარშემო (სურ. 2.9) კარგად ასახავს სუბდუქციურ ლითოსფეროს მანტიაში ჩაძირვის დინამიკას. სეისმური სუბდუქციური ზონებისთვის მაგმური კერები ყალიბდება 50-100 კმ სიღრმეზე.

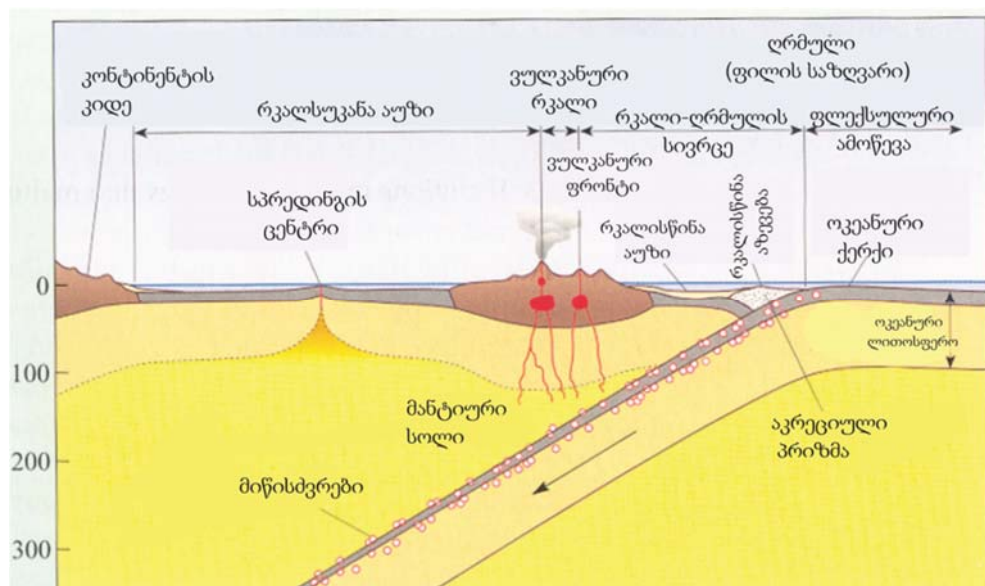


სურათი 2.9. წყნარი ოკეანის გარშემო სუბდუქციური ზონების სეისმური ტომოგრაფიის სურათი (Van der Hilst and Karason, 1999).

ფილების ტექტონიკის თანახმად სუბდუქციის ზონაში ოკეანური ლითოსფერო, რომელიც ძირითადად აგებულია ტოლეიტური ბაზალტებით და წყლით გაჯერებული ოკეანური ნალექებით, კონტინენტური ქერქის ქვეშ დაძირვისას (სურ. 2.10ა) ექცევა მაგმის გენერაციის არეებში და წარმოიშვება კირტუტე სერიები - ბაზალტები, ანდეზიბაზალტები, ანდეზიტები, დაციტები და რიოლიტები, ტოლეიტური ბაზალტები. კირ-ტუტე სერიის ანდეზიტები და გრანიტოიდები წამყვან როლს თამაშობენ, რის გამოც მათ ანდეზიტურ რკალებსაც უწოდებენ.



სურათი 2.10ა. ოკეანე-კონტინენტი სუბდუქცია

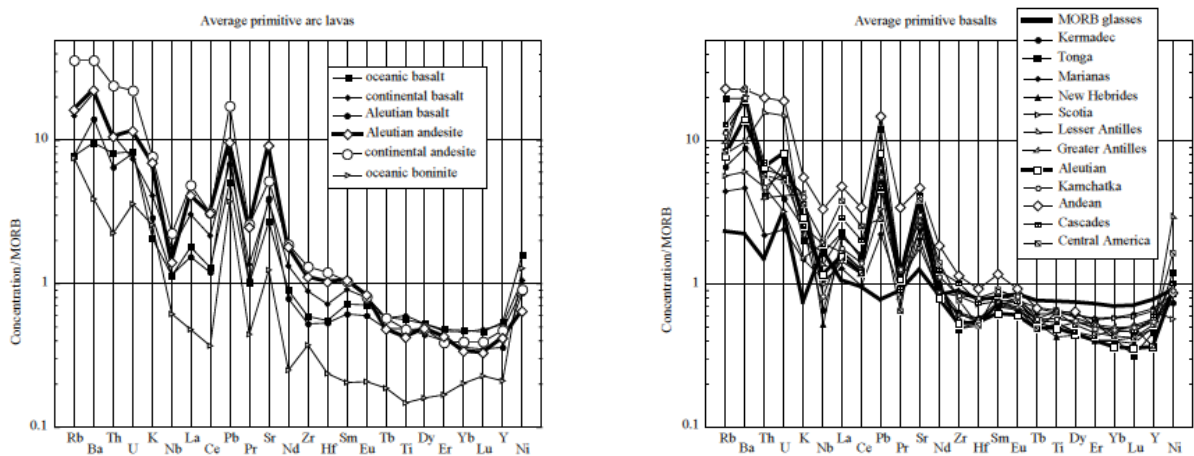


სურათი 2.10ბ. ოკეანე-ოკეანე სუბდუქცია (Black et al., 2008).

კუნძულთა რკალები ფორმირდება ფილების კონვერგენტული საზღვრების არეებში, სადაც ოკეანური ფილა იძირება ოკეანური ფილის ქვეშ (სურ. 2.10ბ). კუნძულთა რკალების 2 ტიპი გამოიყოფა 1. ენსიალური და 2. ენსიმატური. ენსიალური კუნძულთა რკალის მაგალითია იაპონიის კუნძულები, ენსიმატურის მარიანას კუნძულთა რკალი. ენსიალური კუნძულთა რკალი ხასიათდება სქელი კონტინენტური ქერქით და განვითარებული გრანიტული ფენით. ენსიმატური კუნძულთა რკალებისათვის, რომელთა გრანიტული ფენა სუსტად არის განვითარებული, დამახასიათებელია ტიტანით ღარიბი და მაგნიუმით მდიდარი ანდეზიტები - ბონინიტები. ასევე

კუნძულთა რკალებისთვის ვულკანური მოქმედებების ბოლო საფეხურზე დამახასიათებელია გამჟავიანების ტენდენცია (Kent C. Condie, 2005).

სუპრა-სუბდუქციური ზონის ვულკანიტები ხასიათდებიან თავისებური პეტროქიმიური და გეოქიმიური მახასიათებლებით, მაგ. კუნძულთა რკალური ბაზალტები ხასიათდებიან Al_2O_3 მაღალი (16-20%) და დაბალი TiO_2 შემცველობით (<1%). $^{87}Sr/^{86}Sr$ თანაფარდობა 0.702-0.705 ინტერვალს პასუხობს, გადარიბებულია Ta, Nb და Ti, რასაც მკვლევარები იყენებენ ძველი სუბდუქციის ზონების იდენტიფიცირებისათვის (სურ. 2.11ა,ბ).



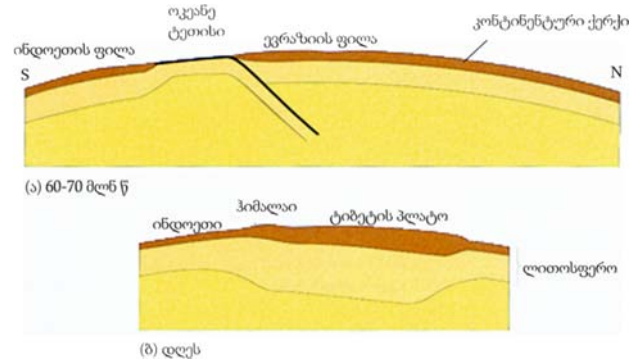
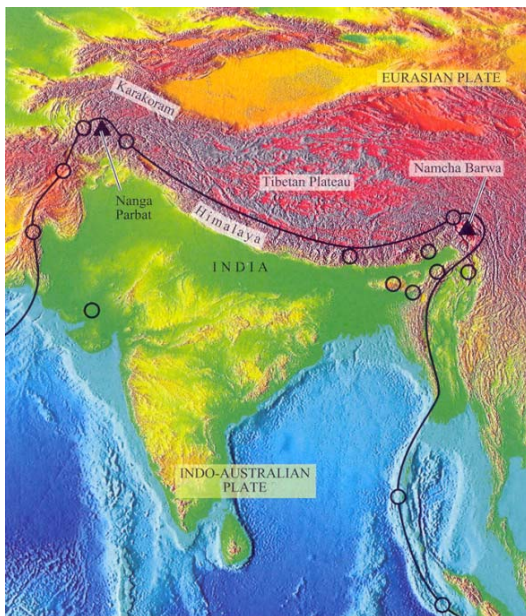
სურათი 2.11ა,ბ. კუნძულთა რკალებისთვის მრავალ-ელემენტური დიაგრამა ნორმალიზებული N-MORB-ზე. პრიმიტიული კუნძულთა ბაზალტები ამჟღავნებენ მსგავსებას და განსხვავებულობას MORB-ისგან. ოკეანურ და კონტინენტურ კუნძულებში პრიმიტიული ანდეზიტი არის უფრო გამდიდრებული, ვიდრე პრიმიტიული ბაზალტები (Kelemen et. al., 2008).

2.7. კოლიზიური ვულკანიზმი

კოლიზიის ზონა წარმოიშვება კონვერგენტულ საზღვრებთან, სადაც სუბდუქცირებული ოკეანური ლითოსფერო სრულად შთაინთქმება და ფილების კონტინენტური ნაწილების შეჯახებისას სუბდუქციის ზონას მიეზღინება კონტინენტის პასიური კიდე. მისი აქტიური კიდის ქვეშაცოცების შემდეგ სუბდუქციის პროცესი წყდება. კოლიზიის ზონაში ხდება ლითოსფეროს გასქელება, ინტენსიური დეფორმაცია, დანაოჭება, დაქერცვლა, „აკრეციული პრიზმის“ შექმნა.

სუბდუქციის შეწყვეტის და კონვერგენტული საზღვრის კოლიზურში გადასვლის მიზეზად მიიჩნევენ კონტინენტური ლითოსფეროს უუნარობას ჩაიძიროს მასზე უფრო მკვრივ მანტიაში. კოლიზიის ზონებისათვის დამახასიათებელია მაგმატიზმი და სეისმური აქტივობა.

ახალგაზრდა კოლიზიური საზღვრის მკაფიო მაგალითია ცენტრალური აზია: ჰიმალაი ტიბეტით, ტიან-შანი, პამირი და მიმდებარე ტერიტორიები, რომელიც ჩამოყალიბდა ინდო-ავსტრალიის და ევრაზიის ფილების კოლიზიის (სურ 2.12ა), ინდოეთის სუპერკონტინენტის პანგეადან მოწყვეტის, ჩრდილოეთით გადაადგილების და აზიის კონტინენტთან შეჯახების შედეგად ~40 მლნ. წლის წინ (სურ 2.12ბ).



სურათი 2.12ა. ინდოეთის და ტიბეტის ტოპოგრაფიული რუკა. ნაცრისფერი ხაზი-ინდოეთის და ევრაზიის ფილების საზღვარი. (Black et al., 2008)

სურათი 2.12ბ. ინდოეთი-აზიის კოლიზიის ჭრილი ბ - 60-70 მლნ.წ; გ-თანამედროვე (Black et al., 2008).

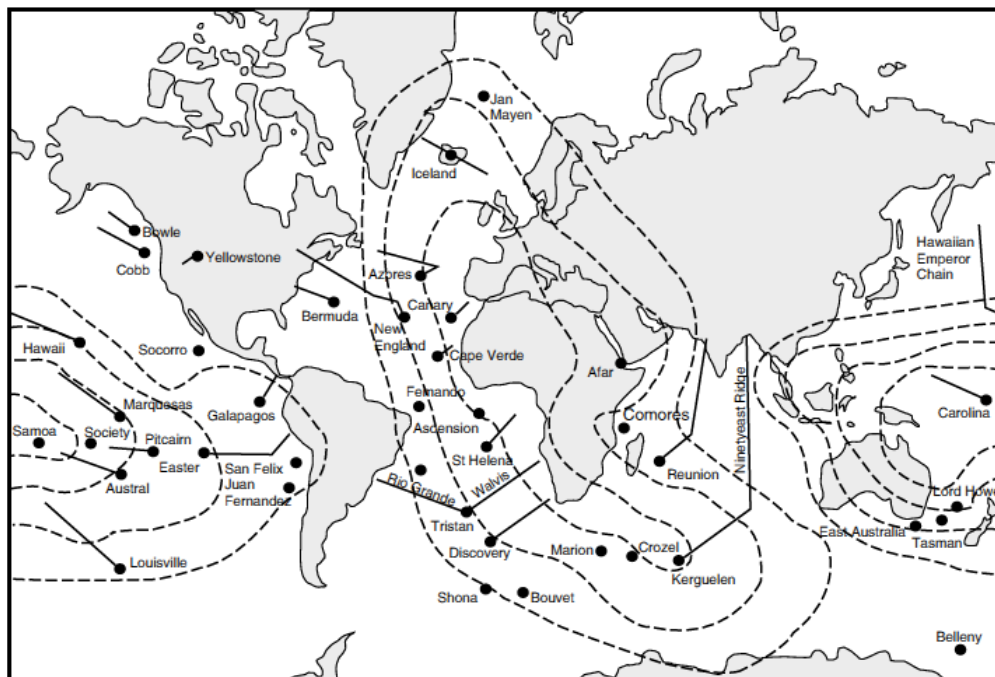
ასევე, ახალგაზრდა კოლიზიური საზღვრის მაგალითია მცირე აზია - კავკასიის რეგიონი, რომელიც წარმოადგენს ალპურ-ჰიმალაური ნაოჭა მთების სისტემის ნაწილს (სურ.2.13). კოლიზია ამ რეგიონში სავარაუდოდ ოლიგოცენ-მიოცენში დაიწყო და ხასიათდება კოლიზიის შემდგომი მაგმური პროცესებით.



სურათი 2.13. ალპურ-ჰიმალაური ნაოჭა სისტემა ევრაზიის და აფრიკა-არაბეთი-ინდოეთის კონტინენტების საზღვარზე.

2.8. შიდაფილური ვულკანიზმი

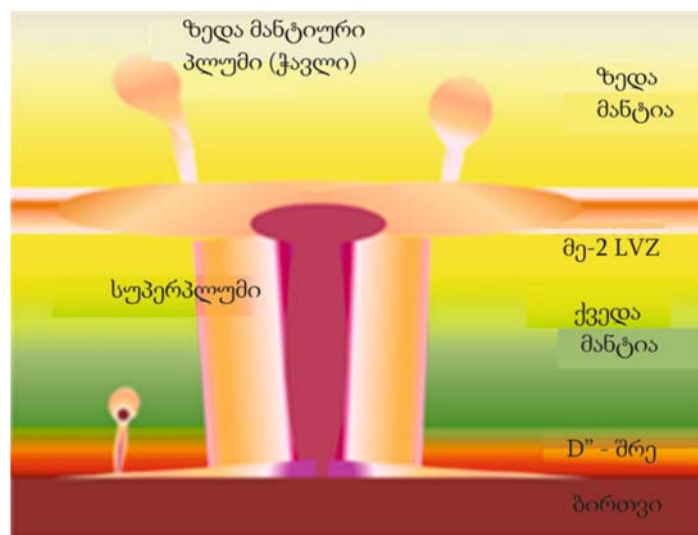
შიდაფილური ვულკანიზმი გავრცელებულია როგორც ოკეანეში (ჰავაის, ისლანდიის, წმინდა ელენეს, ასენსიონის ვულკანური კუნძულები; ვულკანები კილაუეა, მაუნა-ლოა და სხვ.) (სურ. 2.14), ისე კონტინენტებზე (მიჩოასან-გუანაჯუატო მექსიკაში, სან-ფრანცისკო ჩრდილო ამერიკაში, ეიფელი გერმანიაში და სხვა).



სურათი 2.14. ცხელი ლაქების მდებარეობის გლობალური განაწილება (Kent, 2005).

ცხელი ლაქები (Hot spot) ეწოდება ვულკანურ პროვინციას, რომლის წარმოშობა დაკავშირებულია მანტიურ პლუმებთან. თანამედროვე ცხელი ლაქები ოკეანის ფსკერზე გამოხატული არიან წყალქვეშა ვულკანების, ვულკანური ქედების და ვულკანური მწკრივების (წყნარი ოკეანე, ატლანტის ოკეანე) სახით. ვულკანების ასაკი მწკრივში კანონზომიერად იცვლება, მოქმედი ვულკანიდან - ჩამქრალისკენ მათი ასაკი იზრდება - ძველდება (Wilson, 1963). ცხელ ლაქას აგრძელებს ჩამქრალი ვულკანების მწკრივი - ასეისმური ქედი და ქმნის დიდ მაგმურ პროვინციებს (დეკანის ტრაპი-ინდოეთში, ცენტრალური ატლანტიკის მაგმური პროვინცია), სუპერვულკანებს (იელოუსტოუნი, ლონგ ველი, ველის კალდერა - ამერიკის შეერთებულ შტატებში, ტობა - ინდონეზიაში; ტაოპო - ახალ ზელანდიაში, აირა - იაპონიაში და სხვა).

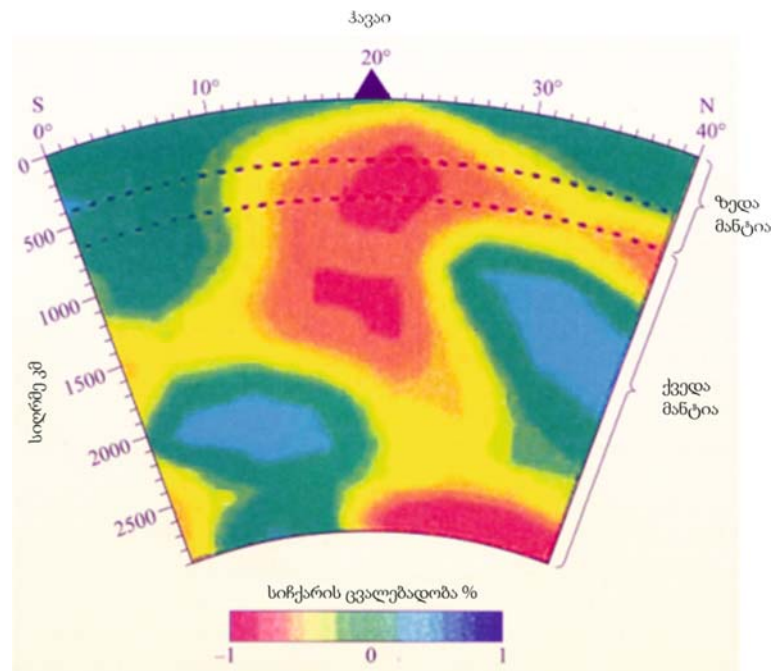
მანტიური პლუმების კონცეფცია ეკუთვნის ჯ. მორგანს (Morgan, 1971), რომლის მიხედვით მანტიის და ზედა ბირთვის საზღვრიდან მანტიურ აღმავალ დინებებს გადააქვთ სითბური ენერგია თერმული დიაპირების სახით, რომლებიც ლითოსფეროსთან შეხებისას განაპირობებენ მის დამაბულობას, დეფორმაციას, ნაწილობრივ ლღობას და დესტრუქციას. სეისმურმა ტომოგრაფიამ რეალურად გამოსახა ცხელი მანტიური დინებები, რომელთა კერები გარე ბირთვსა და ქვედა მანტიის საზღვარზე D“ (D double prime) შრეში დაფიქსირდა, სადაც წარმოიქმნება მეტალებით გამდიდრებული გრანდიოზული მდნარი მასები და მაღალტემპერატურული აღმავალი დინებები, რომლებიც თერმოზარული დისბალანსის გამო, ცხელი ნაკადების სახით გადაადგილდებიან დედამიწის ზედაპირისაკენ (სურ. 2.15).



სურათი 2.15. მანტიური პლუმების აგებულების სქემატური ჭრილი (Kent C. Condie, 2005)

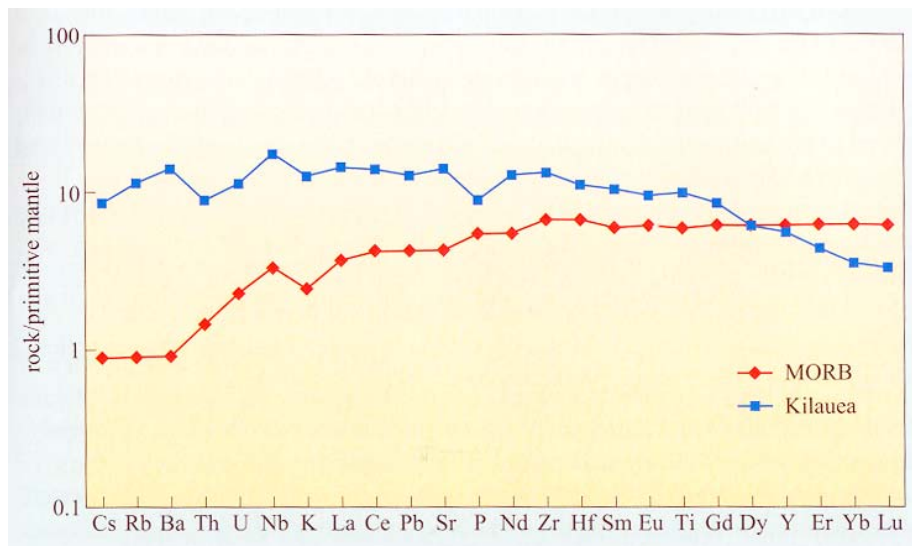
მანტიურ პლუმებთან დაკავშირებული ეფუზივები ძირითადად წარმოადგენენ ტუტე ბაზალტებს, რაც მაგმური კერების ღრმა განლაგებაზე მიუთითებს.

მანტიური პლუმები ოკეანის ფსკერზე ქმნიან დადებით რელიეფს ან ქედებს, დამახასიათებელია დადებითი გრავიტაციული ანომალიები და სითბოს მაღალი ნაკადები, სეისმური ტომოგრაფიის ჭრილებზე აღინიშნება სეისმურად დაბალსიჩქარიანი დიაპირული ანომალური უბნები (სურ. 2.16) (შედარებით მაღალტემპერატურული მდნარი მასები, რომლებშიც სეისმური ტალღის სიჩქარე უფრო დაბალია, ვიდრე მომიჯნე ქანებში).



სურათი 2.16. P ტალღების სეისმური ტომოგრაფიის სურათი. ჰავაის მანტიური პლუმი (Lei and Zhao, 2006).

მანტიურ პლუმებთან დაკავშირებული ვულკანიტები ხასიათდებიან მაღალი Ka_2O და Na_2O შემცველობებით და ძირითადად წარმოდგენილია ტუტე ბაზალტებით და სხვა ტუტე ქანებით, გვხვდება ტოლეიტური ბაზალტებიც. მათში აგრეთვე მაღალია რკინის და ტიტანის შემცველობები. ხასიათდება შუაოკეანური ქედის ბაზალტებთან შედარებით მძიმე იშვიათი მიწაელემენტების დაბალი და მსუბუქი შეუთავსებადი (incompatible) ელემენტების მაღალი შემცველობებით (სურ. 2.17).



სურათი 2.17. პრიმიტიულ მანტიაზე ნორმირებული იშვიათი ელემენტების მრავალელემენტური განაწილების დიაგრამა, ვულკანი კილაუეა, ჰავაი (Black et al., 2008).

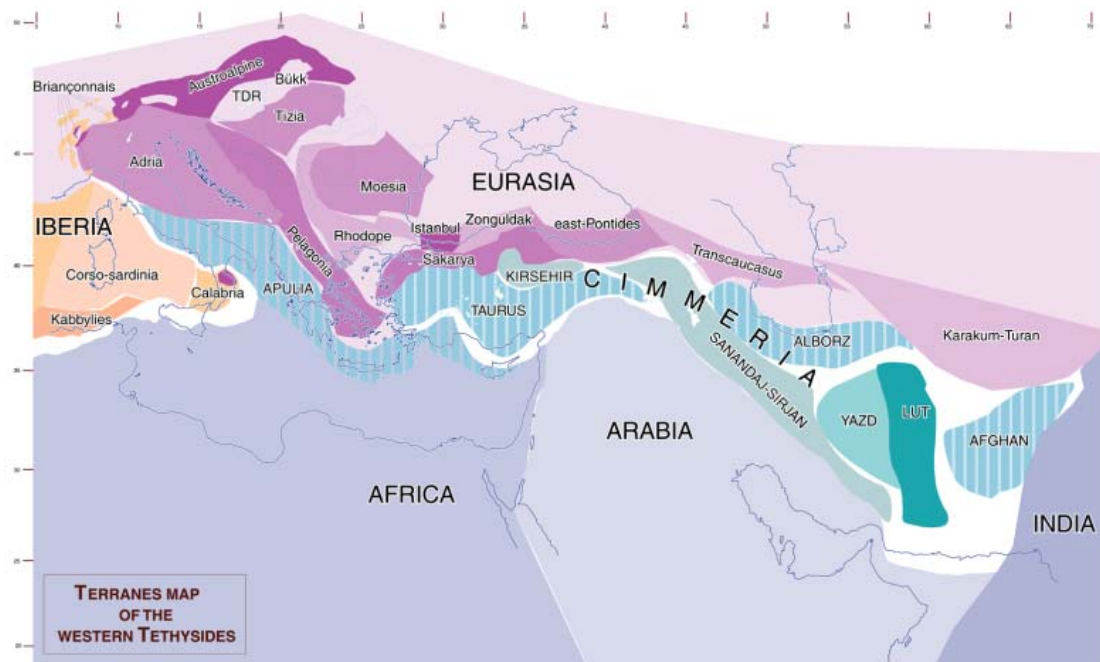
აგრეთვე დამახასიათებელია Mg_2O მაღალი და ცვალებადი შემცველობები, მდიდარია ისეთი იშვიათი ელემენტებით, როგორიცაა Hg, Os და W. ითვლება, რომ, ქვედა, არადეპლექტირებული - გამდიდრებული მანტია ოკეანური კუნძულების ბაზალტების წყაროა.

როგორც აღვნიშნეთ, ვულკანური მოქმედებების დინამიკა და ვულკანიტების ქიმიური შედგენილობა კავშირშია ფილების ტექტონიკასთან. ცალკეული ვულკანი არ შეიცავს ინფორმაციას მხოლოდ მის ლოკალურ აგებულებაზე. ვულკანური მოქმედებები დაკავშირებულია დივერგენტულ და კონვერგენტულ საზღვრებთან, აგრეთვე შიდაფილურ (კონტინენტური და ოკეანური) არეებთან, რომლებიც ხასიათდებიან სპეციფიური გეოქიმიური და პეტროქიმიური მახასიათებლებით. აღნიშნული ინფორმაცია წამყვანია პალეოტექტონიკური რეკონსტრუქციებისას. ასევე აღსანიშნავია ჰიბრიდული ვულკანები, რომლებიც კომპლექსური ტექტონიკური პოზიციით ხასიათდებიან, მაგ. ვულკანი ეტნა - ~0.5 მილიონი წლის წინ მის ფუძეში ამონთხეული ლავა მსგავსია შიდაფილური ვულკანიზმის, თუმცა ვულკან ეტნას უფრო გვიანდელი ვულკანური მოქმედების გეოქიმიური პარამეტრები ტიპურ სუბრა-სუბდუქციურ ნიშნებს ატარებენ, რაც აიხსნება გეოდინამიური პოზიციის ცვალებადობით დროში.

3. საქართველოს გეოლოგია და მაგმატიზმი

3.1. საქართველოს ტექტონიკური პოზიცია

საქართველო, როგორც კავკასიის ნაწილი, მიეკუთვნება ალპურ-ჰიმალაურ ნაოჭა სარტყელს, რომელიც მოქცეულია ევრაზიის და აფრიკა-არაბეთის ლითოსფერული ფილების კონტინენტი-კონტინენტი კოლიზიის ვრცელ არეში. საქართველოს ლითოსფერო წარმოადგენს გონდვანური, ტეთისური და ევრაზიული ტერეინების კოლაჟს (სურ. 3.1) და შესაბამისად მის აგებულებაში მონაწილეობენ კოლიზიამდელი, სინ-კოლიზიური და კოლიზიისშემდგომი ერთეულები (Adamia & Lordkipanidze, 1989; Adamia et al., 1996; Terrane maps, 1996-1997).



სურათი 3.1. დასავლეთ ტეთისიდების ტერეინების რუკა. ევრაზიული (იასამნისფერი) და გონდვანური (ცისფერი) ტერეინების თანამედროვე მდებარეობა (Stampfli et al., 2000).

არაბეთ-ევრაზიის ფილაქნების კოლიზიის დაწყების ასაკის შესახებ განსხვავებული მოსაზრებები არსებობს: გვიანი ცარცი (Stocklin, 1974; Alavi, 1994), ეოცენი (Hempton, 1987; Jassim, Goff, 2006; Allen, Armstrong, 2008), ოლიგოცენი-ქვედა მიოცენი (Adamia et al., 2003, 2009, 2010, 2011; Yilmaz, 1993; Vincent et al., 2007, 2011;

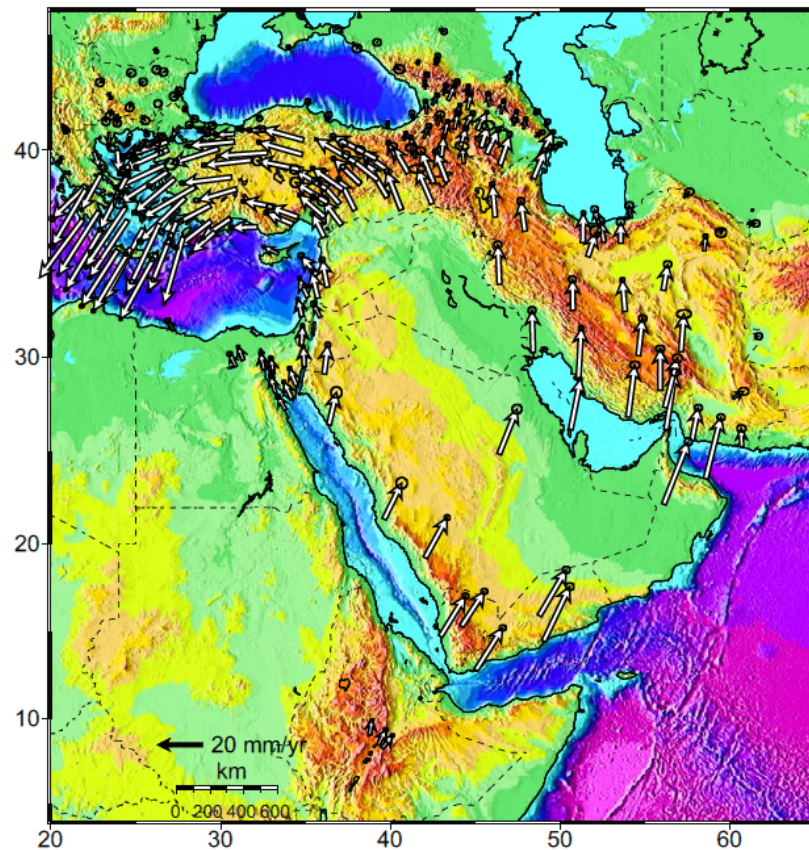
Robertson, 2000), შუა მიოცენი (Dewey et al., 1986; McQuarrie et al., 2003) და გვიანი მიოცენი-ადრე პლიოცენი (Zonenshain, Le Pishon, 1986; Philip et al., 1989; Khain, 1975).

გეოლოგიურ წარსულში საქართველოს ლითოსფერო ხასიათდებოდა თანამედროვე წყნარი ოკეანის აზიური ტიპის სანაპიროს მსგავსი აგებულებით და წარმოადგენდა ოკეანე ტეთისი - ევრაზიის კონტინენტის გარდამავალ არეში არსებულ კუნძულთა რკალების, შიდაარკალური რიფტების და რკალსუკანა აუზების რთულ სისტემას (Dewey et al., 1973; Khain 1974; Adamia, 1975; Adamia et al., 1977, 1981; Biju-Duval et al., 1977; Bocaletti, 1979).

ოკეანის გახსნის, სუბდუქციის, ობდუქციის და ლითოსფერული ფილების კოლიზიის შედეგად მოხდა რელიეფის ინვერსია, ოკეანური პალეოგეოგრაფიული პირობებიდან შიდა კონტინენტურ სტრუქტურაში გადასვლა; ტეთისის ნორმული აუზი ჩანაცვლდა ევქსინური ტიპის და მოგვიანებით კონტინენტური სედიმენტაციის აუზით; რკალსუკანა და ინტარკალური აუზის ადგილას ჩამოყალიბდა კავკასიონის და მცირე კავკასიონის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყლები (ტრანსკავკასიური მთათაშუა დეპრესიებით); სუბდუქციური წყალქვეშა ვულკანიზმი ჩანაცვლა კოლიზიის შემდგომმა კონტინენტურმა ვულკანიზმმა (Adamia et al, 1977, 1981, 1989, 2011, Stampfli et al., 2001).

რიგი მკვლევარის აზრით რეგიონი თანამედროვე გეოლოგიურ სტრუქტურად ჩამოყალიბდა გვიანკაინოზოურ დროში (Милановский и Хаин, 1963, Геология СССР, 1964; Adamia, 1989). უახლესი მონაცემებით, ნანოფოსილიებით კვლევის შედეგად (თ.ღავთაძე) დაზუსტდა მთათაწარმოშობის ასაკი. აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყლის აღმოსავლური დაბოლოების ფლიშური ნალექები დათარიღდა შუა ოლიგოცენურად (NP23) და ზედა ოლიგოცენის ქვედა (NP24) დონედ. როგორც სედიმენტოლოგიური (მუქი ფერის მერგელების არსებობა), ასევე ნანოფოსილების კვლევის ანალიზის შედეგად (კომპლექსი მონოსპეციფიურია - გაბატონებულია 2-3 სახის დაკნინებული ფორმები), დადგინდა აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი ზონის ფარგლებში ოლიგოცენური დროის მოწამლული, მარჩხი ზღვის არსებობა. აღსანიშნავია ისიც, რომ იგივე წყება ფორამინიფერების კვლევის საფუძველზე დათარიღებულია, როგორც ოლიგოცენურ-ქვედა მიოცენური (Adamia, 2004).

რეგიონი ამჟამადაც განიცდის სტრუქტურულ ევოლუციას, შეკუმშვასა და დეფორმაციას აფრიკისა და არაბეთის ფილების ჩრდილოეთისკენ მოძრაობის გამო (სურ. 3.2) წელიწადში 20-30 მმ სიჩქარით (Reilinger et al., 1997, 2006).



სურათი 3.2. აფრიკის, არაბეთის და ევრაზიის ფილების ურთიერთგადაადგილების სიჩქარეების ვექტორული სიდიდეები, სტაციონარული GPS სადგურების მონაცემებით, 1988-2005 წლები (Reilinger, 2006).

საქართველოს ტერიტორია გამოირჩევა ძალზე რთული ტექტონიკური აგებულებით (დანართი 1). ქანების დეფორმირების ხარისხის და შედგენილობის თავისებურებების საფუძველზე გამოიყოფა მთავარი ტექტონიკური ერთეულები: ორი ლაბილური - კავკასიონის (მთიანი ყირიმის ტერეინის ნაწილი) და აჭარა-თრიალთის ნაოჭა-შეცოცებითი მთიანი სარტყელი (ტრანსკავკასიური კომპოზიტური ტერეინის ერთეული) და ორი სტაბილური - საქართველოს ბელტი (ჩრდილო ტრანსკავკასიური ტერეინის ერთეული) და ართვინ-ბოლნისის ბელტი (სამხრეთ ტრანსკავკასიური ტერეინის ერთეული). ტექტონოსტრატოგრაფიულ ერთეულებში გამოყოფილი კოლიზიისწინა და სინ-კოლიზიურ-კოლიზიისშემდგომი წარმონაქმნები დანაწილებულია შემდეგ სტრუქტურულ სართულებად: 1. პალეოზოური ფუნდამენტი;

2. კოლიზიურისწინა: პალეოზოური, მეზოზოური-ადრე კაინოზოური ტექტონოსტრატიგრაფიული ერთეულები. 3. სინ-პოსტკოლიზიური ტექტონოსტრატიგრაფიული ერთეულები: ოლიგოცენურ-მეოთხეული მოლასა და ნეოგენური - ჰოლოცენური ვულკანური წარმონაქმნები (Terrane map, 1996; ადამია, 2007, Adamia et. al., 2011; Zakariadze et al., 2012).

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ საკვალიფიკაციო თემის რეგიონი მოიცავს სამხრეთ საქართველოს ვულკანური ზეგნების და ჩამქრალი ვულკანების პოსტკოლიზიური ტექტონოსტრატიგრაფიული ერთეულის ნეოგენ-მეოთხეულ, კონტინენტურ, ვულკანურ წარმონაქმნებს (ადამია, 2007), რომელიც ანატოლიის, სომხეთის და ირანის ვრცელი ვულკანური ზეგნების ნაწილია.

3.2. საქართველოს მაგმური ფორმაციები

ვულკანიზმის ხასიათი იძლევა უმნიშვნელოვანეს ინფორმაციას სიღრმული გეოლოგიური სტრუქტურების შესახებ. საქართველოს გეოლოგიურ აგებულებასა და განვითარებაში ვულკანიზმი მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს. საქართველოს ფარგლებში ცნობილია კარგად დათარიღებული ვულკანოგენური და ვულკანოგენ-დანალექი კოლიზიამდელი - დევონური, კარბონული, გვიანტრიასული, იურული, ცარცული, პალეოცენური, შუა- და გვიან ეოცენური, აგრეთვე სინკოლიზიური (ოლიგოცენური ?) და კოლიზიისშემდგომი - გვიან მიოცენურ-ადრეპლიოცენური, გვიან პლიოცენურ-პლეისტოცენური წარმონაქმნები (დანართი 2).

რეგიონის კოლიზიამდელი გეოდინამიკური რეჟიმი განიხილება როგორც ევრაზიის აქტიური პალეოკიდისა, წარმოდგენილი კუნძულთა რკალებით, ინტარკალური რიფტებით და რკალსუკანა აუზებით, ხოლო სინ-კოლიზიური და პოსტკოლიზიური გეოდინამიკური რეჟიმი - როგორც შიდაკონტინენტური (Khain, 1975; Dercourt et al., 1986; Robertson et al., 1996; Adamia et al., 1977, 1981, 2011; Zakariadze et al., 2012).

3.3. საქართველოს კოლიზიამდელი ვულკანიზმი

კოლიზიამდელი ვულკანიზმი საქართველოში არაერთგზის გამოვლინდა, კერძოდ პალეოზოურში, ტრიასულში, იურულში, ცარცულსა და პალეოგენურში. წარმოდგენილია კუნძულთარკალური, ინტარკალური და რკალსუკანა აუზების ტიპის ვულკანური ფორმაციები.

3.4. კუნძულთარკალური (სუპრა-სუბდუქციური) ვულკანიზმი

გვიანი პალეოზოური. გვიანპალეოზოური ვულკანოგენ-დანალექი წარმონაქმნების გამოსავლები საქართველოს ტერიტორიაზე ცნობილია ორ რაიონში: 1. მდ.ხრამის აუზში, წარმოდგენილი კონტინენტური და მარჩხი ზღვის კირ-ტუტე დაციტ-რიოლითური ვულკანიტებით - ხრამის წყება (გვიან ვიზე-ნამიურული - ბაშკირული საუკუნე), დათარიღებული ფლორით (Схиртладзе, 1960, 1965; Сванидзе, 1984) და ფაუნით (მარჯნები, ბრაქიოპოდები, ფორამინიფერები და კონოდონტები) (Белов и Рейтлингер, 1966., Сванидзе, 1984; Адамия, 1968, 1984) (სურ. 3.5ა); 2. მდ. ყვირილას ხეობაში (ძირულას მასივი) შუა კარბონული კირ-ტუტე დაციტ-რიოლითური კონტინენტური ლავებით აგებული ჭიათურის წყება (სურ.3.5ბ) დათარიღებული ხრამის წყების ვულკანიტებთან ანალოგიით და სტრატეგრაფიული პოზიციით (Adamia, 1968). აღნიშნული წყებები სივრცობრივ კავშირშია ამიერკავკასიის კრისტალური ფუნდამენტის ჰერცინულ გრანიტებთან და გრანიტპორფირებთან და მათთან ერთად ქმნის მოწიფული კუნძულთა რკალის ტიპის ვულკანურ-პლუტონურ ფორმაციას (Adamia et al., 2003).



სურათი 3.5ა,ბ. პალეოზოოური ვულკანიტები. ხრამის წყება (ა), ჭიათურის წყება (ბ).

გვიანი ტრიასი და ადრე იურა. გვიანტრიასული კონტინენტური ვულკანოკლასტიტების გამოსავლები დაფიქსირებულია ძირულის მასივის სამხრეთ კიდეზე და წარმოდგენილია, ძირითადად, ნორიულ-რეტული კირ-ტუტე დაციტ-რიოლითური შედგენილობის ვულკანოკასტური ქანებით (ნარულის წყება). ისინი ქიმიური და მინერალოგიური შედგენილობით ხრამის და ძირულას მასივების გვიანპალეოზოოური ვულკანიტების იდენტურია. ნორიული და რეტული ფლორით (Svanidze et al., 2000; ადამია და სხვ., 2003; ლებანიძე, 2003) დათარიღებული ნარულის წყების ფუძის ფორმაცია გადაფარულია სინემურული მარჩხი ზღვის ნალექებით.

შუა- და გვიანი იურა. საქართველოს ტერიტორიაზე კუნძულთარკალური ტიპის ვულკანური ფორმაცია ამონიტებით და ორსადგულიანი მოლუსკებით არის დათარიღებული და (Геология СССР. т. X. 1964) გავრცელებულია კავკასიონის სამხრეთ ფერდზე (ღრმა ზღვის აუზი), ამიერკავკასიის მთათაშუა დაბლობზე და მცირე კავკასიონზე-ლოქის მასივის სამხრეთ კიდეზე (მარჩხი და არაღრმა ზღვის აუზები). ზედაიურული ვულკანიტები ცნობილია მხოლოდ ლოქის მასივის აღმოსავლეთით. საგულისხმოა ჭრილი სოფ. წოფის მიდამოებში (სურ. 3.6ა,ბ), სადაც სერპენტინიტი მელანჟი ტრანსგრესიულად გადაფარულია ოქსფორდულ-ქვედა კიმერიჯული ტურბიდიტ-ოლისოსტრომული დასტით (Гамбашидзе и др., 1988; Адамия и др. 1989), რომელშიც მორიგეობს მარჩხი ზღვის ანდეზიტ-დაციტური შედგენილობის ვულკანოკლასტოლითები და ტუფები (Купарадзе, 1987).



სურათი 3.6ა. სოფ. წოფი, სერპენტინიტების კარიერი



სურათი 3.6ბ. სოფ. წოფი. სერპენტინიტების კარიერი, სერპენტინიტებზე განლაგებული ზედაიურული კირქვები, ტურბიდიტები და ოლისოსტრომები.

შუა- და გვიან იურული ვულკანური აქტივობა მოიცავს ბაიოსი - გვიანი იურული დროის ინტერვალს. განსაკუთრებით ინტენსიურ ვულკანურ მოქმედებებს ადგილი ქონდა ბაიოსში, შემდგომში აქტივობა თანდათან შესუსტდა და გვიანიურულში მხოლოდ ამიერკავკასიის სამხრეთ ნაწილში გამოვლინდა. ვულკანიტები წარმოდგენილია ტოლეიტური და კირ-ტუტე დიფერენცირებული რიგის ბაზალტ-ანდეზიტ-რიოლითური ქანებით. ქანები პეტროქიმიური და გეოქიმიური მახასიათებლებით სუპრა-სუბდუქციურია (Lordkipanidze et al., 1989).

ადრეული ცარცი. ადრეცარცული ვულკანური წარმონაქმნები გაშიშვლებულია საქართველოს სამხრეთ ნაწილში (თრიალეთის ქედი, აჭარა-თრიალეთის ზონა) და ქართლის დაბლობის ჩრდილო კიდეებთან (მდ. ქსნის ხეობა). ქანების აპტურ-ალბური ასაკი განსაზღვრულია ზღვიური მოლუსკებით. აჭარა-თრიალეთის ფარგლებში ვულკანიტები წარმოდგენილია დიფერენცირებული ნორმულკალიუმიანი ტოლეიტური და მაღალკალიუმიანი კირ-ტუტე სერიებით და შოშონიტებით (Lordkipanidze, 1980; Lordkipanidze et al., 1989; Надарейшвили, 1999).

ადრეული-გვიანი ცარცი. აპტურ-ტურონული კირ-ტუტე ბაზალტური, ანდეზიტური და დაციტური გამლილი ზღვის ვულკანური ქანები გაშიშვლებულია აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სისტემის აღმოსავლურ ნაწილში (მდ. თეძამის და ძამას ხეობებში; სურ.3.7 ა,ბ).



სურათი 3.7ა,ბ. მდ. თეძამის ხეობა, ალბური ვულკანიტები

კუნძულთარკალური, გვიანდარცული ვულკანიტების გამოსავლები ფართედ არის გავრცელებული სამხრეთ საქართველოში (ბოლნისის ზონა). ბოლნისის ზონაში ვულკანიტები მონაწილეობენ ვულკანური კუნძულების აგებულებაში და ასევე ქმნიან მარჩხი ზღვის აუზის ნალექებს. ვულკანიტების შედგენილობაში ჭარბობს ნორმულკალიუმიანი კირტუტე სერიები, შედარებით მცირეა დაბალკალიუმიანი და მაღალკალიუმიანი სახესხვაობები (Лордкипანიძე, 1980, 1986; Lordkipanidze et al., 1989; Надарейшвили, 1999).

ბოლნისის რაიონში ძირითადად გავრცელებულია დაციტები და რიოლიტები (სურ.3.8ა), გვხვდება ანდეზიტები, ანდეზიტ-ბაზალტები და ბაზალტები (სურ. 3.8ბ).



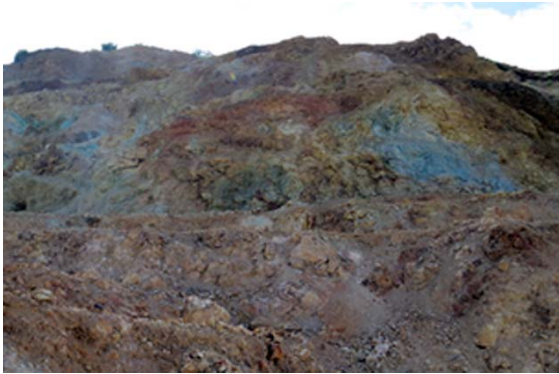
სურათი 3.8ა. დაციტ-რიოლიტური შედგენილობის სუბვულკანური სხეული, სოფ. რაჭისუბანი.



სურათი 3.8ბ. ანდეზიტ-ბაზალტური შედგენილობის ვულკანოკლასტოლიტები, სოფ. ქვემო გულავერი.

მთლიანობაში ბოლნისის რაიონის ზედადარცული ვულკანიტები ინტენსიურად არის ჰიდროთერმალურად შეცვლილი (სურ.3.9ა,ბ), რაც აძნელებს მათი პირველადი

პეტროქიმიური თავისებურებების დადგენას, თუმცა აღნიშნული ქანების სინქრონული ვულკანური წარმონაქმნების ფართედ გავრცელებამ აზერბაიჯანის სამხრეთით, სომხეთის ჩრდილოეთით და პონტიდებში, მკვლევარებს საშუალება მისცა კარგად შეესწავლათ აღნიშნული კომპლექსი. დადგინდა, რომ გვიანდარცულ დროში ამირკავკასიის სამხრეთ-დასავლეთით ჩამოყალიბდა სუბდუქციის ზონასთან დაკავშირებული სუბგანედური „ანდეზიტური სარტყელი“, რომელიც ფუნქციონირებდა მეზოზოური ტეთისის და ამირკავკასიის კუნძულთა რკალის საზღვარზე (Лордкипанидзе, 1980, 1986; Lordkipanidze et al., 1989).



სურათი 3.9ა,ბ. ბოლნისის რაიონის ზედაცარცული ჰიდროთერმალურად შეცვლილი ვულკანიტები

პალეოცენი და ეოცენი. საქართველოში პალეოცენური კუნძულთარკალური ვულკანური აქტივობა იწყება პალეოცენ-ადრე ეოცენში და წარმოდგენილია მარჩხი ზღვის აუზის და კონტინენტური დაციტ-რიოლითური კირ-ტუტე სერიის ლავებით და პიროკლასტოლითებით (Адамия, Дудаури, 1960). ვულკანიტები გავრცელებულია მდ. ალგეთის ხეობაში (სურ.10ა,ბ) აჭარა-თრიალეთის და ბოლნისის ტექტონიკური ერთეულების შეხების საზღვარზე და ლოქის მასივის სამხრეთ-დასავლეთ პერიფერიაზე. ბოლნისის ზონის პალეოცენური ვულკანიტების შემცველი ნალექები დათარიღებულია ფორამინიფერებით (Геология СССР. т. X. 1964, Качарава и др. 1965). ვულკანიზმი გაძლიერდა შუა ეოცენურ დროში. ვულკანოგენ-დანალექი ფორმაცია წარმოდგენილია არაღრმა ზღვის აუზის საშუალოკალიუმდიანი ბაზალტებით, ანდეზიტებით, დაციტებით და რიოლითებით, ასევე მაღალკალიუმდიანი ტრაქიტებით და ტრაქიანდეზიტებით, თუმცა ყველაზე მეტად გავრცელებულია დიფერენცირებული

ბაზალტ-ანდეზიტ-დაციტ-რიოლითური კირ-ტუტე სერიის ვულკანიტები. ტუტიანობის მომატება შესამჩნევია აღმავალ ჭრილში (გურია).



სურათი 3.10ა,ბ. მდ.ალგეთის ხეობა, პალეოცენური პიროკლასტოლითები (ა) და ლავები (ბ).

კუნძულთარკალური შუაეოცენური ვულკანოგენ-დანალექი ფორმაცია ასევე გავრცელებულია ლოქის მასივის ჩრდილო-დასავლეთ პერიფერიაზე - ართვინ-ბოლნისის ბელტის სამხრეთ კიდეზე. წარმოდგენილია ანდეზიტ-ბაზალტ-დაციტ-რიოლითური კირტუტე სერიის ლავებითა და ვულკანოკლასტოლიტებით. იგი ტრანსგრესიულად, ფუძის ფორმაციით, უთანხმოდ ფარავს ლოქის მასივის ფუნდამენტის ქანებს, ქვედა და შუაიურულ, აგრეთვე ზედაცარცულ ნალექებს. წყება დათარიღებულია ნუმულიტებით და ორსაგდულიანებით (Геология СССР, 1964; Геологическое строение, 1965; Adamia et al., 2007).

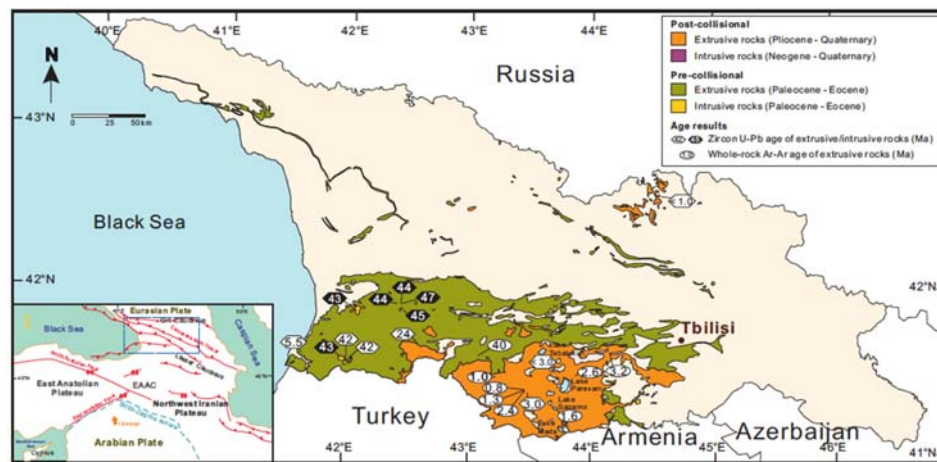
მთლიანობაში სამხრეთ საქართველოს კუნძულთარკალური პალეოცენური და ეოცენური ვულკანიზმი დიფერენცირებულ ანდეზიტურ სერიას მიეკუთვნება (Лордкиपანიძე и Закариадзе, 1974; Лордкипანიძე, 1980, 1986; Lordkipanidze et al., 1989).

ზედა ეოცენი - ოლიგოცენი (?). ზედაეოცენური კუნძულთარკალური შოშონიტური და კირ-ტუტე სერიის ვულკანიტებით და ვულკანოგენ-დანალექი ფორმაციით არის წარმოდგენილი აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი ზონის დასავლური და ცენტრალური ნაწილი, რომელიც აღმოსავლეთისკენ ნაცვლდება ტერიგენული ტურბიდიტებით (Lordkipanidze et al., 1989).

აჭარაში ადამია და სხვა ავტორების მიერ გამოყოფილია მძლავრი სუბ-ტუტე ბაზალტების, ტრაქიბაზალტების, ტრაქიანდეზიტების, დელენიტების და კირ-ტუტე რქატყუარიანი ანდეზიტების ვულკანოგენური, ზედაეოცენური - ადიგენის (II.

Гамкрелидзе, 1949) და ზედაეოცენურ-ოლიგოცენური(?) - ადიგენის ზედა წყება (Адамия и др., 1974).

ადიგენის წყება დათარიღებულია ნუმულიტებით (Салуквадзе, 1998; 2000), ხოლო ადიგენის ზედა წყების ზედაეოცენურ-ოლიგოცენური ასაკის შესახებ მხოლოდ გეოლოგიური დაკვირვებების საფუძველზეა გამოთქმული მოსაზრება (Адамия и др., 1974). ტაივანელი მკვლევარების მიერ ცირკონის კრისტალებით U-Pb მეთოდით გაზომილია ადიგენის ზედა წყებაზე განლაგებული ტუფის ასაკი გოდერძის წყების ფუძიდან (Yu-Han Chang., 2013) და მიღებულია 24 მლ. წ. (სურ.3.11), რომელიც, ჩვენი აზრით, ადიგენის ზედა წყებას უნდა ათარიღებდეს და გოდერძის წყების ვულკანურ ტუფებში მეორად განლაგებაში მყოფი ცირკონიდან უნდა იყოს გაზომილი.



სურათი 3.11. სამხრეთ საქართველოს ვულკანიტიდან ცირკონის კრისტალებით U-Pb მეთოდით გაზომილი ასაკები (Yu-Han Chang., 2013).

3.5. შიდაფილური ვულკანიზმი

შიდაფილური ვულკანური სერიები საქართველოს ტერიტორიაზე გავრცელებულია კოლხეთის დაბლობზე (ზედა იურა), იმერეთსა (ზედა იურა და ზედა ცარცი) და ჩრდილო აჭარაში (შუა ეოცენი).

გვიანი იურა. ზედაიურული შიდაფილური, მაღალტიტანიანი, ტუტე ბაზალტ-ტრახიტული ლავები და ვულკანოკლასტოლითები მონაწილეობენ ე.წ. „ფერადი“ წყების აგებულებაში, აღწერილია ჭაბურღილებში (იმერეთი) (Геология СССР. т. X. 1964) ხოლო კოლხეთის დაბლობის სამხრეთ-დასავლეთით ასოცირდებიან ტოლეიტებთან. აღნიშნული ვულკანიტები გეოლოგიური და პეტროქიმიური ნიშნებით ინტარკალური

რიფტების პროდუქტებად მიიჩნევა (Лордкипанидзе и др, 1985, 1986). აღნიშნული ქანები TiO_2/P_2O_5 შეფარდების თანახმად კუნძულთა რკალური ვულკანიტების შოშონიტური სერიის ველებშია განლაგებული, ამასთანავე მათი მნიშვნელოვანი ნაწილი ხვდება კონტინენტური რიფტის ველებში (Надарейшвили, 2002).

გვიანი ცარცი. გვიანცარცული შიდაფილური ვულკანოგენ-დანალექი ფორმაცია დასავლეთ საქართველოში (იმერეთი, რაჭა) წარმოდგენილია ტურონულ-კამპანური მაღალტიტანიანი სუბტუტე და ტუტე სერიის ბაზალტური და ანდეზიტური ლავებისა და ვულკანოკლასტოლითების მორიგეობით მარჩხი ზღვის კირქვებთან - მთავრის წყება (Геология СССР. т. X. 1964). მათში ასევე გვხვდება ტუტე სერიის პიკრიტ-ბაზალტები და ფონოლითები (გუგუშვილი, 1968; Надарейшвили, 1999).

შუა ეოცენი. შუაეოცენურ დროში მცირე კავკასიონის პალეოგენური კუნძულთარკალური ანდეზიტური სარტყლის ზურგში განლაგებული იყო შავი ზღვა - აჭარა-თრიალეთის ინტარკალური პალეორიფტი (Адамия и др. 1974a, 1974b). გაირჩევა ორი ტუტე - სუბ-ტუტე ბაზალტური (სურ. 3.12a) დონე: ქვედა და ზედა, გაყოფილი დიფერენცირებული ტრაქიანდეზიტ-დელენიტური (სურ. 3.12b) წყებით. ეოცენური ნალექების ასაკი ფორამინიფერების და მიკროფორამინიფერების მონაცემებით არის დადგენილი (Геология СССР, 1964; М. Качарава, 1978; Адамия и др., 1974; Салуквадзе, 1998, 2000). ლავური განფენების და დაიკების ფართე გავრცელება მიუთითებს პალეორიფტის ღერძული ზონის გასწვრივ ფუნდამენტის დესტრუქციაზე, ინტენსიურ გაჭიმვაზე და ნაპრალორ ვულკანიზმზე, რის შედეგადაც ჩამოყალიბდა დასავლეთ აჭარის რიფტის მასიური სუბვულკანური ტოლეიტური კომპლექსი (შეიცავენ ცარცული კირქვის და მჟავე ვულკანიტების ბლოკებს). ტუტე ანკარამიტების და ლიმბურგიტების ლავების და დაიკური მმლავრი კომპლექსის მრავალ კოლომეტრზე ხაზობრივი გავრცელება გურიის რეგიონში, ასევე მეტყველებს ამოფრქვევის ნაპრალორ ტიპზე. აჭარა-თრიალეთის შუაეოცენური ბაზალტები ხასიათდებიან H_2O მაღალი და ტიტანის დაბალი შემცველობით, რაც მას განასხვავებს შიდაკონტინენტური და შუაოკეანური რიფტების ბაზალტური სერიებისგან (Лордкипанидзе, Закариадзе, 1974; Лордкипанидзе, 1980; 1986; Lordkipanidze et al., 1989).



სურათი 3.12ა. შუაოცენური ბალიშა ლავები, მდ. ურაველის ხეობა.



სურათი 3.12ბ. შუაოცენური დელენიტები, მდ. მტკვრის ხეობა.

3.6. რკალსუკანა აუზის ვულკანიზმი

ადრე- და შუა იურა. კავკასიონის რკალსუკანა აუზში ვულკანური ფორმაციები ადრე- და შუაიურულ დროში ჩამოყალიბდა. აქ ვულკანოგენ-დანალექი კომპლექსები ასოციაციაშია შავი ფიქლების სერიასთან (პლინსბახური, ტოარსული და აალენური), ან მის ბაზალურ ფორმაციასთან (სინემურული). ვულკანიტები რიოლითური და ბაზალტური შედგენილობისაა და ქმნიან დაბალტიტანიან, დაბალ და ნორმულკალიუმიან კირ-ტუტე სერიებს. (Lomize, 1969; Борсук, 1979; Беридзе, 1983).

ტოარს-აალენურში ვულკანური აქტივობა რკალსუკანა აუზის ღერძულ ნაწილში ვლინდება, აქვს ნაპრალოური ხასიათი და გავრცელებულია აფხაზეთიდან მთიან კახეთამდე. ვულკანიტები წარმოდგენილია ტოლეიტ-ბაზალტებით (წილკაურის და აცგარის წყებები; სურ. 3.13ა და 3.13ბ) და პეტროქიმიური და გეოქიმიური პარამეტრებით შუაოცენურ ტოლეიტ-ბაზალტებს მიეკუთვნება (Беридзе, 1983; Лордкипанидзе, 1986).



სურათი 3.13ა. ბალიშა ლავები, წიკლაურის წყეზა, თერგის ხეობა.



სურათი 3.13ბ. ბაზალტური ვულკანოკლასტოლითები, სტორის ხეობა.

3.7. კოლიზიის შემდგომი ვულკანიზმი

რეგიონის განვითარების სინ-კოლიზიურ სტადიას (ოლიგოცენი - შუა მიოცენი) თან ახლავს ვულკანური აქტივობის შეწყვეტა ან შესუსტება ოლიგოცენურ-შუამიოცენურ დროში. მისი განახლება ხდება გვიან მიოცენში (გვიანი სარმატი) და გრძელდება შუა პლიოცენში შეწყვეტით ზედა პლეისტოცენამდე, თუმცა არსებობს მოსაზრება, რომ ვულკან მცინვარწვერის პარაზიტული ვულკანის (გორიჯვარი) მოქმედება ჰოლოცენშიც გამოვლინდა, ამ დროს ამონთხეულმა ლავამ გადაკეტა მდ.თერგი და მდინარის აღმა შექმნა ტბიური ნალექები (სურ. 3.14ა). ტბიურ-ალუვიური ნალექიდან განამარხებული ნახშირი დათარიღდა რადიოკარბონული მეთოდით (5950 ± 90 , 6290 ± 90), რომელმაც მკვლევარებს (ჯანელიძე, 2008) საშუალება მისცა გორიჯვარის ლავური ნაკადი დაეთარილებინათ ~ 6000 წლით. აღნიშნულ მოვლენას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება რეგიონში ვულკანური მოქმედებების განახლების შესაძლებლობის შეფასებასთან დაკავშირებით, ამიტომ საკვალიფიკაციო კვლევის ფარგლებში ჩატარდა საველე სამუშაო გორიჯვარის ლავური ნაკადის ორივე მხარეს ტბიური ნალექების შესასწავლად. საველე დაკვირვებებმა აჩვენეს, რომ ლავური ნაკადის ორივე მხარეს ტბიურ-ალუვიური-დელუვიური ნალექები ერთნაირია (სურ. 3.14ბ,გ), არ ჩანს ერთგვაროვანი მძლავრი ტბიური ნალექები და არ შეიძლება აღნიშნული ნალექებიდან განახშირებული ფლორის ასაკით დათარიღდეს გორიჯვარის ლავის ასაკი.



სურათი 3.14ა,ბ,გ. გორიჯვარის ლავური ნაკადი (ა), ტბიურ-ალუვიურ-დელუვიური ნალექები ლავური ნაკადის ორივე მხარეს (ბ,გ).

კოლიზიისშემდგომი ვულკანიზმი კონტინენტურია და მოიცავს დიდ ფართობებს სამხრეთ საქართველოში (ჯავახეთის მთიანეთი), ლოკალური გამოსავლები დაფიქსირებულია მესხეთში (ბორჯომი-ბაკურიანის ნაკადი), რაჭაში და ქართლში (მდ. რიონის და ლიახვის აუზები) და კავკასიონის წყალგამყოფზე (ყაზბეგი, ყელი, რაჭა).

გამოიყოფა კოლიზიისშემდგომი ვულკანიზმის ორი ძირითადი ფაზა: 1. გვიანმიოცენურ-ადრეპლიოცენური (გოდერძის წყება); 2. გვიანპლიოცენურ-მეოთხეული (წალკის და ახალქალაქის წყებები, ჯავახეთის, ბაკურიანის, ყელის და ყაზბეგის ჩამქრალი ვულკანები). მჟავიანობის მიხედვით წარმოდგენილია ყველა ჯგუფის ქანი: ბაზალტი, ანდეზიტი, დაციტი, რიოლითი. პეტროქიმიური და გეოქიმიური თავისებურებებით საქართველოს ფარგლებში გავრცელებული პოსტკოლიზიური კონტინენტური ვულკანიტები კირ-ტუტე შედგენილობის ანუ სუპრა-სუბდუქციური ტიპისაა (Геология СССР, 1964; Guide-book, INQUA, 1982; Guide-

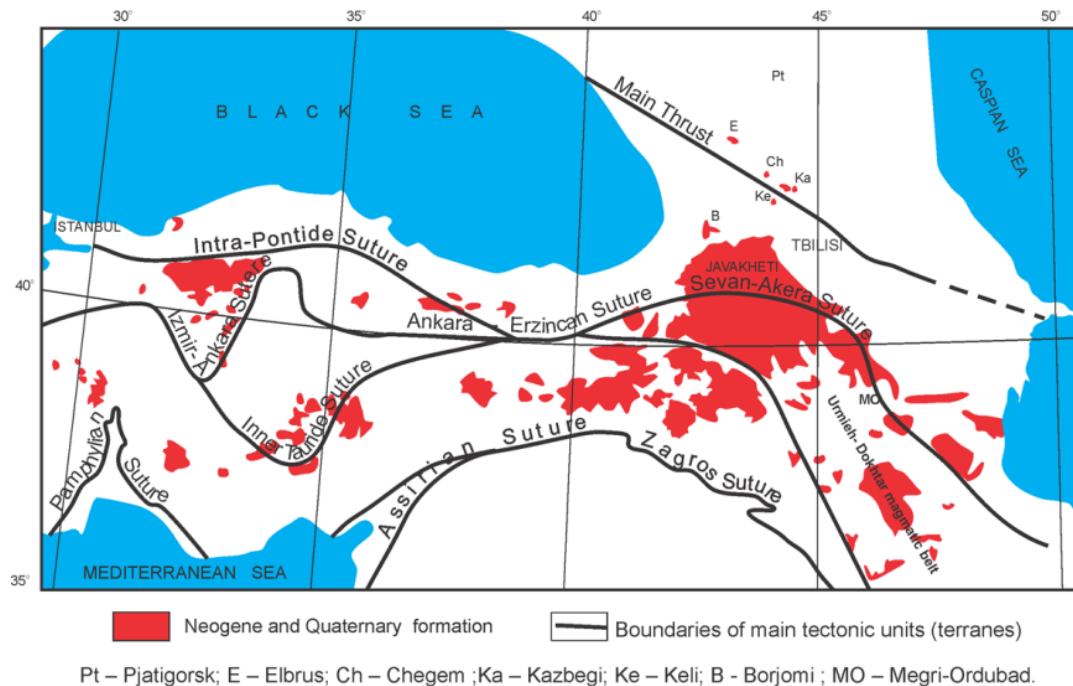
book, 1984; Lordkipanidze et al., 1989; Чернышев и др., 1999; Короновский и Демина, 2007; Тутберидзе, 2004; Майсураძე, 2004; Лебедев и др., 2008; Adamia et al., 2006, 2008, 2010, 2011).

ზემოთაღნიშნული ადასტურებს მოსაზრებას, რომ გვიანპალეოზოურ, მთელ მეზოზოურ და ადრეკაინოზოურ დროში (მთელი პალეოგენური დროის განმავლობაში) საქართველოს ლითოსფერო წარმოადგენდა ოკეანე ტეთისის განვითარების წყნარი ოკეანის დასავლური კიდის ტიპის აუზს. შედგებოდა რკალსუკანა აუზების და კუნძულთა რკალების სისტემისაგან. კუნძულთა რკალებში სხვადასხვა დროს ჩამოყალიბდნენ შიდარკალური რიფტები. რეგიონი შიდაკონტინენტურ აუზად გადაიქცა ოლიგოცენური დროის შემდეგ (Адамия и др., 2003, Adamia, 2004). ამასვე ადასტურებს კოლიზიისშემდგომ ინტრუზულ ქანებში, ბითლის-ზაგროსის და დასავლეთ აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცვებით ზონაში, აპატიტებზე ტრეკული ანალიზის შედეგები (24 მლ.წელი-ინვერსიის დრო) (Okay et al., 2010, Albino et al., 2014), რაც ადასტურებს მოსაზრებას, რომ არაბეთი - ევრაზიის ფილაქნების კოლიზიის ასაკი ოლიგოცენი - ადრე მიოცენია.

4. შავი ზღვა - კასპიის ზღვის რეგიონის სინ-პოსტკოლიზიური მაგმური ფორმაციები

სამხრეთ საქართველოს ნეოგენ-მეოთხეული კონტინენტური ვულკანური ფორმაციები შავი ზღვა - კასპიის ზღვის რეგიონში ფართედ გავრცელებული პოსტკოლიზიური მაგმური ფორმაციების ნაწილია. რეგიონის პოსტკოლიზიური მაგმური ფორმაციების სივრცობრივი კავშირი მსხვილი ტექტონიკური ერთეულების (ტერეინების) საზღვრებთან, მნიშვნელოვანია კოლიზიისშემდგომი ვულკანიზმის ზონის გეოდინამიკური რეკონსტრუქციისთვის.

პოსტკოლიზიური ვულკანური ფორმაციები ფართედ არის გავრცელებული შავი-ზღვა - კასპიის ზღვის კონტინენტი-კონტინენტის კოლიზიის ზონაში და სივრცობრივ კავშირშია რეგიონის მეზოზოურ-ადრეკაინოზოური სუბდუქციური ზონის ნაკერებთან (სურ. 4.1), რომლებიც ტერეინების საზღვრებს წარმოადგენენ და ხასიათდებიან მაქსიმალური გეოდინამიკური აქტიურობით: ტექტონიკა, ვულკანიზმი და სეისმურობა.

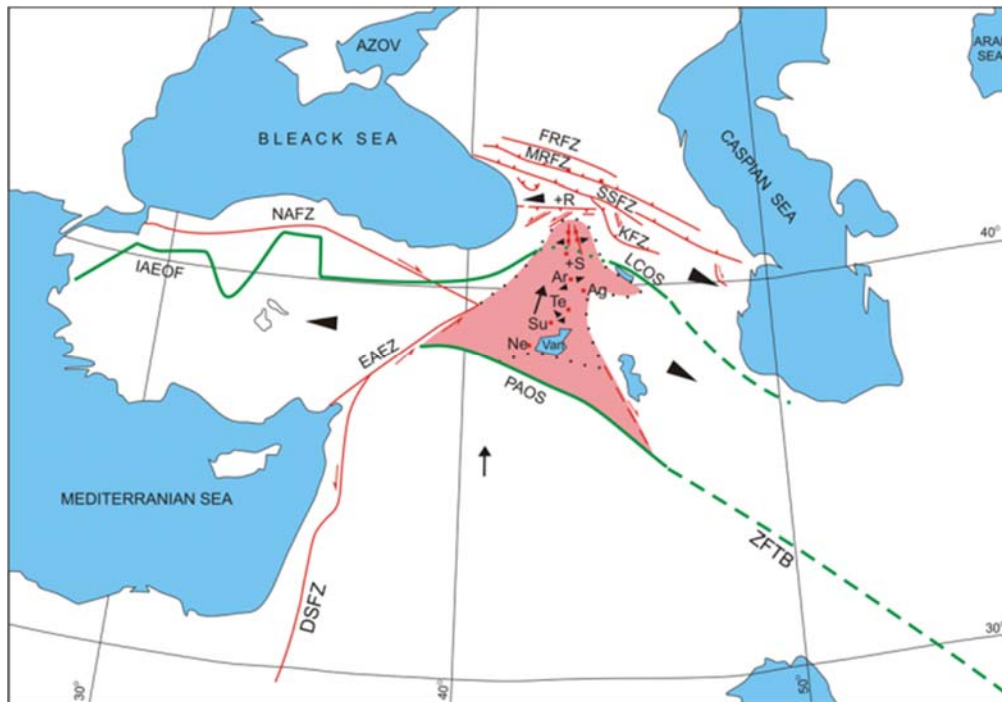


სურათი 4.1. რეგიონის კოლიზიისშემდგომი ვულკანიტების კავშირი მსხვილი ტექტონიკური ერთეულების საზღვრებთან (Adamia et al., 2010).

თურქეთში ვულკანიტები ქმნიან ორ განედურ შტოს: ჩრდილოურს - იზმირ-ანკარა-ერზინჯანის და სამხრეთულს - ანტალია-ბითლიზის ოფიოლიტურ ნაკერებთან თანხვედრილს (Adamia et al., 2010, 2011).

სამხრეთ კავკასიაში ვულკანური არეები სევან-აკერის ოფიოლიტური ნაკერის თანხვედრილია, ხოლო ჩრდილო ირანში გარადაგი-რამტ-მაშჰადის ნაკერის გასწვრივ გრძელდება, ქმნის რა ირანის გარადაგის და ალბორსის მაგმურ ბელტს. თურქეთის სამხრეთულ შტოსთან დაკავშირებული ვულკანიტები ირანში ასირია-ზაგროსის (პერიარაბული) ნაკერს მიუყვება და ქმნის სანანდაჯ-სირჯანის ზონის ურმია-დოხტარის მაგმურ სარტყელს (Moritz et al., 2006; Dilek et al., 2010; Adamia et al., 2011).

რეგიონის ტექტონიკური სტრესების ვექტორული მახასიათებლები (~30 მმ/წელიწადში, ძირითადად ჩა მიმართულება) გამოწვეულია არაბეთის ფილაქნის ჩრდილო მიმართულებით მოძრაობით, თუმცა მისი მნიშვნელოვანი ნაწილი (~17 მმ/წელიწადში) შთანთქმულია პერიარაბული და მცირე კავკასიონის (სევან-აკერა) ოფიოლიტური ნაკერის ზონაში. ამ სტრუქტურების ჩრდილოეთით ნარჩენი დაძაბულობა იხარჯება კავკასიის ქერქის შეკუმშვა-დამოკლებაში (DeMets et al., 1990; Jackson and Ambraseis, 1997) და გადაეცემა ცენტრალური კავკასიონის მიმართულებით სამკუთხედის ფორმის უდრეკი ბლოკით, რომლის ფუძე მდებარეობს ვანის ტბის სამხრეთით, ხოლო წვერი ჯავახეთის პლატოზე (სურ. 4.2) (Adamia et al., 2004). შავი ზღვა - კასპიის ზღვის რეგიონის სუბგანედური განლაგების კოლიზიისშემდგომი ვულკანური შტოები სწორედ ვანის სამკუთხედთან - ვანის კვანძთან იყრიან თავს, სადაც ვულკანური პლატოები (აღმოსავლეთი ანატოლია, სომხეთი, სამხრეთი საქართველო, სამხრეთი აზერბაიჯანი) და ჩამქრალი ვულკანების მწკრივი დიდ ფართობს იკავებენ და ჩრდილოური მიმართულების სუბგანედურ კავკასიურ ვულკანურ შტოს ქმნიან (იხ. სურ.4.1).



სურათი 4.2. შავი ზღვა - კასპიის ზღვის რეგიონის ნეოტექტონიკური სქემა (Adamia et al., 2004).

რღვევის ზონები (FZ): FRFZ, წინა ქედის რღვევის ზონა (კავკასიონი); MRFZ, მთავარი ქედის რღვევის ზონა; SSFZ, სამხრეთ ფერდის რღვევის ზონა; KFZ, ჭოროხი- მტკვრის რღვევის ზონა; NAFZ, ჩრდილო ანატოლიის რღვევის ზონა; EAFZ, აღმოსავლეთ ანატოლიის რღვევის ზონა; DSFZ, მკვდარი ზღვის რღვევის ზონა; ოფიოლიტური ნაკერი (OS): IAEOS, იზმირ-ანკრა-ერზინჯანის ოფიოლიტური ნაკერი; LCOS, მცირე კავკასიონის ოფიოლიტური ნაკერი; PAOS, პერიარაბული ოფიოლიტური ნაკერი; ZFTB, ზაგროსის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყელი. მიწისძვრები: R რაჭა; T თბილისი; S სპიტაკი; ჩამქრალი ვულკანები: AR არაგაცი; Ag აგრიდაგი; Te ტენდურეკი; Su სუფახნი; Ne ნემრუთი; ვარდისფერი პოლიგონი - ვანი-ჯავახეთის სამკუთხედი; შავი ისარი -ფილაქნების კონვერგენციის მიმართულება; შავი სამკუთხედი ლატერალური გასხლტომის (lateral escaping) მიმართულება.

რეგიონში გავრცელებულია აქტიური რღვევების (სურ. 4.3) ორი ძირითადი მიმართულება, ჩა-სდ (მარცხენა ნაწევი) და ჩდ-სა (მარჯვენა ნაწევი). რღვევები ძირითადად ნაწევური ხასიათისაა და ხასიათდება ჰორიზონტული გასხლტომის ნიშნებით, რომელთა არსებობა დასაბუთებულია ინსტრუმენტული და ისტორიული მიწისძვრების ($M_w > 4$) ეპიცენტრების განლაგებით, მიწისძვრების ფოკალური მექანიზმების, გეომორფოლოგიური და გეოლოგიური ანალიზით და ინტენსიური ნეოგენ-მეოტხეული ვულკანიზმით (Adamia et al., 2008).

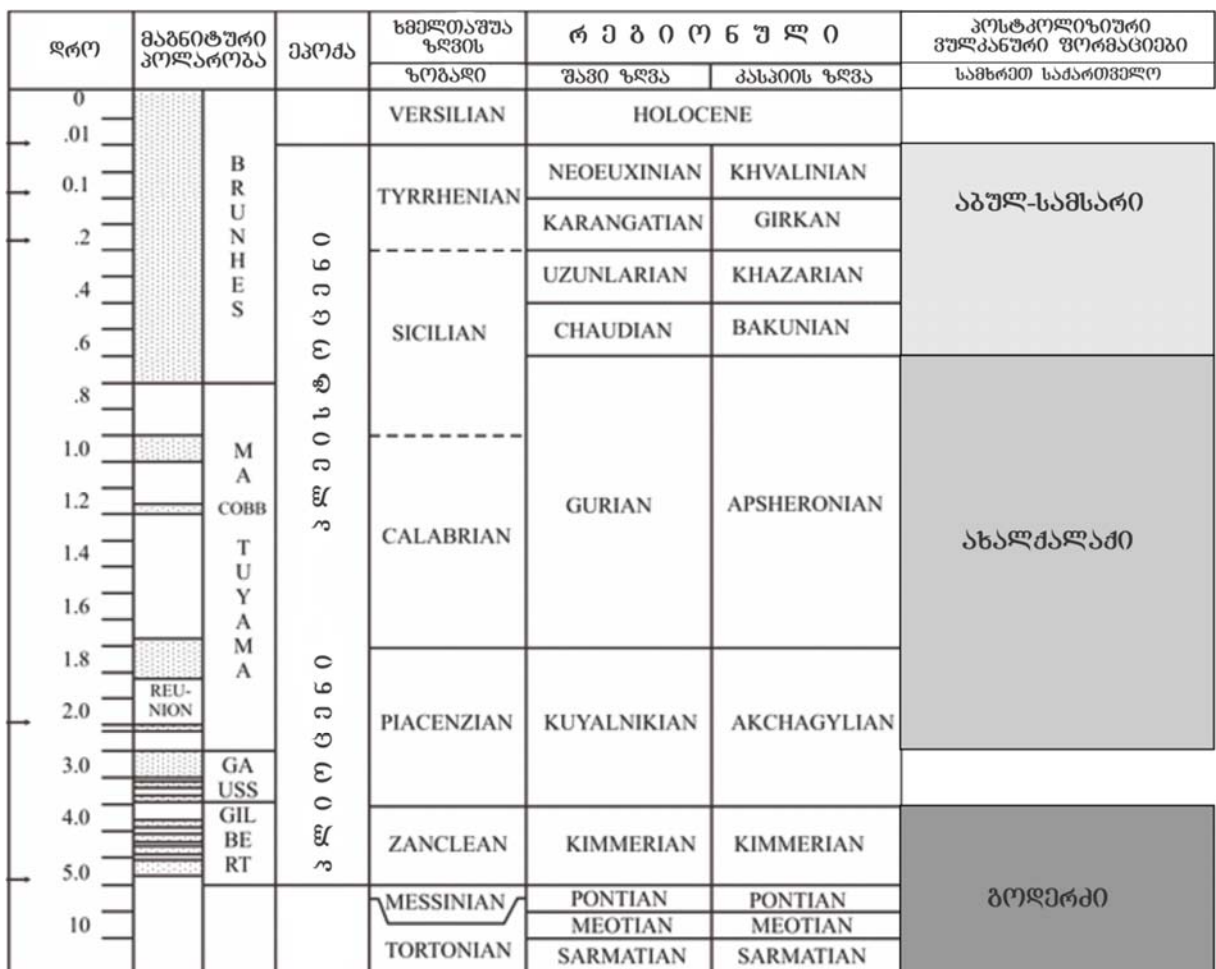
5. სამხრეთ საქართველოს (ჯავახეთი და მიმდებარე არეები) კოლიზიისშემდგომი ვულკანიზმი

არაერთი ძლიერი, მათ შორის დამანგრეველი მიწისძვრა მოხდა კავკასიაში უკანასკნელი 25 წლის განმავლობაში, რამაც გააღრმავა ინტერესი რეგიონის, როგორც კონტინენტური კოლიზიის ზონის მაგალითის, გეოდინამიკური ევოლუციის მიმართ. ჩატარდა მრავალი კომპლექსური კვლევა საერთაშორისო და ეროვნული პროექტების ფარგლებში (MEBE, EMME, IRG, DARIUS). გამოქვეყნდა ახალი ინფორმაცია კავკასიის და მიმდებარე არეების ნეოტექტონიკის, სეისმოტექტონიკის, ვულკანიზმის, სეისმური ტომოგრაფიის, მიწის ქერქის გადაადგილების ვექტორის (GPS მონაცემები) შესახებ (Mcclusky et. al., 2000, Reillinger et al., 2006, Vernant, 2013). შეიქმნა შუა აღმოსავლეთის აუზების და კავკასიის და მიმდებარე არეების პალეოტექტონიკური რეკონსტრუქციის რუკები (Barrier et al., 2008; Adamia et al., 2011; 2014a; 2014b). ვულკანიტების პეტროქიმიური და გეოქიმიური კვლევების საფუძველზე შეიქმნა პოსტკოლიზიური მაგმატიზმის გეოდინამიკური მოდელები (Pearce et al, 2006; Keskin, 2010; Neill et al., 2013). საკვალიფიკაციო თემის ფარგლებში არსებული ლიტერატურული და ლაბორატორიული (გეოქრონოლოგიური, ბიოსტრატиграფიული, პალეომაგნეტური) მონაცემების და ჩვენს მიერ მიღებული გეოლოგიური, გეომორფოლოგიური, პეტროგრაფიული, პეტროქიმიური და გეოქიმიური ახალი მონაცემების საფუძველზე, ჩატარდა კომპლექსური გამოკვლევა. დაზუსტდა ნეოგენ-მეოტხეული ვულკანური წყებების გავრცელების არეები (დანართი 3) და მათი გეოლოგიის არაერთი საკვანძო საკითხი.

სამხრეთ საქართველოს კოლიზიურისშემდგომი ვულკანიტების სტრატиграფიული დანაწილების სხვადასხვა სქემა არსებობს (Гамкრелидзе П., 1949, 1954; Схиртладзе, 1958; Адамия, 1961; Джигаури, 1991; Maisuradze, 1999; Майсұрадзе, 2004; Тутберидзе, 2004; Лебедев, 2004 და სხვ.). ვულკანური წყებების დანაწილების სირთულე განპირობებულია იმით, რომ სამხრეთ საქართველოს კოლიზიისშემდგომი ვულკანური და დანალექი ფორმაციები დალექილია ევქსინურ და მცირე ზომის დახურულ აუზებში, ძირითადად კი კონტინენტურია, ამიტომ მათი დათარიღება ბევრ სიმძნელესთან არის დაკავშირებული, იშვიათად შეიცავენ მწირ და ხშირად სტრატиграფიისთვის

არასაიმედო განამარხებულ ფლორას და ფაუნას. კონტინენტური ვულკანური ფორმაციების იზოლირებული გავრცელების გამო ხშირად არ ჩანს ვულკანურ ფორმაციების მიმდევრობითი სტრატиграფიული განლაგება.

პალეონტოლოგიური, გეოქრონოლოგიური, გეოლოგიური (ურთიერთობა ქვეშედა და მომყოლ ფორმაციებთან), პეტროქიმიური, პალეომაგნიტური და სხვა მონაცემების საფუძველზე საკვლევი ვულკანიტები დანაწილებულია სამ წყებად: 1. ზედა მიოცენურ-ქვედა პლიოცენური გოდერძის წყება; 2. ზედა პლიოცენურ-ქვედა პლეისტოცენური ახალქალაქის წყება; 3. ქვედა-ზედა პლეისტოცენური აბულ-სამსარის წყება. (სურ.5.1).



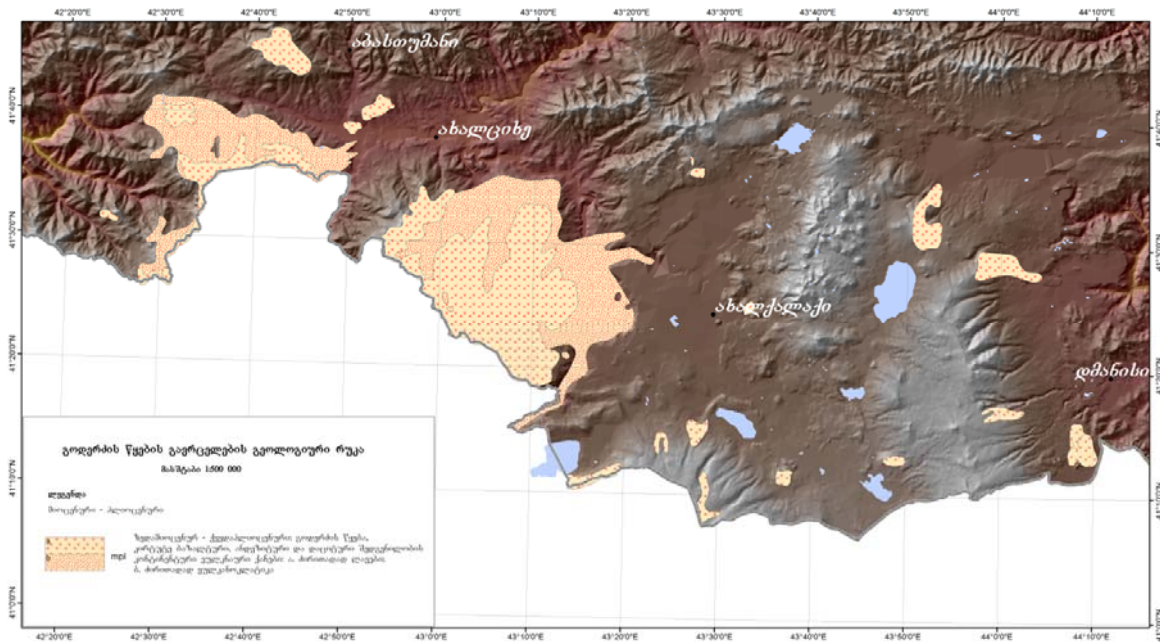
სურათი 5.1. სამხრეთ საქართველოს მიოცენ-პლეისტოცენური ვულკანური ფორმაციების დანაწილების სქემის კორელაცია ხმელთაშუა და შავი ზღვა - კასპიის ზღვის რეგიონების სტრატиграფიულ სქემასთან (Haq B.U., Van Eisinga F.W.B. (1987); Remane and Four-Muret, 2006; Geological studies, 2001, Adamia et al., 2008).

5.1 გოდერძის წყება (ზედა მიოცენი - ქვედა პლიოცენი)

გოდერძის წყება სამხრეთ საქართველოში მხოლოდ მესხეთ-ჯავახეთშია წარმოდგენილი (იხ. დანართი 2) კოლიზიურ ვულკანურ სხვა ფორმაციებთან ასოციაციაში.

საქართველოს ტერიტორიაზე გოდერძის წყება გავრცელებულია არსიანის ქედის ჩრდილო დაბოლოებაზე-გოდერძის უღელტეხილის რაიონში, ერუშეთის ზეგანზე, ფერსათის პლატოზე, ახალციხის დეპრესიაში: მდ.მდ. ურაველის და მტკვრის ხეობებში. მცირე ნაჩენებია ჯავახეთის ვულკანურ ზეგანზე: ახალქალაქის, გომარეთის, დმანისის და წალკის პლატოებზე.

გოდერძის წყების გეოლოგიური (ურთიერთობა ქვეშმდებარე და მომყოლ ქანებთან), გეომორფოლოგიური, პეტროგრაფიული და პეტროქიმიური კვლევების საფუძველზე მოხდა გოდერძის წყების ვულკანიტების გავრცელების არეების დაზუსტება (სურ. 5.2).



სურათი 5.2. საქართველოს ტერიტორიაზე გოდერძის წყების გავრცელება (გეოლოგიური რუკა, Adamia, 2004)

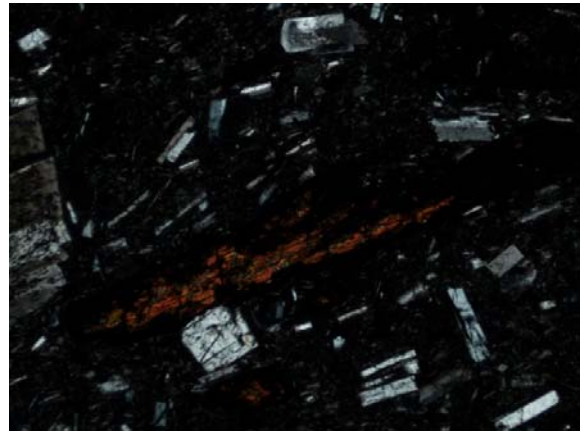
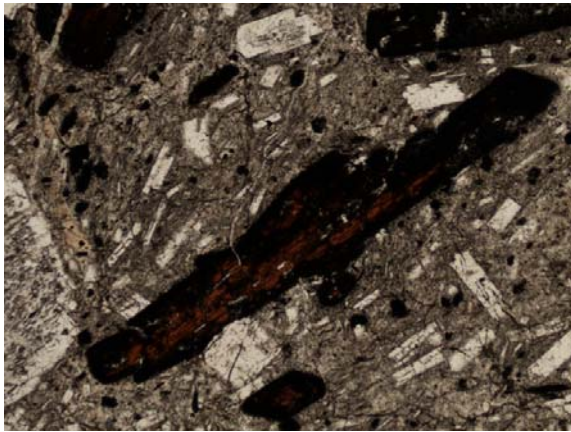
გოდერძის წყება, როგორც სტრატეგრაფიული ერთეული, პირველად ბ.მეფერტმა გამოყო (Мефферт, 1933), თუმცა გოდერძის წყების გავრცელების არე, მხოლოდ გოდერძის უღელტეხილით შემოფარგლა. შემდგომში მრავალი მკვლევარის (ბელიანკინი, პეტროვი, პ.გამყრელიძე, ედილაშვილი, ზარიძე, პაფენგოლცი,

სხირტლაძე, ადამია, ჯილაური, მაისურაძე, ყულოშვილი, თუთბერიძე და სხვა) შრომები მიეძღვნა გოდერძის წყების სტრატეგრაფიის, პეტროგრაფიის, ტექტონიკის, დათარიღების საკითხებს. აღსანიშნავია ნ.სხირტლაძის მონოგრაფია (Схиртладзе, 1958), სადაც წარმოდგენილია საქართველოს პალეოგენურისშემდგომი ვულკანიტების დეტალური ჭრილები, პეტროგრაფიული აღწერები და მჟავე ვულკანური ფერფლის სპეციალური კვლევა. ნ.სხირტლაძემ გოდერძის წყება ლითოსტრატეგრაფიული კორელაციის და პარალელიზაციის მეთოდით დაათარიღა. მან მტკვრის და ქართლის ფორლანდურ აუზში გავრცელებული ფაუნით კარგად დათარიღებულ ნალექებში (შუა სარმატული, ზედა სარმატული, მეოტური-პონტურის საზღვარი) მჟავე ფერფლის შუაშრები გოდერძის წყების ანალოგად მიიჩნია (Схиртладзе, 1958).

როგორც აღვნიშნეთ, სამხრეთ საქართველოს კოლიზიისშემდგომი ვულკანური ფორმაციები დალექილია ევქსინურ და მცირე ზომის დახურულ აუზებში ძირითადად კი კონტინენტურია, ამიტომ მათი დათარიღება ბევრ სიმძნელესთან არის დაკავშირებული, რადგან არ შეიცავენ საიმედო განამარხებულ ფაუნას. ჩვენი კვლევის ფარგლებში მოხდა გოდერძის წყების ფუძის ფორმაციის ფაციესის და ასაკის დაზუსტება (სოფ.ჭობარეთის მიდამოები) თ. ღავთაძის მიერ ზღვიური ჯუჯა ნამარხების განსაზღვრების საფუძველზე.

საქართველოს ფარგლებში გოდერძის წყების კონტინენტური, ვულკანოგენ-დანალექი ფორმაცია უთანხმოდ არის განლაგებული უფრო ძველ: შუა და ზედაეოცენურ და ოლიგოცენურ ნალექებზე. ნალექები დანაოჭებულია და ქმნიან გამლილ ფართე ნაოჭებს. გოდერძის წყებაში ლავები და ვულკანოკლასტოლითები დაახლოებით თანაბარი რაოდენობითაა.

საქართველოს ტერიტორიაზე გოდერძის წყების გავრცელების ყველაზე დასავლური კიდე მდებარეობს არსიანის ქედის ჩრდილოურ ნაწილში, რომლის კლასიკური ჭრილი გაშიშვლებულია მდ.ძინძას ხეობაში (გოდერძის უღელტეხილი), სადაც გოდერძის წყება კუთხური უთანხმოებით ედება შუაეოცენურ და უფრო ახალგაზრდა პალეოგენურ ბაზალტური შედგენილობის ვულკანურ წყებებს და წარმოდგენილია მძლავრი (500მ.) ვულკანოგენური და ვულკანოგენურ-დანალექი ქანებით: კონგლომერატები, ტუფები, ტუფბრექჩიები, ლავები (სურ. 5.3ა,ბ,გ,დ).



სურათი 5.3ა,ბ,გ,დ. გოდერძის წყების ქვედა ვულკანოგენ-დანალექი ნაწილი (ა,ბ); ეოცენური რქატყუარიანი ანდეზიტის ქვარგვალის მიკროფოტო (გ||, დ+) X50, მდ.ძინძას ხეობა.

ანდეზიდაციტური შედგენილობის ლავებით და პიროკლასტოლითებით (სურ. 5.4ა,ბ) არის აგებული გოდერძის წყების შუა ნაწილი (~500 მ.), რომლებიც გოდერძის უღელტეხილზე შეიცავენ სუბტროპიკული ფლორის განამარხებულ ფრაგმენტებს (სურ. 5.5ა,ბ,გ,დ). წყება დათარიღებულია როგორც: პლიოცენური (Палибин, 1914; Геология СССР т. 10, 1964);. ოლიგოცენური და/ან პლიოცენური (Криштофович, 1939); შუამიოცენურ-პლიოცენური (უზნაძე, 1949, 1951).



სურათი 5.4 ა,ბ. წვრილნატეხოვანი ლითო-კრისტალოკლასტური ტუფი (ა), მიკროფოტო (ბ), ||, X50



სურათი 5.5ა,ბ,გ,დ. გოდერძის წყების განამარხებული ფლორა, გოდერძის უღელტეხილი. (დ) 26-19, საქართველოს ეროვნული მუზეუმი *Aspigim Weyiri* Herr., მდ.ძინძეს ხეობა

გოდერძის უღელტეხილზე წყების ზედა ნაწილი (სურ. 5.6ა,ბ,გ,დ) წარმოდგენილია ანდეზიტური და დაციტური შედგენილობის ფლუიდური ლავებით და ვულკანოლკასტოლითების შუაშრეებით (~250-300 მ.). გოდერძის წყების ანდეზიტების და დაციტების K-Ar მეთოდით მიღებული რადიოლოგიური ასაკი მერყეობს 9.4 -9.8

მლ.წ. ზედა მიოცენი, (Асланян и др., 1984); 7. მლ.წ. -ქვედა პლიოცენი (Лебедев и др., 2004).



სურათი 5.6 ა,ბ. გოდერძის წყების ზედა ნაწილი, მასიური ანდეზიტური შედგენილობის ფლუიდური ლავების გამიშვლება

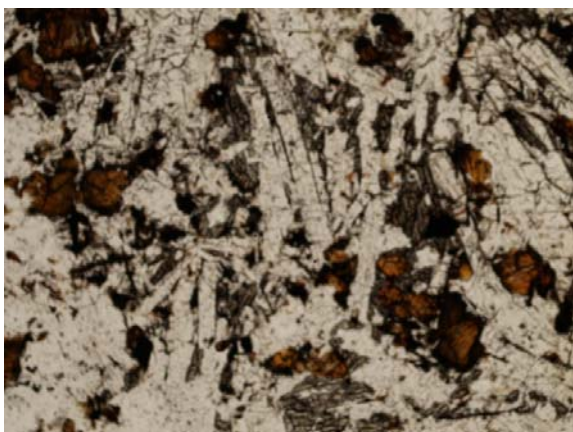


სურათი 5.6 გ,დ.გოდერძის წყების ზედა ნაწილი, მასიური რქატყუარიანი ანდეზიტების მიკროფოტო გ||, დ+, X50

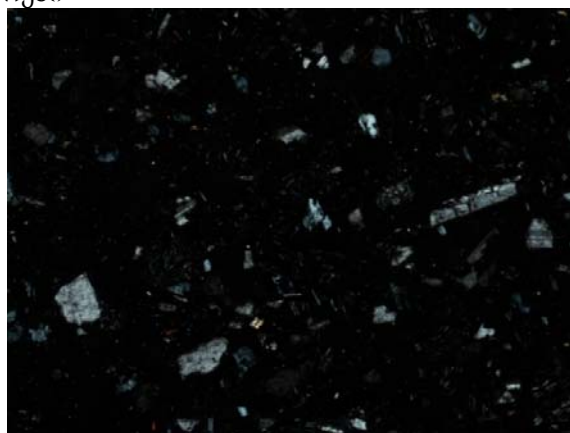
გოდერძის წყების ქვედა ბაზალური დონე რიგ ადგილებში ბაზალტური შედგენილობის ლავებით, დოლერიტებით (სურ.5.7ა,ბ,გ,დ) არის წარმოდგენილი, რომელზეც განლაგებულია თიხიან-ქვიშიანი დიატომეებიანი წვრილნატეხოვანი ტუფები (სოფ. ქისათიბი, ჭობარეთის მიდამოები) (სურ. 5.8ა,ბ).



სურათი 5.7ა,ბ. გოდერძის წყების დოლერიტები, სოფ. ქისათისბის მიდამოები



სურათი 5.7.გ,დ. გოდერძის წყების დოლერიტების მიკროფოტოები ა||, ბ+, X50, სოფ. ქისათიბი მიდამოები



სურათი 5.8ა,ბ. თიხიან-ქვიშიანი დიატომეებიანი წვრილნატეხოვანი ტუფების მიკროფოტოები

ქისათიბის ტბიურ ნალექებიდან (დიატომიტებში) ა. რიაბინინს ბაყაყის ჩონჩხი დათარიღებული აქვს ადრეპლიოცენურად (Рябинин, 1928), ხოლო იგივე ჩონჩხი ბოგაჩევის მიერ - პლიოცენურადაა განსაზღვრული (Богачев, 1927), ლ.გაბუნიას მიერ იმავე დიატომიტებში ნანახი ჰიპარიონის ძვლები განსაზღვრულია, როგორც გვიან

მიოცენურ-ადრე პლიოცენური (Габуния, 1955). ქისათიბის დიატომიტებში ნანახი ფლორა განისაზღვრა, როგორც მიოპლიოცენური (Палибин, 1947; Уznaдзе, 1949), ხოლო ბოგაჩევის მიერ, როგორც პლიოცენური (Богачев, 1927) (სურ. 5.9ა,ბ,გ,დ).



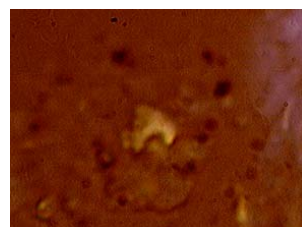
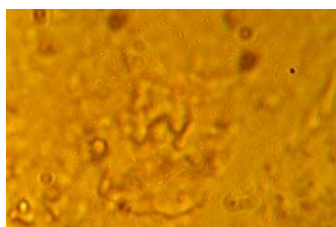
სურათი 5.9ა,ბ,გ. გოდერძის წყების განამარხებული ფლორა და ფაუნა. ა.178-1 ქისათიბის დიატომიტებში, ბ.*Paulownia Caucasika* Palib. მდ. ძინძას ხეობა; გ.12/გ-125 *Varicorrhinus muntius* Bog (განს. ც. გაბელაია).

ახალციხის დებრესიაში - სოფ. ჭობარეთის სამხრეთ-დასავლეთით სამანქანო გზის გასწვრივ გაშიშვლებულია შრეებრივი თიხიან-ქვიშიანი დიატომიტები (დაქანება ჩ.ა. 20°, <35°) და წვრილნატეხოვანი ტუფები (სურ.5.10ა,ბ,გ,დ), რომლებიც სტრატиграფიულად გოდერძის წყების ქვედა დონეა. ხილული კონტაქტი ქვემდებარე ნალექებთან არ ჩანს. ნალექები მორიგეობს შიდაფორმაციულ მიკროკონგლომერატებთან და ცხელი კონტაქტით გადაფარულია ანდეზიტური შედგენილობის ლავებით.



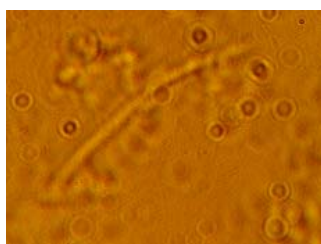
სურათი 5.10ა,ბ,დ. თიხიანი და ქვიშიანი დიატომიტები (ა,ბ),შიდაფორმაციული მიკროკონგლომერატები (გ), ტბიური ნალექების და ლავების ცხელი კონტაქტი (დ), სოფ ჭობარეთი

ნალექებში თ. ღავთაძის მიერ განისაზღვრა ნანოპლანქტონის ზედამიოცენური CN 9 ზონის ფორმები (სურ. 5.11, 5.12), რომლებიც აქ უაღრესად ღარიბი და ცუდი დაცულობისაა. თუმცა შესაძლებელი გახდა CN 9b ქვეზონის ინდექს-სახეობის - *Amaurolithus primus*-ის იდენტიფიცირება (სურ. 5.11).

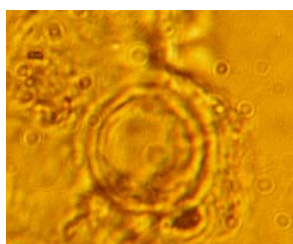


Amaurolithus primus

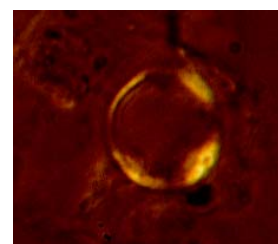
სურათი 5.11. გოდერძის წყების ფუძეში განსაზღვრული CN 9b ქვეზონის ინდექს-სახეობა.



Triquetrorhabdulus farnsworthi



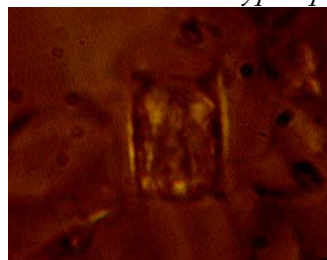
Scyphosphaera globulata



Reticulofenestra dornicoides



Scyphosphaera? sp.



სურათი 5.12. გოდერძის წყების ფუძეში განსაზღვრული ნანოფოსილიები.

ნალექებში ნანოპლანქტონის მხოლოდ ამ ფორმების არსებობა (დაკნინებული კომპლექსი), გვიანმიოცენური ევქსინური აუზის არსებობაზე მიუთითებს. ნალექებში ასევე ნანახია კარგი დაცულობის ზედაცარცული (მაასტრიხტული) მეორად განლაგებაში მყოფი ნანონამარხები (სურ. 5.13), რომელთა კარგი დაცულობა მიუთითებს, რომ შესწავლილი ნალექების სედიმენტაცია მიმდინარეობდა სანაპირო ზოლში, რაც ავტოქტონური ნანოფოსილიებისთვის არსებობის არახელსაყრელი გარემოპირობა იყო (სანაპირო ზოლში წყლის ინტენსიური მოძრაობა, კარბონატის დაბალი შემცველობა და სხვა).



Arkhangelskiella cymbiformis

სურათი 5.13. გოდერძის წყების ფუძეში განსაზღვრული გადალექილი მაასტრიხტული ნანოპლანქტონი

იგივე ნიმუშებში თ.ღავთაძის მიერ ნანახია დიდი რაოდენობით დიატომეები, მათ შორის ზედამიოცენური *Coscinodiscus sp.*, *C. vetutissimus*, *Cestodiscus sp.* Bukry, 1973 ფორმები.

აღნიშნულით დადგინდა გოდერძის წყების ზღვიური ფაციესის არსებობა კონინენტური გოდერძის წყების ფუძეში, რომელის ასაკი დაზუსტდა როგორც ზედა მიოცენური; გვიან მიოცენური აუზი ევქსინური ტიპისა იყო.

ფერსათის პლატოს ფარგლებში გოდერძის წყების ზედა ნაწილის ფლუიდური ანდეზიტები, დაციტები და იშვიათად ჰიალოდაციტებია გავრცელებული, რომლებიც კუთხური უანხმოებით არიან განლაგებულნი ადიგენის ზედაეოცენურ-ოლიგოცენურ (?) ტუტე, ვულკანოგენურ წყებაზე (Geological study, 2001).

ერუშეთის ზეგანის მხოლოდ ჩრდილო დაბოლოება ხვდება საქართველოს ტერიტორიაზე, სადაც ჭიდილას შუაეოცენურ ვულკანოკლასტურ წყებაზე კუთხური უთანხმოებით განლაგებულია გოდერძის წყების მჟავე პიროკლასტოლითები და ლავები (Схиртладзе, 1958).

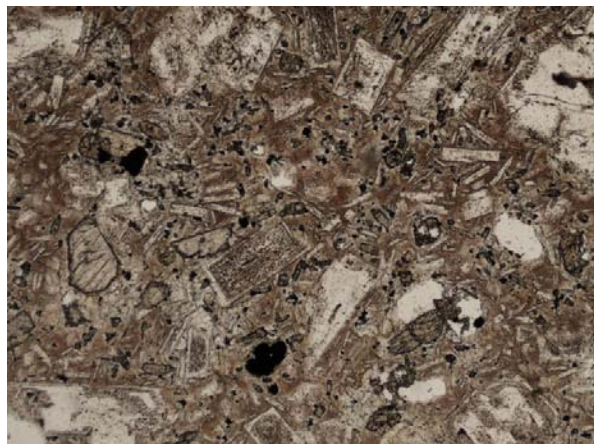
მტკვრის ხეობაში გოდერძის წყება, მდ. ბინძას ხეობის ჭრილის მსგავსად კონგლომერატებით და ტუფბრექჩიებით (სურ. 5.14ა) იწყება და მძლავრი ვულკანოგენ-დანალექი წყებით არის წარმოდგენილი, სადაც კარგად ჩანს უხეშნატეხოვანი ბრექჩიების ეროდირებულ ზედაპირზე სვეტისებური, მასიური, ანდეზიტური და ჰიალოდაციტური ლავების მორიგება (სურ. 5.14ბ). ვარძიის გამოქვაბულები გამოკვეთილია თეთრი ფერის წვრილნატეხოვან დაციტური შედგენილობის ტუფებში (სურ. 5.14გ,დ)





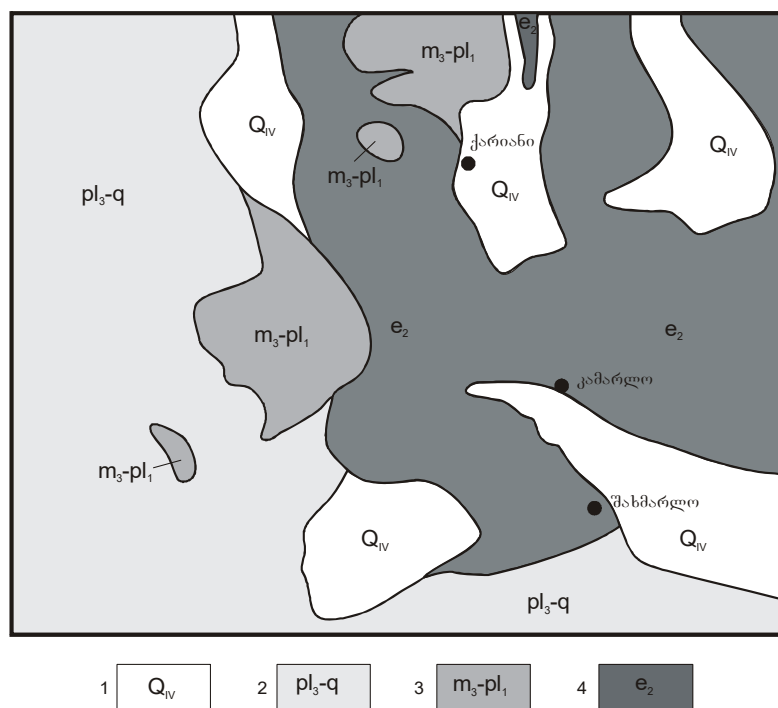
სურათი 5.14ა,ბ,გ,დ. გოდერძის წყება, მტკვრის ხეობა

ფარავნის ხეობაში სოფ.ხერთვისთან გამომვლებულია მასიური ანდეზიტ-დაციტური ლავები (სურ. 5.15ა,ბ).



სურათი 5.15ა,ბ. მასიური ანდეზიტ-დაციტური ლავები (ა), ლავების მიკროფოტო (ბ), ||, X 50

გოდერძის წყების მჟავე ვულკანიტები ჯავახეთის ქედის აღმოსავლურ ფერდზეც (დმანისის და გომარეთის პლატოს ფარგლებში) გვხვდება, თუმცა აქ მათი გენეზისის და ასაკის შესახებ აზრთა სხვადასხვაობაა. დ.ჯილაურის მიერ (სურ. 5.16) სოფ. კამარლოს მიდამოებში გავრცელებული მჟავე ლავები ზედა პლიოცენურადაა მიჩნეული, ზოგი მათ გოდერძის წყების ანალოგად თვლის (Схиртладзе, 1958; Адамия и др., 1961; Тутберидзе, 2004, Tutberidze, 2012), თუმცა მათ ზედაპლიოცენურ-მეოტხეული ასაკის ახალქალაქის წყებაშიც აერთიანებენ (ი.გამყრელიძე, 1958; Лебедев и др., 2004).



სურათი 5.16. ჯავახეთის ქედის აღმოსავლური კალთის 1:50 000 მასშტაბის გეოლოგიური რუკა (შესწორებებით) დ.ჯილაურის მიხედვით. 1. ზედა მეოთხეული; 2. ზედა პლიოცენი - შუა მეოთხეული; 3. ზედა მიოცენი - ქვედა პლიოცენი; 4. შუა ეოცენი

საველე გეოლოგიურმა დაკვირვებებმა ცხადყო, რომ დმნისის პლატოს დაუნაოჭებული დოლერიტების ქვეშ დანაოჭებული ანდეზიტ-დაციტური შედგენილობის ლავების მძლავრი გამოსავალი (სოფ. კამარლო) ასაკობრივად გოდერძის წყების ანალოგიური უნდა იყოს (სურ. 5.17ა,ბ,გ).





სურათი 5.17ა,ბ,გ. დაუნაოჭებელი დოლერიტების ქვეშ დანაოჭებული ანდეზიტ-დაციტური შედგენილობის ლავების გამოსავალი (ა). დანაოჭებული ანდეზიტ-დაციტები და ჰიალოდაციტები შუაეოცენურ ქანებთან კონტაქტში (ბ,გ), სოფ. კამარლო.

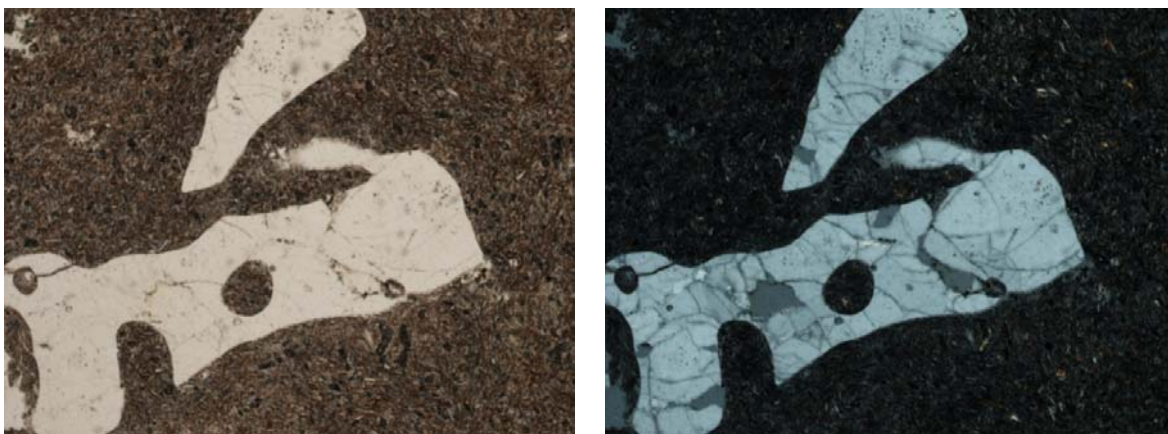
ეს ორი წყება დროში მნიშვნელოვანი ეროზიული პერიოდით იყო გაყოფილი. ამ დროს ჩამოყალიბდა ის პალეოხეობები, რომელიც შეავსო მტკვრის, ქცია-ხრამის, მაშავერას და დებედის დოლერიტულმა ნაკადებმა (Адамия и др., 1961).

„კამარლოს ლავები“ წარმოდგენილია ჰიალოდაციტების და ფურცლოვანი ანდეზიტ-დაციტების მძლავრი ლავების მორიგეობით. ლავური განფენების ფუძეში ლავაბრექჩიებია (სურ. 5.18 ა,ბ).



სურათი 5.18ა, ბ. კამარლოს ლავები (ა), ლავის ბრექჩიული ფუძე (ბ)

ჰიალოდაციტები შავი ფერის ქანებია, ნიჟარისებრი მონატეხის ფორმით და ცხიმოვანი ელვარებით. მიკროსკოპულად ისინი პორფირული (სალი ანდეზინი, კვარცი) სტრუქტურით, ხოლო ძირითადი მასა მინისებური, მიკროლითური მასით ხასიათდება (სურ. 5.19ა,ბ).



სურათი 5.19ა,ბ. ჰიალოდაციტების მიკროფოტოები ა||, ბ+, X50

ლავის განფენების ბრეჩიული ფუძე ადასტურებს, რომ დასტა მრავალი ლავური განფენისაგან შედგება და ყოველი ბრეჩიული ზედაპირი ახალი ლავის ულუფის ფუძეა. ლავები ასევე ხასიათდებიან რეგიონული დანაოჭების ნიშნებით, რაც საშუალებას გვაძლევს ისინი ასაკობრივად გოდერძის წყების სინქრონულად მივიჩნიოთ და უარყოფით ინტერპრეტაცია ამ ლავების დანაოჭების დინებითი ბუნების შესახებ (ი. გამყრელიძე, 1959; Адамия и др., 1961).

გოდერძის წყებაში, არსიანის ქედის და ახალციხის დეპრესიის ფარგლებში, ცნობილია გაშლილი ანტიკლინური ნაოჭები, ასეთივე ნაოჭები ცნობილია უფრო აღმოსავლეთითაც (Схиртладзе, 1951; Геология СССР, т.10, 1964). რეგიონის ტექტონიკურ აქტივობაზე მისი განვითარების ნეოგენურ ეტაპზე ცხადად მიანიშნებს დმანისის და გომარეთის პლატოს ფარგლებში ანდეზიტური ლავების რეგიონული დანაოჭება და ახალქალაქის წყების ბაზალტების მათზე უთანხმოდ განლაგება. გომარეთის პალტოზე განსაკუთრებით ინტენსიურადაა დანაოჭებული ლავები შუაეოცენურ ქანებთან კონტაქტში. კონტაქტი ტექტონიკურია და ე.წ. დმანისის სეისმოაქტიურ რღვევასთან უნდა იყოს დაკავშირებული. კამარლოს ლავების დაწვრილნაოჭება შუა პლიოცენის შემდგომი, აღჩაგილის წინა მოვლენაა რაც ნეოტექტონიკურ ეტაპზე დმანისის რღვევის აქტიურობაზე მიუთითებს (Sadradze et al., 2008).

კამარლოს ლავების ჩრდილოეთით ასაკობრივად სინქრონული ორი გამოსავალია ცნობილი (ქარიანი, ბუსუკალა), რომელებიც წარმოდგენილია ეროზიული ნარჩენების სახით (სხირტლადე, 1958). თუმცა გ.მაისურაძე და დ. ჯილაური მათ, განსაკუთრებით კი ბუსუს ციხის (ბუსუკალა) გამოსავალს, ვულკანური ცენტრის ნაშთად მიიჩნევენ.

ბუსუკალას და ქარიანის ეროზიული გორაკები ანდეზიტური ლავებით და ვულკანოკლასტოლითებით არის აგებული; ცილინდრული ტიპის მორფოლოგია ეროზიული გადარეცხვის შედეგი უნდა იყოს (სურ.5.20ა) და ასაკობრივად გოდერძის წყების ნაწილს წარმოადგენდეს (Схиртладзе, 1958; Адамия и др., 1961). ბუსუკალა აგებულია ვულკანური ფერფლით რომელიც შუაეოცენურ ვულკანოგენურ ქანებზე უთანხმოდ არიან განლაგებული და გორაკის ჩრდილო-დასავლეთ ფერდზე მდებარე კარიერში კარგად დაიკვირვება. გაშიშვლება აგებულია ჰორიზონტულად განლაგებული 3-10 სანტიმეტრის სისქის ვულკანური ქვიშის შრეების მორიგეობით, რომლებიც შედგება შედარებით მუქი ანდეზიტის ნატეხების და მოთეთრო-მოყვითალო ანიზოტროპული ვულკანური ქვიშით. თავზე მოსდევთ მოწითალო ფერის ვულკანური შლაკი და ბოლოს ანდეზიბაზალტური შედგენილობის ლავები. ვულკანურ ქვიშებში შეინიშნება ეროზიული ჯიბეები, რომლებიც ვულკანური ამოფრქვევებს შორის შესვენებებისას, დროებითი ნიაღვრების მიერ ჩამორეცხვის და შემდეგ ახალი ვულკანური მასალის დალექვის შედეგი უნდა იყოს (სურ. 5.20ბ).



სურათი 5.20ა,ბ. ბუსუსციხის და ქარიანის ეროზიული გორაკები (ა), ვულკანური ქვიშების და ფერფლის მორიგეობა ეროზიული ჯიბეებით. ბუსუსციხე, კარიერი (ბ).

ანდეზიტური შედგენილობის, ფლუიდური, დანაოჭებული ლავების დოლერიტების ქვეშ განლაგება ჩანს ახალქალაქის პლატოს ფარგლებში, კერძოდ, ამირანისგორას აღმოსავლეთით, მდ.ფარავნის ხეობაში (სურ.5.21), სადამოს ტბასთან (სურ.5.22) და გომარეთის პლატოზე (სურ. 5.23).



სურათი 5.21. ბაზალტ-ანდეზიტური შედგენილობის, ფლუიდური, დანაოჭებული ლავების განლაგება ახალქალაქის წყების დოლერიტების ქვეშ, ამირანისგორის აღმოსავლეთით, მდ. ფარაენის ხეობა

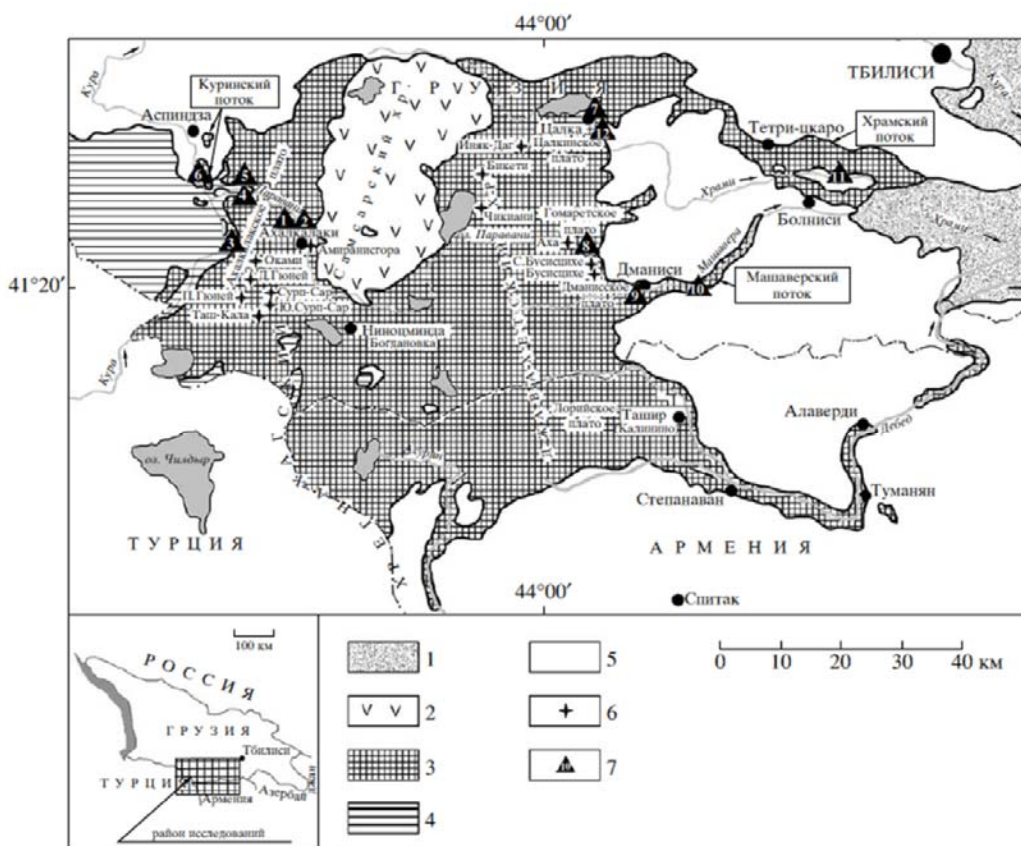


სურათი 5.22. ანდეზიტური შედგენილობის, ფლუიდური, დანაოჭებული ლავების განლაგება (გოდერძის წყება) ახალქალაქის წყების დოლერიტების ქვეშ, ტბა სალამო.



სურათი 5.23. ანდეზიტური შედგენილობის, ფლუიდური, დანაოჭებული ლავების განლაგება (გოდერძის წყება) ახალქალაქის წყების დოლერიტების ქვეშ, გომარეთის პლატო

აზრთა სხვადასხვაობაა მკვლევარებს შორის ახალქალაქის პლატოზე მდებარე ამირანისგორის სუბვულკანური სხეულის ასაკის შესახებ. ზოგი მას გოდერძის წყების ანალოგად მიიჩნევს (Схиртладзе, 1956; Джигаური, 1991), ლებედვის მიხედვით კი ის ახალქალაქის წყების ნაწილია (სურ. 5.24).



სურათი 5.24. ნეოგენ-მეოტხეული ვულკანიტების გავრცელების არეალი ჯავახეთის ვულკანურ

ზეგანზე. 1. მტკვრის მეოთხეული დანალექი წარმონაქმნები; 2. სამსარის ქედის გვიანმეოთხეული დაციტური ვულკანიტები; 3. პლიოცენური ვულკანიტები (ძირითადად ახალქალაქის წყების ეფუზივები, ასევე დამორჩილებული რაოდენობით რიოლითები, დაციტები და ანდეზიტები); 4. გოდერძის წყების გვიანმიოცენური ვულკანიტები; 5. ნეოგენურამდელი მაგმური და დანალექი წარმონაქმნები; 6. შესწავლილი პლიოცენური ვულკანები; 7. დასინჯული ჭრილები: 1-დილისკა, 2-ახალქალაქი, 3-აპინი, 4-ჩუნჩხა, 5-თოკი, 6-სარო - მტკვრის ნაკადი, 7-წალკა, 8-ზემო ყარაბულახი, 9-დმანისი, 10-მაშავერას ნაკადი, 11-ქოსალარი-ხრამის ნაკადი, 12-დაშბაში (Лебедев и др., 2008).

ჩვენი დაკვირვებებითაც ამირანისგორას ეროზიული ნაჩენი ასაკობრივად გოდერძის წყების ანალოგია, ეროზიული უთანხმოებით, დიდი ეროზიული ხარვეზით არის განლაგებული ახალქალაქის პლატოს დოლეროტების ქვეშ, ხასიათდება ერთგვაროვანი აგებულებით და წარმოდგენილია ვარდისფერი ბიოტიტ-რქატყუარიანი დაციტებით (სურ. 5.25ა,ბ,გ,დ).

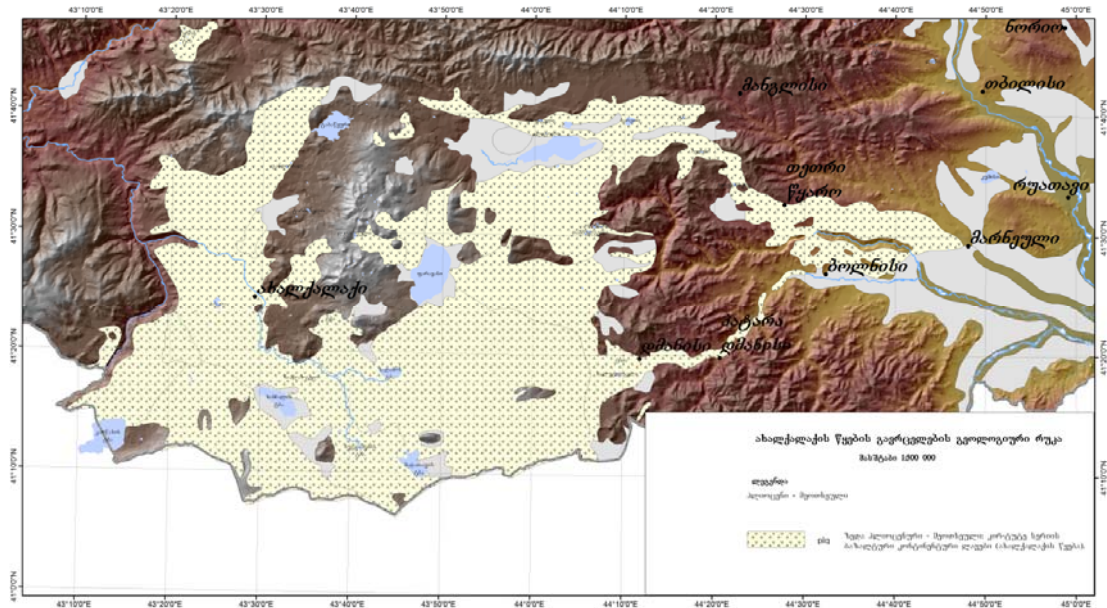


სურათი 5.25ა,ბ,გ,დ. ეროზიული სუბვულკანური სხეული (ა). ბიოტიტ-რქატყუარიანი დაციტის ფოტო (ბ), მიკროფოტოები (გ||, დ+), X50, ამირანისგორა.

ამრიგად, საკვალიფიკაციო კვლევის ფარგლებში დაზუსტდა გოდერძის წყების ფუძის ასაკი და გავრცელების არეები ვულკანიტების გეოლოგიური პოზიციის, პეტროქიმიური და ტექსტურული თავისებურებების საფუძველზე.

5.2. ახალქალაქის წყება (გვიანი პლიოცენი - ადრე პლეისტოცენი)

საქართველოს ტერიტორიაზე ახალქალაქის წყება ართვინ-ბოლნისის ბელტზე მდებარეობს და ფართედ არის გავცელებული სამხრეთ საქართველოს ფარგლებში. აგებს ჯავახეთის ქედს, ახალქალაქის, დმანისის, გომარეთის, წალკის, ლორის პლატოებს და ქმნის ხრამის, მაშავერას და მტკვრის ლავურ ნაკადებს (სურ.5.26).



სურათი 5.26. ახალქალაქის წყების გავრცელება, 1: 500 000 მასშტაბის გეოლოგიური რუკა (Adamia, 2004)

ახალქალაქის ვულკანური პლატოს დოლერიტების და ტბიური ნალექების კომპლექსი ახალქალაქის წყების სახელით პირველად პ.გამყრელიძის მიერ (Гамყრელიძე, 1954) არის სამეცნიერო ლიტერატურაში აღწერილი, ხოლო წალკის ვულკანური პლატოს შესაბამისი წარმონაქმნები - წალკის წყების სახელწოდებით (Заридзе и Татришвили, 1948). ახალქალაქი-წალკის წყების ქვეშ იგულისხმება ძირითადად დოლერიტები, რომელიც მკვეთრად განსხვავდება, შედგენილობით და გეომორფოლოგიური ნიშნებით, ქვემდებარე - გოდერძის და მომყოლი - აბულ-სამსარის დიფერენცირებული წყებებისაგან და ამჟამად ახალქალაქის წყებად იწოდება. წყების სიმძლავრე 100-300 მ-ია.

მრავალი შრომა მიემდგნა ახალქალაქის წყების სტრატოგრაფიის, პეტროგრაფიის, ტექტონიკის, დათარიღების საკითხებს (მაგალითად: Схиртладзе, 1958; Адамия, 1961; Майсурадзе, 1980; Асланян, 1984; Джигаური, 1991; Gabunia et al. 1999; Vekua et al. 2008; Тутберидзе, 2004; ვეკუა, 1962; Лебедев, 2004; 2008ა, 2008ბ, და სხვ.) აღსანიშნავია

ნ.სხირტლაძის მონოგრაფია რომელშიც მოცემულია ახალქალაქის წყების ვულკანიტების დეტალური ჭრილები და პეტროგრაფიული შესწავლილობა.

ახალქალაქის წყება ერთგვაროვანია და ძირითადად წარმოდგენილია ბაზალტური შედგენილობის მასიური ლავებით და იშვიათად პიროლკასტოლითებით, ზოგ ადგილებში შეიცავს ფლუვიალურ-ტბიური, ალუვიური, ვულკანური ქვიშის ნალექების ლინზებს ვულკანური ფერფლის შუაშრეებით (სურ.5.27 ა,ბ,გ,დ).



სურათი 5.27ა. ალევრიტ-ფსამიტური, თხელშრეებრივი ვულკანური ქვიშები, სოფ. ახას მიდამოები



სურათი 5.27ბ. ლავებშორისი ტბიური ნალექები, სოფ. ტაშბაშის მიდამოები



სურათი 5.27გ. ლავებშორისი ტბიური ნალექები წარმოდგენილი ქვიშიანი დიატომიტებით ვულკანური ფერფლის შუაშრეებით. სოფ. დილისკა



სურათი 5.27დ. ახალქალაქის წყების ლავებშორის ტბიური ნალექები. ახლო ხედი. სოფ. დილისკა

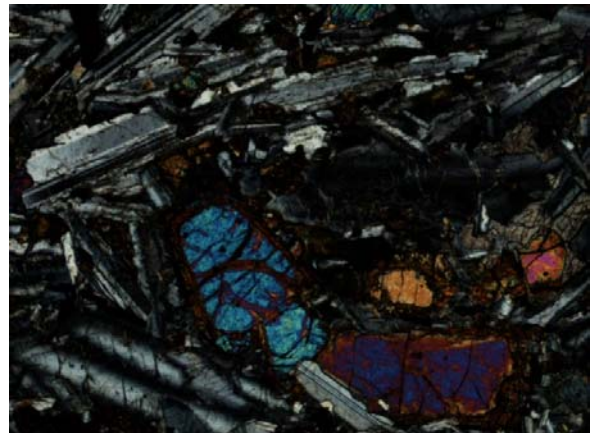
ახალქალაქის წყების დოლერიტები ავსებენ ღრმად ეროზირებულ პალეორელიეფს (სურ.5.28ა) და ქმნიან მოსწორებულ ვულკანურ პლატოებს (სურ. 5.28ბ).

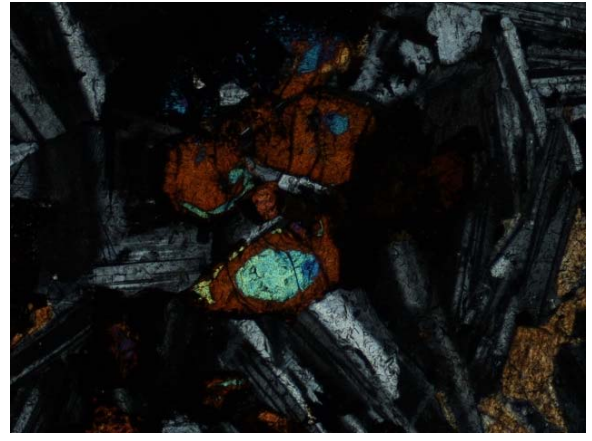
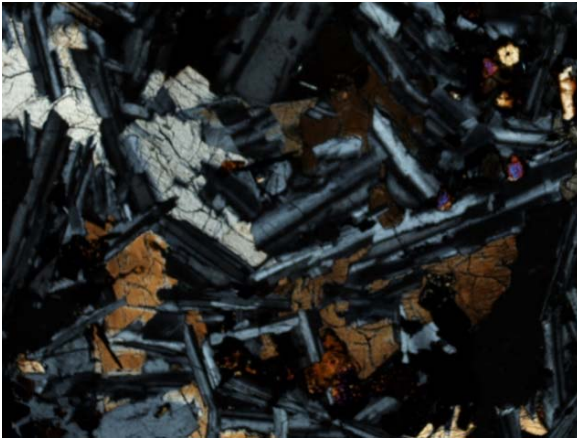


სურათი 5.28ა მაშავერას ლაური ნაკადის განლაგება ეროზირებულ პალეორელიეფზე, პლატო. **სურათი 5.268.** ახალქალაქის ვულკანური სოფ. პატარა დმანისის მიდამოები.

ახალქალაქის წყების აგებულებაში ძირითადად მონაწილეობენ: დოლერიტები, ბაზალტები და იშვიათად ანდეზიტბაზალტები.

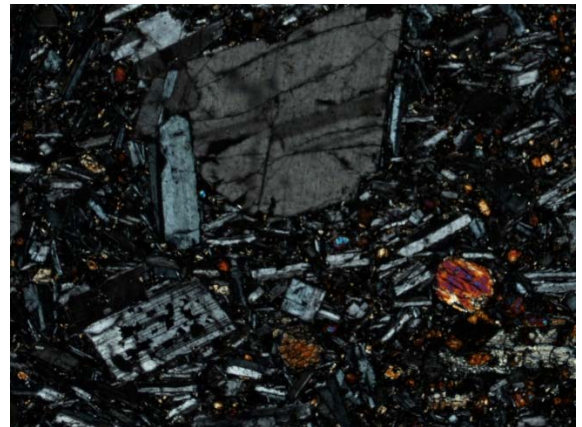
დოლერიტები ნაცრისფერი, სრულკრისტალური ქანებია. ლავური ნაკადის კიდეები ხასიათდება ფოროვნებით (სურ. 5.29ა), ახასიათებს სვეტური და ბელტური განწევა. შლიფში დოლერიტების სტრუქტურა ოფიტურია ინტერსერტალური ტექსტურით და შეიცავს პაგიოკლაზის, ავგიტის და ოლივინის ფენოკრისტალებს. ოლივინი ხშირად მთლიანად ან ნაწილობრივ ჩანაცვლებულია იდინგსიტით. ძირითადი მასა წარმოდგენილია მინით და ანიზოტროპული (მაგნეტიტი, ჰემატიტი და ა.შ.) მინერალებით (სურ.5.29 ა,ბ,გ,დ).





სურათი 5.29ა,ბ,გ,დ. ფოროვანი დოლერიტი (ა), ახალქალაქის წყების დოლერიტების მიკროფოტოები (ბ,გ,დ)

ბაზალტები მუქი ნაცრისფერი-შავი, მკვრივი ქანებია და ხასიათდება სვეტური განწევრებით (სურ.5.30ა). შლიფში სტრუქტურა პორფირულია, პილოტაქსიტურ-ფლუიდური ძირითადი მასით. ვულკანური მინა მნიშვნელოვანი რაოდენობით არის წარმოდგენილი (სურ.5.30ბ).



სურათი 5.30ა,ბ. სვეტური განწევრება ბაზალტებში (ა). ბაზალტების მიკროფოტოები. ჯვარედინა ნიკოლი, X50.

ანდეზიბაზალტები ღია ნაცრისფერი-ნაცრისფერი ფერისაა, ხასიათდება ფურცლოვანი განწევრებით. შლიფში სტრუქტურა პორფირულია, ტრაქიტული ან პილოტაქსიტური სტრუქტურის ძირითადი მასით. ოლივინი მცირე რაოდენობით ან საერთოდ არ გვხვდება. ქანის მთავარი ქანმამშენი მინერალები წარმოდგენილია ლაბრადორით და ავგიტით (სურ. 5.31ა,ბ).



სურათი 5.31ა,ბ. ფურცლოვანი განწევრება ანდეზიბაზალტებში (ა), სოფ. დაშბაშის მიდამოები. ანდეზიბაზალტების მიკრო ფოტო (ბ +), X50.

ვულკანიტები უმნიშვნელოდ არიან შეცვლილი (ლავის ფორები ხშირად შევსებულია კალციტით და ქრისტოზალიტით). ვულკანიტებში ნაოჭა სტრუქტურები სუსტად არის განვითარებული, ძირითადად გვხვდება ართვინ-ბოლნისის ბელტის და აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი ზონის კონტაქტის ზონაში. კერძოდ, ზედა პლიოცენურ - მეოთხეული ვულკანური წარმონაქმნები დანაოჭებულია თრიალეთის ქედის სამხრეთ კიდეზე, სადაც ახალქალაქის ვულკანური ფორმაცია კუთხური უთანხმოებით ფარავს ცარცის და პალეოგენის დანაოჭებულ, სამხრეთისკენ გადმოწოლილ ქანებს, მათთან ერთად არის დანაოჭებული და ქმნის ტექტონიკური წარმოშობის ბრაქინაოჭებს. აღნიშნულის გამო წალკის ვულკანური პლატოს ჩრდილო კიდეზე განვითარებულია ბეშთაშენის, კარაქსის, ბაშკოვის და ბარმაკსიზის სინფორმული და ბაშკოვის, კორსუ-ბედენის და დაშბაშის ანტიფორმული ნაოჭები (Адамия и др. 1961) (სურ.5.32ა,ბ).



სურათი 5.32ა,ბ. ახალქალაქის წყების დანაოჭებული დოლერიტები. აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცვითი ზონის და ართვის-ბოლნისის ბელტის შეხების ზონა. სოფ.სოფ. იმერას და გუმბათის მიდამოები.

ახალქალაქის, წალკის გომარეთის და დმანისის დოლერიტულ და ბაზალტურ ლავებს უჭირავთ ერთნაირი სტრატეგრაფიული პოზიცია (Адамия и др. 1961) და შევსებული აქვთ ეროზიული დეპრესიები გამომუშავებული გოდერძის წყებაში, პალეოგენურ და ცარცულ ნალექებში და ხრამის კრისტალური მასივის ქანებში (სურ.5.33 ა,ბ,გ).



სურათი 5.33ა. ხრამის ლავური ნაკადის განლაგება ზედაცარცულ კირქვებზე (თეთრიწყაროს წყება), მდ.ხრამის ხეობა.

სურათი 5.33ბ. ახალქალაქის დოლერიტების განლაგება ხრამის კრისტალური მასივის ქანებზე. სოფ.დაშბაშის მიდამოები



სურათი 5.33გ. მტკვრის ლავური ნაკადის განლაგება გოდერძის წყებაზე. მდ.ფარავნის ხეობა, სოფ. ხერთვისის მიდამოები.

ახალქალაქის წყების უფრო ძველ ქანებზე კუთხური უთანხმოებით განლაგება ეჭვს არ იწვევს. პრობლემატურია ახალქალაქის წყების ურთიერთობა უფრო ახალგაზრდა მჟავე წყების (აბულ-სამსარი) ეფუზივებთან. პალეონტოლოგიური ადგილსაპოვებლების და სამარკირო ჰორიზონტების სიმწირე (რიგ ადგილებში სამარკირო ახალქალაქის წყება ან არ არის გავრცელებული, ან არ ჩანს კონტაქტი მის მომყოლ აბულ-სამსარის წყებასთან), აგრეთვე ხშირად რადიოლოგიური ასაკების არასანდოობა და მისი შეუთავსებლობა გეოლოგიური დაკვირვებების შედეგებთან ართულებს წყების ზედა სტრატეგრაფიული საზღვრის გავლენას. ბოლო წლებში სამხრეთ საქართველოს პოსტკოლიზიურ ვულკანიტებზე ჩატარებულმა რადიოლოგიური მეთოდით ასაკების განსაზღვრებებმა მთელი რიგი გაურკვევლობები გამოიწვია (Лебедев и др. 2004, 2008a, б). კერძოდ, ეჭვს იწვევს (Лебедев и др. 2008) წალკის წყალსაცავის სამხრეთით სოფ. თრიალეთამდე ვულკანიტების უფრო ახალგაზრდა ასაკი (2.45 ± 0.10) ვიდრე წალკის ჩრდილო პერიფერიის და ხრამის ნაკადის (3.10 ± 0.20), მაშინ როცა გეოლოგიური დაკვირვებების საფუძველზე წალკის ვულკანური პლატოს ყველაზე ახალგაზრდა დოლერიტები აგებენ ბედენის და კორსუს ქედებს, ქმნიან ხრამის ვულკანურ ნაკადს, ხოლო წალკის წყალსაცავთან უთანხმოდ არიან განლაგებულნი წალკის ანდეზიზალტებზე (Адамия и др. 1961).

ვულკანები: ინაკ-დაგი (2.70 ± 0.15), ბიკეთი (2.65 ± 0.1), თავშანთეპე და პატარა გიუნეი (3.65 ± 0.15) შეიძლება ახალქალაქის წყების სინქრონულად ჩაითვალოს. ვულკანები წარმოდგენილია კონუსის კალთების დაქანების პარალელურად განლაგებული არაკონსოლიდირებული ფუძე შედგენილობის პიროკლასტური ნალექებით (სურ. 5.34ა,ბ,დ), ნალექების დაქანების კუთხე ცვალებადია და მცირდება ვულკანის ფუძისკენ.



სურათი 5.34ა ვულკანი ინიაკ-დაგი, კარიერი.



სურათი 5.34ბ ვულკანი ბიკეთი, კარიერი.



სურათი 5.34გ. ვულკანი ბიკეთი, არაკონსოლიდირებული პიროკლასტური ნალექების ვულკანის კალთების პარალელურად განლაგება



სურათი 5.34დ. ვულკანი თავშანთეპე



სურათი 5.34ე. ვულკანი პატარა გიუნე



სურათი 5.34გ. ვულკანი პატარა გიუნე, ვულკანური წიდა

ახალქალაქის წყების ვულკანიტებში გვხვდება პაჰოეჰოეს (Pahoehoe) ტიპის ლავისთვის დამახასიათებელი ლავური ნაკადის ზედაპირის ტექსტურები (სურ. 5.35

ა,ბ,გ,დ). რაც ლავის მაღალი დენადობის უნარზე მიუთითებს და კარგად არის გამოხატული რელიეფში.



სურათი 5.35 ა,ბ,გ,დ. პაჭოქოე ტიპის ლავის ზედაპირისთვის დამახასიათებელი დენადობის ტექსტურა. ახალქალაქის პლატო.

დიდი ინფორმაცია დაგროვდა ახალქალაქის წყების პალეონტოლოგიური შესწავლილობის შესახებ ბოლო ათწლეულების განმავლობაში. ცხრილში (1) მოცემულია ახალქალაქის წყების სინქრონული პალეონტოლოგიური ადგილსაპოვნებლები დათარიღებული ძუძუმწოვრების ფაუნით.

ცხრილი 1.

ადგილსაპოვნებელი ს აღმოჩენის ავტორი	ძუძუმწოვართა ფაუნის ადგილსაპოვნებელის გეოგრაფიული მდებარეობა და ლითოლოგიური დახასიათება	განმარხებულ ძუძუმწოვართა ფაუნის ფორმები	ფაუნის ასაკი, განსაზღვრის ავტორი
Маруашвили, 1945 Маруашвили, 1946	გომარეთის პლატოს დოლერიტები, სოფ ყარა-ბულახის (ზურტაკეთი) მიდამოები	<i>Bison priscus</i> , <i>Equus caballus</i> , <i>Ovis</i> <i>cf. ophion</i> , <i>Asinus</i> sp.	ზედა პლეისტოცენი Бурчак-Абрамобич, (1951)

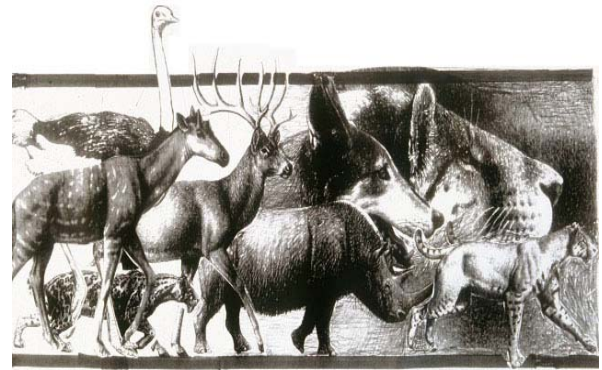
Заридзе Г. и Татришвили Н., 1948	წალკის მიდამოები, ბედენის ქედის დასავლეთი ნაწილი	<i>Protelephas</i> aff. <i>planifrons</i> , <i>Equus</i> cf. <i>stenonis</i> .	ზედა პლიოცენი (აღზაგილ- აფშერონი), Бурчак- Абрамбич, (1951)
შ. ადამია, 1956	დმანისის პლატო, სოფ. ზემო ოროზმანი. ლავებშორისი ტბიური ნალექები. მუქი ნაცრისფერი, თხელშრეებრივი ფხვიერი ფსამიტურ-ალევიტული ქვიშები კონგლომერატების ლინზებით. ქვიშები და კონგლომერატები შეიცავენ ბაზალტის დამრგვალებულ ნატეხებს.	<i>Marmota</i> sp., <i>Felis</i> cf. <i>spelaea</i> , <i>Equus caballus</i> sf. cf. <i>strictipes</i> ; <i>Bos</i> cf. <i>primigenius</i> (?), <i>Oris</i> sp., <i>Cervus</i> cf. <i>elaphus</i> , <i>Megaloceros</i> sp., <i>Cervus (Dama)</i> sp.	შუა პლეისტოცენი ვეკუა, 1962
შ. ადამია, 1960	გომარეთის პლატო, სოფ. ახას მიდამოები, ლავებშორისი ნალექები. შავი და მუქი ნაცრისფერი ალევიტ-ფსამიტური, თხელშრეებრივი ვულკანური ქვიშები	<i>Elephas</i> sp., <i>Hyaena</i> sp., <i>Equus</i> <i>caballus</i> , <i>Bos</i> sp.	შუა - ზედა პლეისტოცენი ვეკუა, 1962
ნ. ლაზარიშვილი	ახალქალაქის აღმოსავლეთით, მთა ამირანისგორას ძირი. ფლუვიალურ- ტბიური ნალექები. ქვედა ნაწილში- ვულკანური ფერფლი, ხოლო ზედა ნაწილში ვულკანური ფერფლის და კარბონატული ქვიშიანი თიხის ნარევი	<i>Mammuthus trogontherii</i> , <i>H. georgicus</i> , <i>Equus</i> <i>sussenbornensis</i>	ქვედა პლეისტოცენი ვეკუა (1962)

ახალქალაქის ადგილსდაპოვებელში ა.ვეკუას მიერ ნაწახია მცენარეული ნაშთებიც. მათ შორის ავაქოვის მიერ განსაზღვრულია (Аваков, 1960) ქვათესლა (*Lithospermum arvense* L.) და აკაკი (*Celtis glabrata* Stev). ხმელეთის მოლუსკებიდან დადგენილია *Iamanina pupoides* და *Helicella (Xeropicta derbentina)*.

ახალქალაქის ფაუნისტური კომპლექსი ძირითადად სტეპის და ნახევარსტეპის ლანდშაფტური პირობების ამსახველია (ვეკუა, 1962).

პალეონტოლოგიური მონაცემების საფუძველზე, ა.ვეკუას მიხედვით, წალკის, გომარეთის, დმანისის და ახალქალაქის ეფუზივები ერთი ვულკანური ფაზის პორდუქტებია, რომლის მოქმედება იწყება ზედა პლიოცენში (აფშერონული სართული) და მთავრდება ქვედა ან შესაძლოა შუა პლეისტოცენში (ბაქოური) (ვეკუა, 1962, Tappen, 2001).

განსაკუთრებული ინტერესი გამოიწვია და კარგად არის შესწავლილი სოფ. პატარა დმანისის პალეოანთროპოლოგიური ადგილსაპოვებელი. მდ.მდ. მაშავერას და ფინაზაურის მიერ ჩაჭრილ მომცრო ვულკანურ პლატოზე, ფლუვიალურ ნალექებში აღმოჩენილია ადრეული ჰომინიდის (*Homo Georgicus*) 5 თავის ქალა (სურ. 5.36ა), 4 ქვედა ყბა, 20 იზოლირებული კბილი და ორმოცამდე ჩონჩხის ძვალი ასევე სავანის ტიპის ძუძუმწოვართა მდიდარი ფაუნა (სურ. 5.36ბ) (La Géorgie, 2000; Gabunia, 2006; Vekua, 2002, 2008; Lordkipanidze et al., 2010; 2011), რომელიც ევროპის ხმელეთის ვილფრანკული ძუძუმწოვართა ფაუნის მსგავსია.



სურ.5.36 ა,ბ. დმანისის პალეოანთროპოლოგიური ადგილსაპოვებელი (ა); დმანისის ვილფრანკული ძუძუმწოვართა ნამარხი ფაუნის რეკონსტრუქციის სურათი (ბ)

დმანისის პალეოანთროპოლოგიური ადგილსაპოვებელის ქვეშ განლაგებული ბაზალტური ლავის პლაგიოკლაზის ფენოკრისტალების აბსოლიტური ასაკი განსაზღვრულია $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ მეთოდით და 1.95 ± 0.22 მლ.წ. უდრის. (Schmincke, 1996). მაშავერას ლავური ნაკადის ქანები ასევე დათარიღებულია $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ლაზერული მეთოდით და მათი ასაკი განისაზღვრა, როგორც 1.6 ± 0.2 - 3.2 ± 0.3 მლ.წ (Djaparidze et al., 1989; Gabunia et al., 1999; La Georgie, 2000).

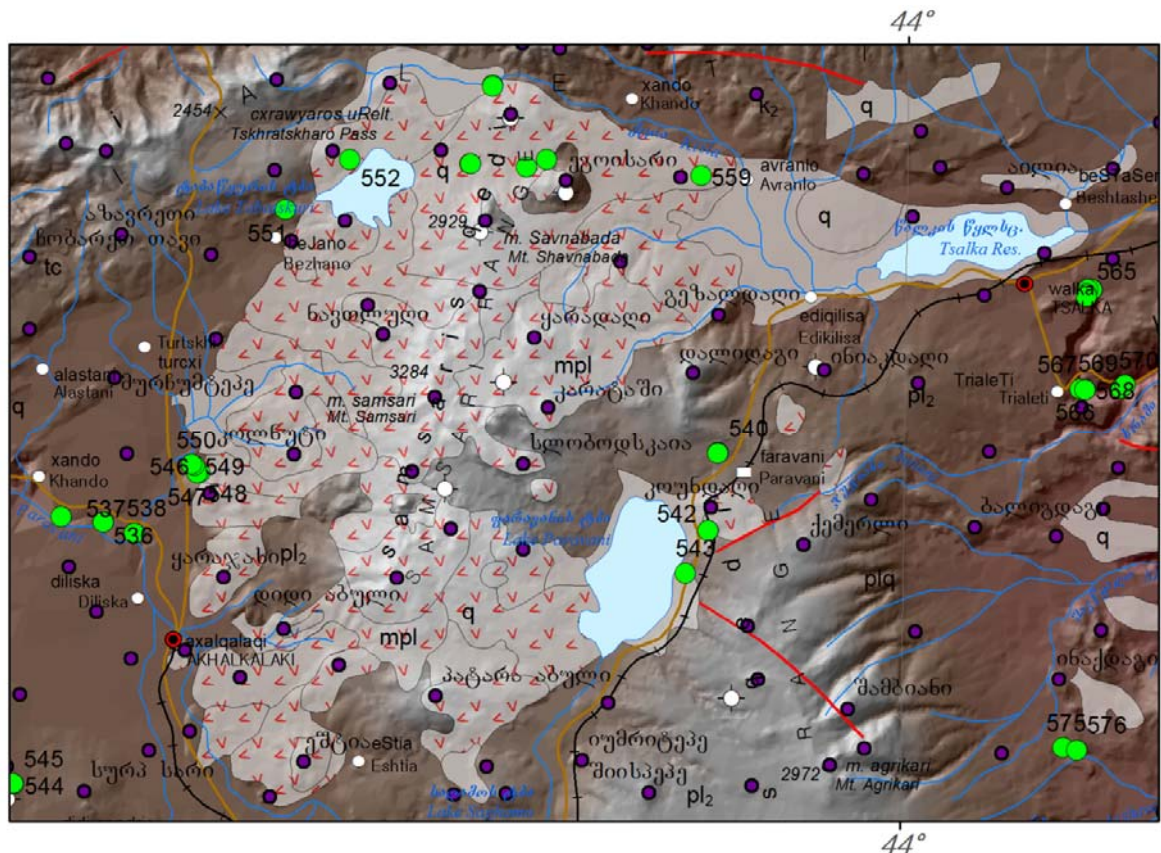
სამეცნიერო ლიტერატურულ წყაროებში ასევე მრავლად არის ახალქალაქის წყების სხვადასხვა მეთოდით რადიომეტრული დათარიღების მონაცემები: ახალქალაქის პლატოს დოლერიტები - $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ მეთოდით ~ 2.9 მლ.წ (Ferring et al., 1996), 3.69 ± 0.008 მლ.წ და 3.83 ± 0.09 მლ.წ (Camps et al., 1996). ასევე K/Ar მეთოდით მიღებული ასაკები 2.36 ± 0.60 მლ.წ სოფ.თრიალეთის ანდეზიბაზალტებიდან (Rubinstein et al., 1972),

2.25±0.2 სოფ.სათხეს ანდეზიტებიდან (Maisuradze et al., 1980), 2.4±0.35 მლ.წ ვულკან ემლიკლის ანდეზი-ბაზალტებიდან (Djigauri, 1991).

ახალქალაქის წყების ვულკანიტები პალეომაგნეტური კვლევის საფუძველზე მიესადაგება მატუიამას შებრუნებული დამაგნიტების ქრონს (1.78-0.78 Ma) (Djaparidze et al., 1989; Goguitchaishvili et al. 2000; Tappen et al. 2002, Calvo-Rathert et al. 2007).

9.3. აბულ-სამსარის წყება (შუა-ზედა პლეისტოცენი)

აბულ-სამსარის ფორმაცია გავცელებულია სამსარის ქედზე (სურ.5.37) და მოიცავს მონოგენურ ჩამქრალ ვულკანებს: თავკვეთილი, შავნაბადა, დიდი აბული, სამსარი და სხვა. ფორმაცია ანდეზიტურ-დაციტური შედგენილობისაა და წარმოდგენილია ლავებით და პიროკლასტოლითები .



სურათი 5.37. აბულ-სამსარის ფორმაციის გავრცელების არეალი საქართველოს ციფრულ ტოპოგრაფიულ რუკაზე (Adamia, 2004)

აბულ-სამსარის წყების ეროზიული ნარჩენები ჩანს აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის და ართვის-ბოლნისის ბლოკის შეხების ზოლშიც, სადაც ამ წყების ჰიალოდაციტები განლაგებულია შუაეოცენურ ვულკანიტებზე (სურ. 5.36 ა,ბ).



5.38ა. აბულ-სამსარის ვულკანიტების განლაგება შუაეოცენურ ვულკანიტებზე **5.368.** მასიური ჰიალოდაციტები

აბულ-სამსარის წყება უთანხმოდ არის განლაგებული ახალქალაქის წყებაზე, არ არის დანაოჭებული და არ შეიცავს პალეონტოლოგიურ ნაშთებს, რაც ართულებს წყების დათარიღებას. აბულ-სამსარის ფორმაციის ასაკი სადავოა. ზოგი მკვლევარი მას გოდერძის წყების ანალოგად (Схиртладзе и др., 1958; Тутберидзе и др., 2002, Tutberidze, 2012), ზოგი კი სამხრეთ საქართველოს რეგიონისთვის ყველაზე ახალგაზრდა ვულკანურ წარმონაქმნებად მიიჩნევს (Лебедев и др., 2008). ჩვენი აზრითაც აბულ-სამსარის ფორმაცია პოსტკოლიზიური, მიოცენ-მეოთხეული ვულკანიტებისთვის ყველაზე ახალგაზრდა წარმონაქმნებია.

ვულკანები აბული (სურ. 5.39) და სამსარი მასიური ფურცლოვანი ანდეზიტ-დაციტებით არიან წარმოდგენილი.



სურათი 5.39. სამსარის ქედი (ა), ანდეზიტის მიკროფოტო(ბ), ||, X50

რადიომეტრული მონაცემების (K/Ar) საფუძველზე აბულ-სამსარის ფორმაციის ვულკანიტების ასაკი განსაზღვრულია 760, 000 (ვულკანი ბაბახნო) – 30, 000 წლებით (ვულკანი თავკვეთილი).

აბულ-სამსარის ქედის ჩრდილოეთით განლაგებული ვულკანები (შავნაზადა, თავკვეთილი და სხვა) აგებულია საღი ჰიალოდაციტებით, რომლებიც ქმნიან რელიეფში კარგად გამოხატულ, შემოსაზღვრულ, ნატეხოვანი ზედაპირის (AA ლავა) ნაკადებს (სურ. 5.40ა,ბ,გ,დ).





სურათი 5.40ა,ბ,გ,დ. ვულკანი თავკვეთილი (ა), ვულკან შავნაბადას სამხრული კალთა (ბ), ჰიალოდაციტი (გ), ჰიალოდაციტის მიკროფოტო (დ), ||, X50

აბულ-სამსარის ფორმაციის გავრცელების ფარგლებში ინერტული მასალის მრავალი კარიერია გახსნილი (სურ. 5.41).



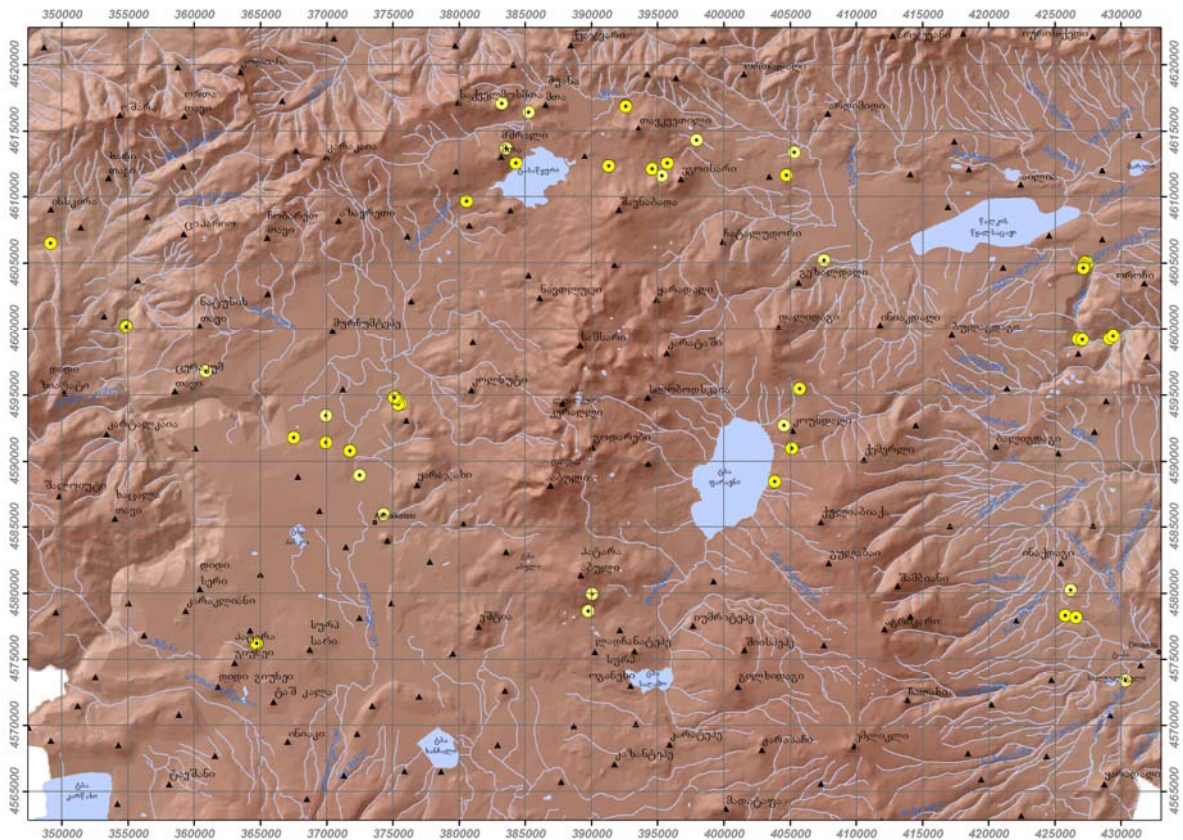
სურათი 5.41. ინერტული მასალის კარიერი, აბულ-სამსარის ფორმაცია

5.4. სამხრეთ საქართველოს (ჯავახეთი და მიმდებარე არეები) კოლიზიის შემდგომი ვულკანიზმის გეოქიმია

თანამედროვე დონეზე მაგმური პროცესების გეოდინამიკური რეჟიმის კვლევაში, სხვა გეოლოგიურ და გეოფიზიკურ მეთოდებთან ერთად, წამყვანი როლი უჭირავს მაგმური ფორმაციების გეოქიმიურ შესწავლას. წამყვან ლაბორატორიებში

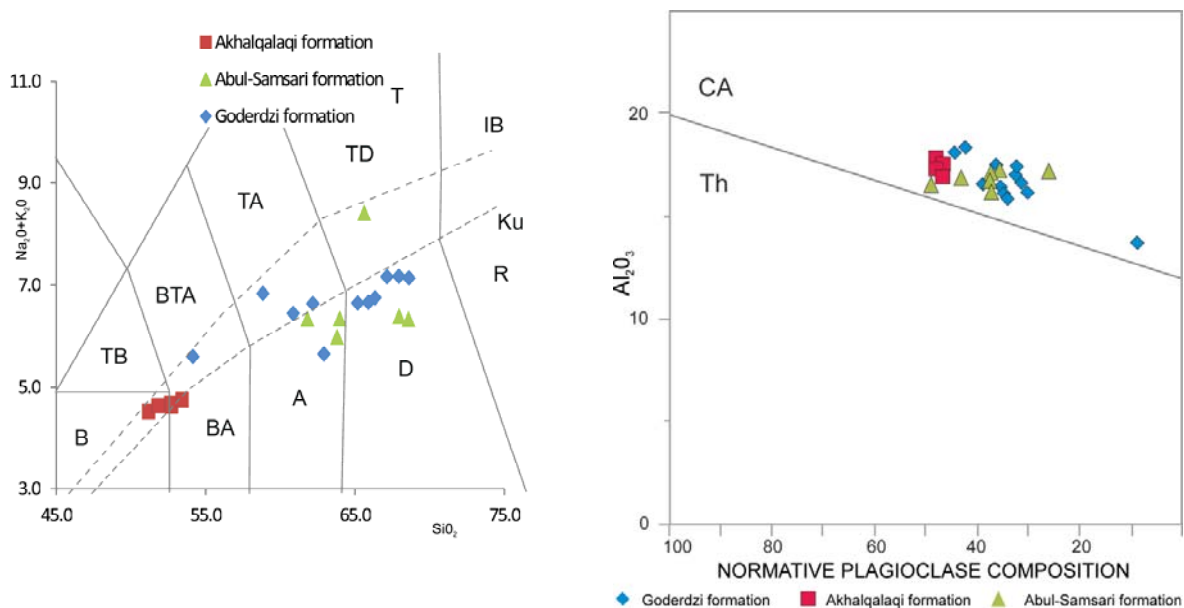
ხორციელდება თანამედროვე მაგმური პროდუქტების პეტრო- და გეოქიმიური იდენტიფიკაცია რაც იძლევა საშუალებას გაიშიფროს მაგმური წარმონაქმნების ამ მახასიათებლების საფუძველზე გეოლოგიური წარსულის გეოდინამიკური ევოლუცია ფილების ტექტონიკასთან კავშირში (მაგ., Hophman, 1997; Kelemen et al., 2007, Pearce, 1983).

სამხრეთ საქართველოს ახალგაზრდა ვულკანური წარმონაქმნების გეოქიმიური იდენტიფიკაციისთვის დაისინჯა ნეოგენ-მეოტხეული სამივე შესწავლილი ფორმაციის (გოდერძი, ახალქალაქი, აბულ-სამსარი) ვულკანიტები (სურ.5.42).



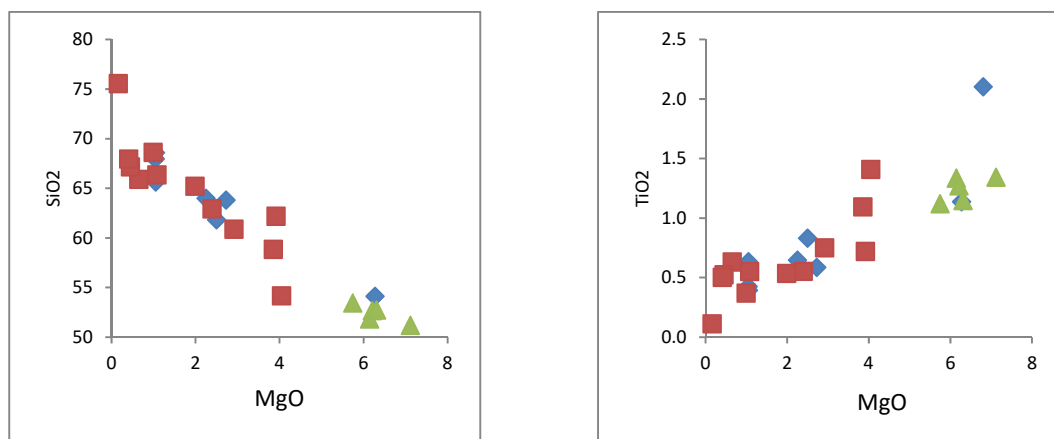
სურათი 5.42. დასინჯული ვულკანიტების მდებარეობა რეგიონის ციფრულ ტოპოგრაფიულ რუკაზე

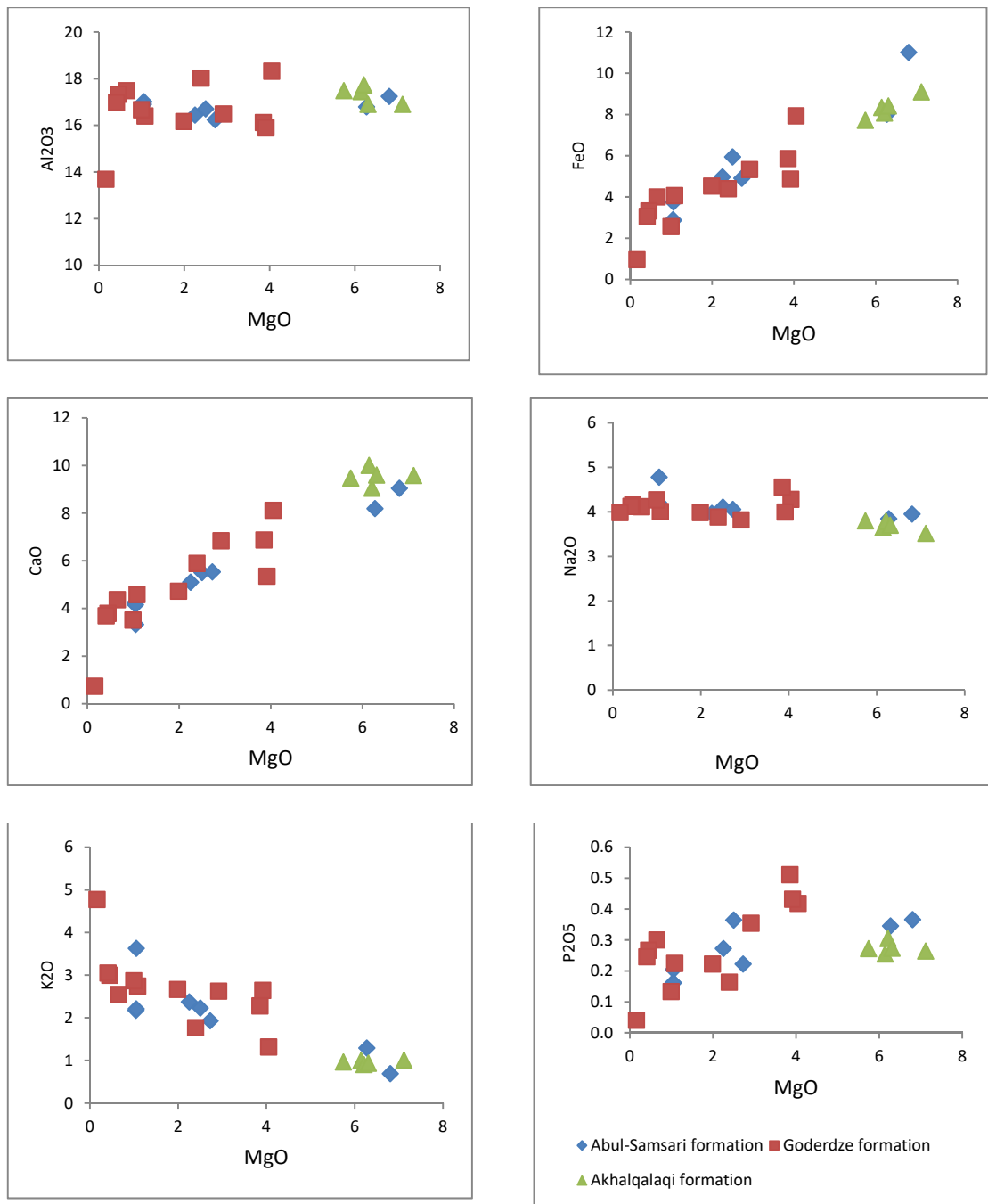
ახალი მონაცემები (დანართი 4) ცხადჰყოფს, რომ პოსტკოლიზიური ვულკანური ფორმაციები წარმოდგენილია დიფერენცირებული მაგმური სერიებით (ბაზალტი-ანდეზიტი-დაციტი-რიოლითი), რომლებიც იკავებენ გარდამავალ ველს კირ-ტუტე და ტოლეიტურ სერიებს შორის (ფიგ.5.43ა, ბ). აღნიშნული ტენდენცია დამახასიათებელია ჩვენს მიერ შესწავლილი ნეოგენურ-მეოტხეული ყველა ვულკანური ფორმაციისთვის.



სურათი 5.43ა,ბ. (ა) ჯავახეთის ვულკანური ზეგნის მიოცენ-მეოტხეული ვულკანური ფორმაციების კლასიფიკაცია ტუტეების ჯამის და SiO_2 ის თანაფარდობის მიხედვით. გამოყენებულია კლასიფიკაციის დიაგრამა - Lebas et al. 1986 . აბრევიატურა: B: ბაზალტი, BA: ანდეზიტ-ბაზალტი, TB: ტრაქიტ-ბაზალტი, BTA: ბაზალტ-ტრაქიტანდეზიტი; A: ანდეზიტი, TA: ტრაქიტანდეზიტი, D: დაციტი, TD: ტრაქიტდაციტი, T: ტრაქიტი, R: რიოლიტი, IB: ტუტე/სუბტუტე ველის გამყოფი (Irvine and Baragar, 1971), Ku: ტუტე/სუბტუტე ველის გამყოფი (Kuno, 1966); (ბ) ფიგურატიული წერტილების განლაგება ნორმატიული პლაგიოკლასის შედგენილობის და Al_2O_3 წონ.% თანაფარდობის დიაგრამაზე (Irvine and Baragar, 1971).

დასინჯული ნიმუშების განლაგება, მთავარი ქანთმაშენი ოქსიდები/MgO-ს შემცველობასთან დიაგრამაზე (Ray, et al., 1988), საკვლევი რეგიონის ვულკანიტების უწყვეტი ფრაქციონირების ტენდენციის მაჩვენებელია (სურ. 5.44).

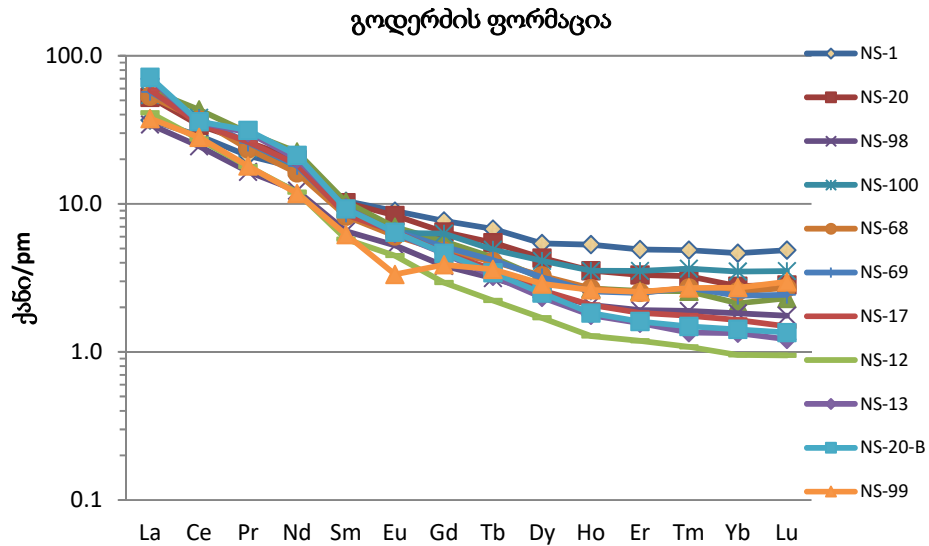




სურათი 5.44. დასინჯული ნეოგენ-მეოტხეული ვულკანიტების განლაგება მთავარი ქანთშენი ოქსიდები/MgO-ს შემცველობასთან დიაგრამაზე

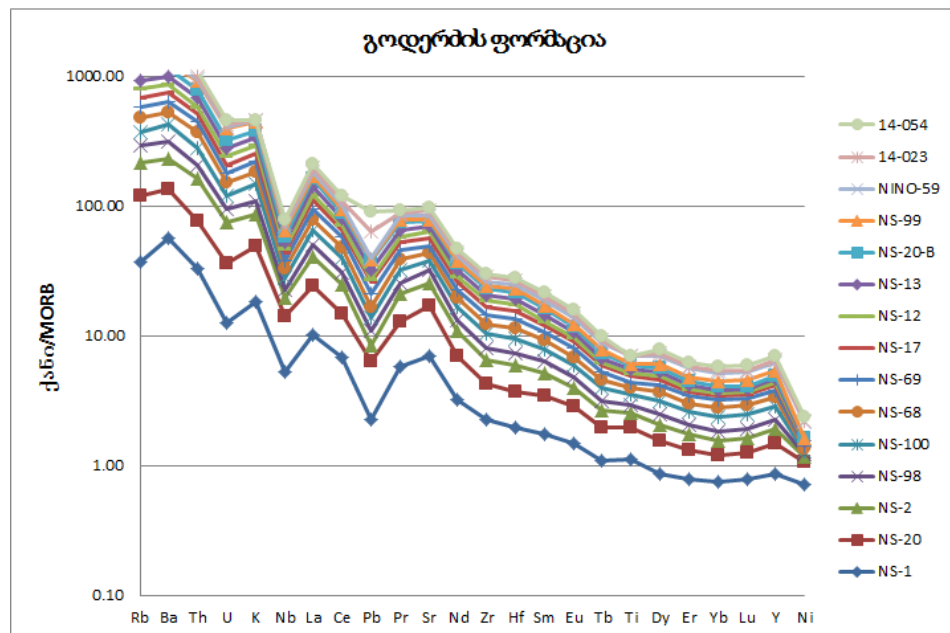
გოდერძის ფორმაციის ქანებში იშვიათი მიწაელემენტების (REE) განაწილების დიაგრამა (ელემენტები ნორმირებულია პრიმიტიული მანტიის საშუალო შედგენილობის მიმართ - PM) გვიჩვენებს იშვიათი მიწაელემენტების თანდათანობით ცვლად (smooth) განაწილებას, მსუბუქი იშვიათი მიწაელემენტების (LREE) ზომიერ ფრაქციონირებას მძიმე მიწაელემენტების (HREE) მიმართ (სურ.5.45). ნორმირება

შესრულებულია სამივე ფორმაციისთვის გაფართოვებულ მრავალ-ელემენტური დიაგრამებზე (MORB) Sun & McDonough, 1989 მიხედვით.



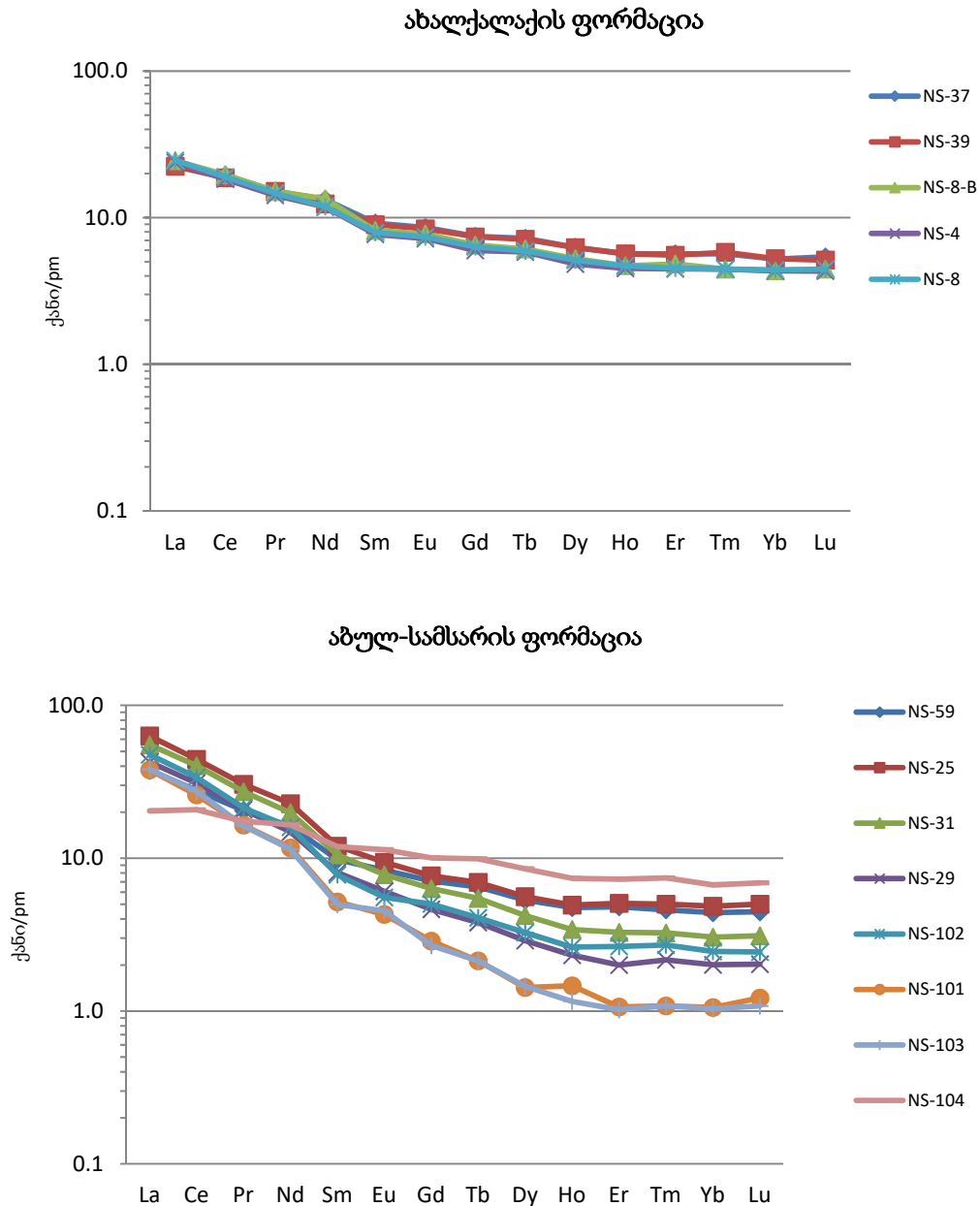
სურათი 5.45. გოდერძის ფორმაციის ვულკანიტების იშვიათი მიწაელემენტების განაწილების დიაგრამა (ნორმირებული პრიმიტიულ მანტიის საშუალო შემადგენლობის მიმართ; PM).

გოდერძის ფორმაციის გაფართოვებული მრავალელემენტური დიაგრამა (ნორმირებული ოკეანური სპრედიტის ზონების ტოლექტური ბაზალტების საშუალო შემადგენლობის მიმართ N-MORB) გვიჩვენებს Nb და Pb უარყოფით გეოქიმიურ ანომალიებს და Ni-ის დაბალ შემცველობას (სურ.5.46).



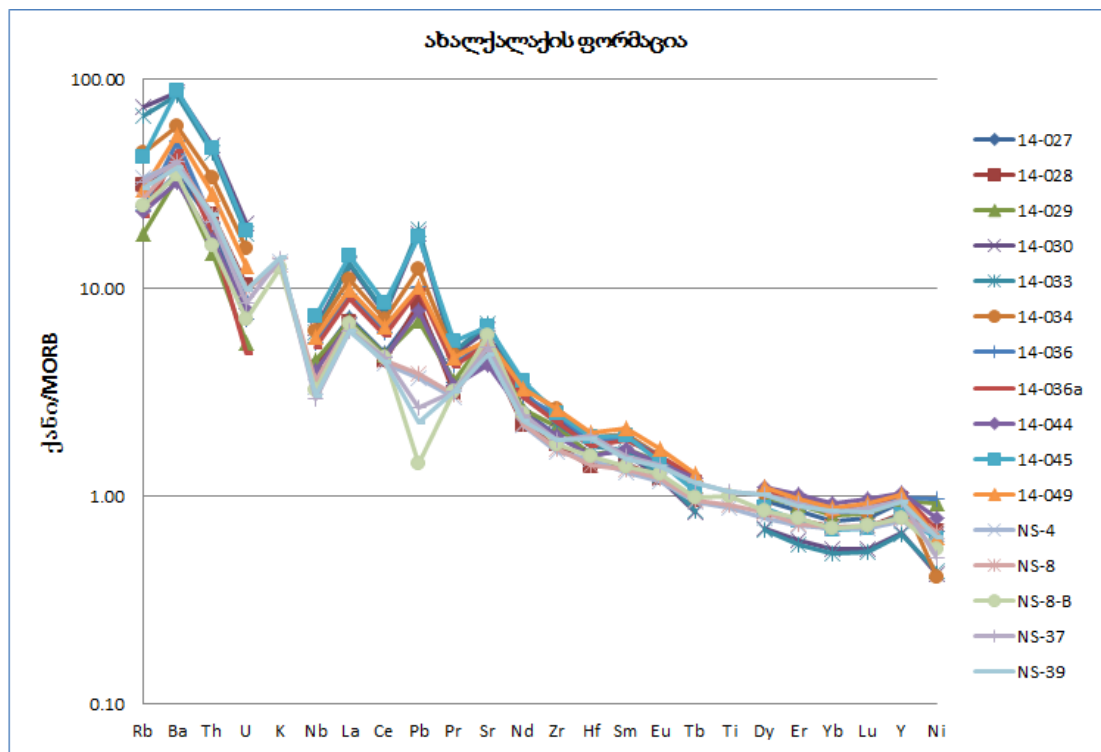
სურათი 5.46. გოდერძის ფორმაციის იშვიათი ელემენტების მრავალელემენტური განაწილების დიაგრამა (N-MORB-NORM)

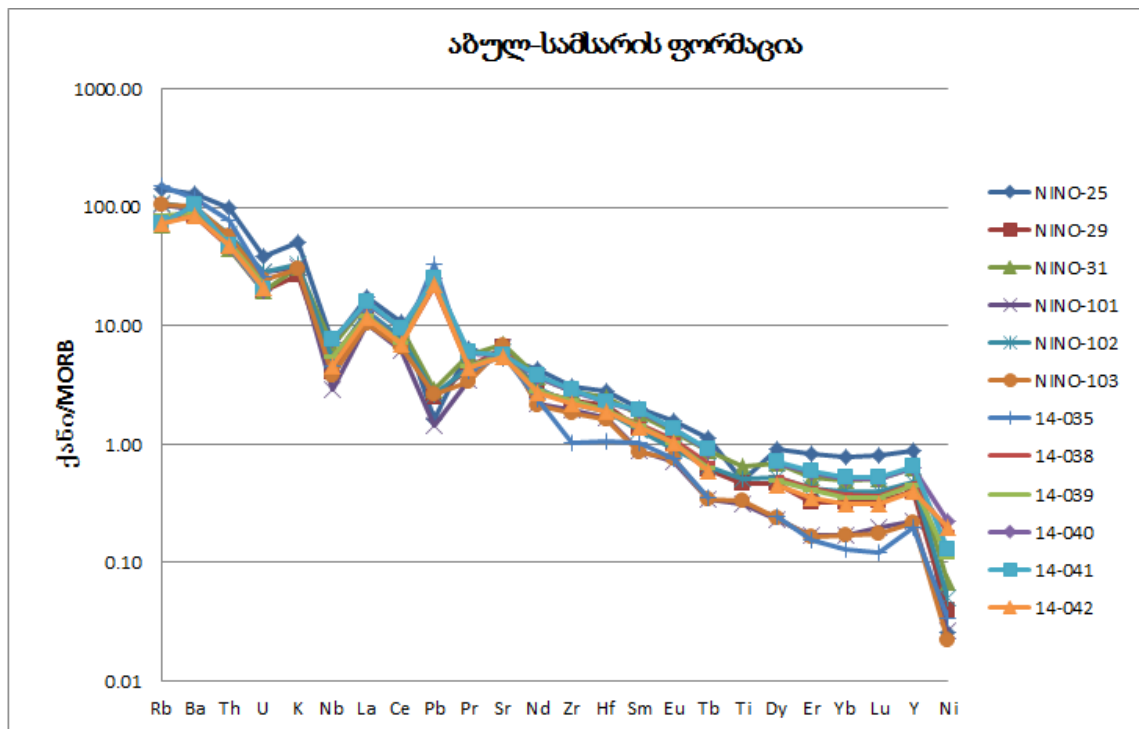
იგივე გეოქიმიური მახასიათებლებით ხასიათდება ახალქალაქის და აბულ-სამსარის ფორმაციები. იშვიათი მიწა ელემენტების (REE) განაწილება (PM) გვიჩვენებს იშვიათი მიწა ელემენტების თანდათან ცვლად მრუდებს და მსუბუქი იშვიათი მიწა ელემენტების (LREE) ზომიერ ფრაქციონირებას მძიმე იშვიათი მიწა ელემენტების (HREE) მიმართ (სურ. 5.47ა,ბ)



სურათი 5.47ა,ბ. ახალქალაქის და აბულ-სამსარის ფორმაციების ვულკანიტების იშვიათი მიწა ელემენტების განაწილების დიაგრამა (PM)

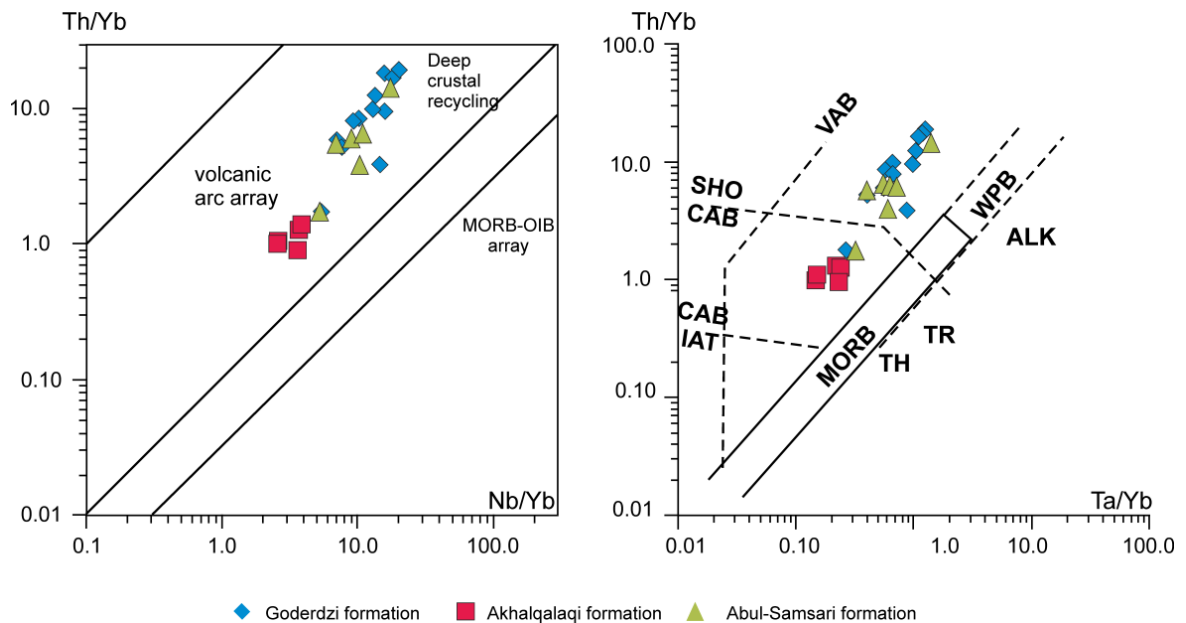
ახალქალაქის და აბულ-სამსარის ფორმაციების გაფართოებული მრავალ-ელემენტური დიაგრამა (ნორმირებული ოკეანური სპრედიტის ზონების ტოლექტური ბაზალტების საშუალო შემადგენლობის მიმართ, N-MORB) ასევე გვიჩვენებს Nb და Pb უარყოფით გეოქიმიურ ანომალიებს და Ni-ის დაბალ შემცველობას ფუძედან- მჟავე დიფერენციატებამდე (სურ. 5.48ა,ბ).





სურათი 5.48ა,ბ. (ა)ახალქალაქის და (ბ)აბულ-სამსარის ფორმაციების ვულკანიტების იშვიათი ელემენტების მრავალელემენტური განაწილების დიაგრამა (N-MORB-norm)

მიოცენ-მეოთხეული ფორმაციის ვულკანიტებისათვის $Th/Yb - Nb/Yb$, Ta/Yb თანაფარდობების დიაგრამები მიუთითებს ვულკანიტების სუბრა-სუბდუქციურ ტიპზე (სურ. 5.49).



სურათი 5.49 Th/Yb vs. Ta/Yb დიაგრამაზე (Pearce, 1983) წერტილების განლაგება ჯავახეთის ვულკანური ზეგნის ნეოგენურ-მეოთხეული ვულკანური ფორმაციებისთვის.

შესწავლილი რეგიონისთვის 10 ნიმუშის (გოდერძის და ახალქალაქის ფორმაციები) იზოტოპური (Sr, Pb) შეფარდებების მაჩვენებლებია მოცემული ცხრილში (ცხრილი 2), სადაც ასევე მოცემულია სუპრა-სუბდუქციური ვულკანიზმისთვის დამახასიათებელი იზოტოპური შეფარდებების საშუალო მაჩვენებლები (Kelemen et al., 2007).

ცხრილი 2.

	Kelemen et al., 2007	გოდერძის ფორმაცია		ახალქალაქის ფორმაცია		
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	0.70401	0.7044	0.7042	0.7046	0.7039	0.7038
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	18.75	18.66	18.68	18.60	18.89	18.877
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15.57	15.61	15.60	15.61	15.58	15.52
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	38.46	38.74	38.75	38.68	38.82	38.62

ამრიგად, ჯავახეთის ვულკანური პლატოს ნეოგენ-მეოტხეული სამივე ფორმაციისთვის (გოდერძი, ახალქალაქი, აბულ-სამსარი) ძირითადი გეოქიმიური მახასიათებლები მსგავსია და შეესაბამება სუპრა-სუბდუქციური ტიპის ვულკანიზმის (Kelemen et al., 2007) პროდუქტებს.

6. ჯავახეთის ზეგნის სეისმურობა და დამაბულობების ველები

საკვლევი რეგიონის თანამედროვე დამაბულობების ველების მიმართულებები და სეისმურობა იძლევა მნიშვნელოვან ინფორმაციას რეგიონის გეოდინამიკური პოსტკოლიზიური ევოლუციის შესახებ, რაც პირდაპირ უკავშირდება ახალგაზრდა ნაპრალური ვულკანიზმის, ვულკანური ცენტრების ხაზოვანი განლაგების (მაგ. აბულ-სამსარის ქედების ჩამქრალი ვულკანების მწკრივები) პრობლემებს.

6.1. სეისმურობა

ჯავახეთისთვის დამახასიათებელია სეისმური აქტივობის სტაბილურად მაღალი დონე, განსხვავებით კავკასიის სხვა რეგიონებისგან, რომელთაც მაღალი და დაბალი სეისმური აქტივობის მონაცვლეობა ახასიათებთ.

ჯავახეთის ზეგნის მიწისძვრების ეპიცენტრების სივრცული განაწილება გვიჩვენებს, რომ რეგიონი მთლიანად დაფარულია მიწისძვრის ეპიცენტრებით (სურ.6.1), რის გამოც რთულია მათი მიკუთვნება, რომელიმე კონკრეტულ გეოლოგიურ სტრუქტურასთან. აღნიშნული ფაქტი შეიძლება უკავშირდებოდეს მიწისძვრების ეპიცენტრების განსაზღვრის უზუსტობას, ვინაიდან სუსტი მიწისძვრების ($M < 4$) ეპიცენტრების განსაზღვრის ცდომილება ყოველთვის მაღალია და $\sim 5-10$ კმ-ის ტოლია.

7. საქართველოს და მიმდებარე არეების თანამედროვე გეოდინამიკა

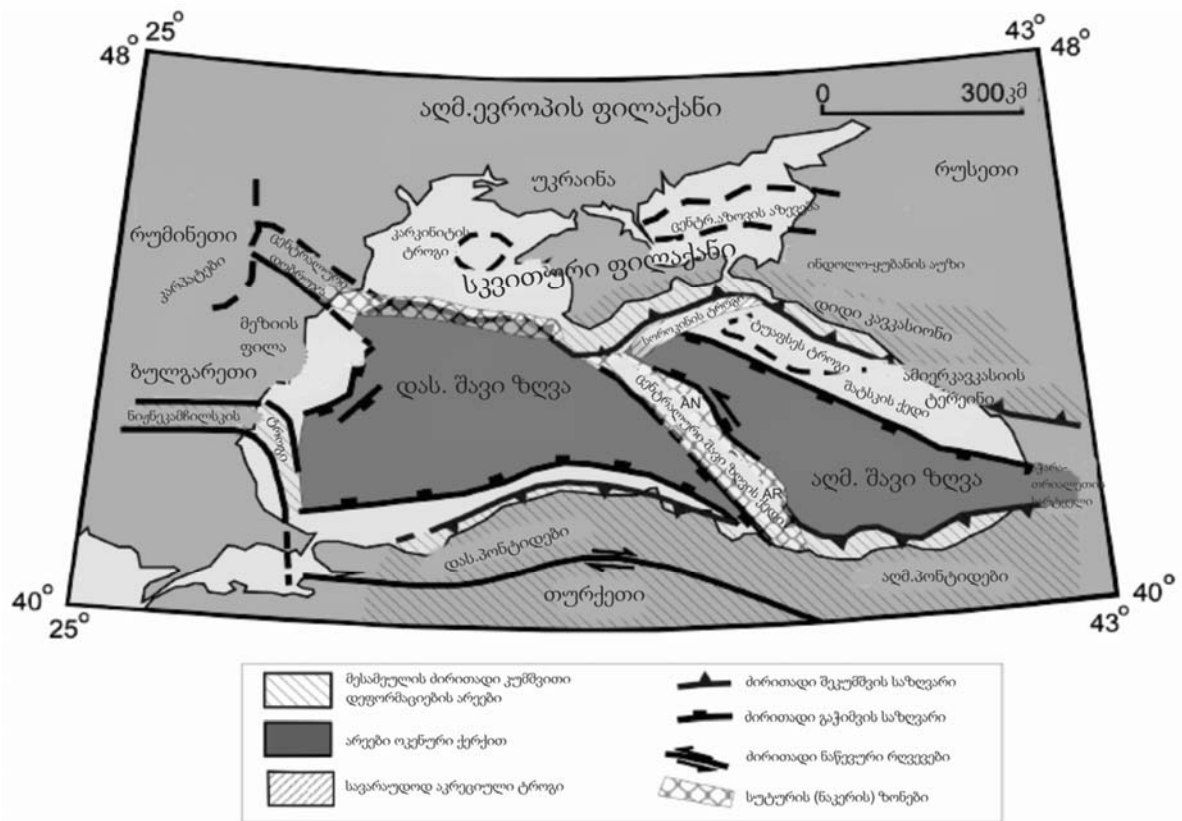
7.1 საქართველოს და მიმდებარე არეების სიღრმული სტრუქტურა

საქართველოს და მიმდებარე არეების თანამედროვე გეოდინამიკა ლითოსფეროს სტრუქტურის შესახებ ცოდნაზეა დამყარებული, რომელიც თავის მხრივ იშვილება ზედაპირული გეოლოგიის და ღრმა ბურღვის მონაცემების შეთანადებით რეგიონის გრავიტაციული, სეისმური, მაგნიტური და სხვა ველების მონაცემებთან. რეგიონისთვის ჩატარებულია ღრმა სეისმური ზონდირება (Deep Seismic Sounding - DSS), რომლის მონაცემების საფუძველზეც დადასტურებულია, რომ რეგიონის ქერქი კონტინენტურია (დანართი 5), მხოლოდ აღმოსავლეთ შავი ზღვის და სამხრეთ კასპიის ზღვის ცენტრალური ნაწილებია აგებული ოკეანური/სუბოკეანური ქერქით.

კონტინენტური ქერქის სიმძლავრე 20-55 კმ-ის ფარგლებში მერყეობს, აქედან დანალექი ფენის სიმძლავრე 0-25 კმ-ია.

ჩანს პირდაპირი დამოკიდებულება რეგიონის ქერქის სიმძლავრესა და რელიეფს შორის: რაც უფრო მაღალია რელიეფი მით მეტად მძლავრია ქერქი. ქერქის გასქელება აღინიშნება მთელ სიგანეზე კავკასიონის (55-60 კმ) და მცირე კავკასიონის (40-45 კმ) არეების ქვეშ, ასევე მძლავრია ქერქი მთელ სიგანეზე ცენტრალური ამიერკავკასიის მთათაშუა დაბლობზე (40-45 კმ-ი).

აღმოსავლეთ შავი ზღვის აუზი აგებულია 5კმ-ი სუბოკეანური და მასზე განლაგებული 12-13 კმ სიმძლავრის დანალექი საფარით (Minshull et al., 2005). აუზი აშკარად გრძელდება რიონის ფორლანდის და აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-რღვევითი ზონის მიმართულებით (Адамия и др., 1974a, Адамия и др., 1974b), რასაც აგრეთვე ადასტურებს უკრაინელი გეოფიზიკოსების კვლევები (Yegorova et al., 2010) (სურ.7.1).



სურათი 7.1. შავი ზღვის ტექტონიკური აგებულების რუკა (Yegorova et al., 2010)

სამხრეთ კასპიის ზღვის და მტკვრის ფორლანდური აუზის კონსოლიდირებული ქერქის სისქე 8 კმ-ია, ხოლო დანალექი ფენის სისქე 20-25 კმ (Brunet et al., 2003; Kadirov et al., 2012; Mamedov and Mamedova 2012).

აღმოსავლეთ თურქეთის სეისმური ექპერიმენტის პროექტის (Eastern Turkey Seismic Experiment - ETSE) საფუძველზე შემოთავაზებულია ახალი შეხედულება აღმოსავლეთ ანატოლიის პლატოს და მიმდებარე არეების ლითოსფეროს აგებულებაზე (Rodgers et al., 1997; Al-Lazki et al., 2003), რომლის მიხედვით აღნიშნული რეგიონის ქვეშ ქერქის სიმძლავრე 45 კმ-ია, ხოლო მანტიური ლითოსფერო ძალიან თხელია ან საერთოდ არ არის და ქერქი განლაგებულია ასთენოსფეროზე (Keskin, 2003; Zor et al., 2003). კონტინენტური კოლიზიის მექანიზმის გავლენა ლითოსფეროს სისქეზე გაურკვეველია და ცხარე დისკუსიის საგანია (მაგ. Pearce et al., 1990; Rodgers et al., 1997; Keskin 2003; Hafkensheid et al., 2006; Koulakov and Sobolev, 2006; Adamia et al., 2008; Kheirhah et al., 2009; Hinsbergen et al., 2006;)

სეისმური მოცულობითი და ზედაპირული ტალღების გამოყენებით შექმნილია კავკასიის რეგიონის სიღრმული აგებულების და სეისმური ტომოგრაფიული მოდელი, გლობალურ და რეგიონულ მასშტაბში (მაგალითად Белоусов и Волвовский, 1989; Баранова и др., 1991; Адамия и др, 1991; Мамедов, 1992; Amanatashvili et al., 2012; Kulakov et al., 2012), რომელთა მიხედვით მაღალი სეისმური სიჩქარის გავრცელების არეები ემთხვევა პლატფორმებს, ხოლო დაბალი სიჩქარის არეები ნაოჭა-რღვევით ზონებს.

7.2 საქართველოს და მიმდებარე არეების ლითოსფეროს სეისმური ტომოგრაფიული მოდელი

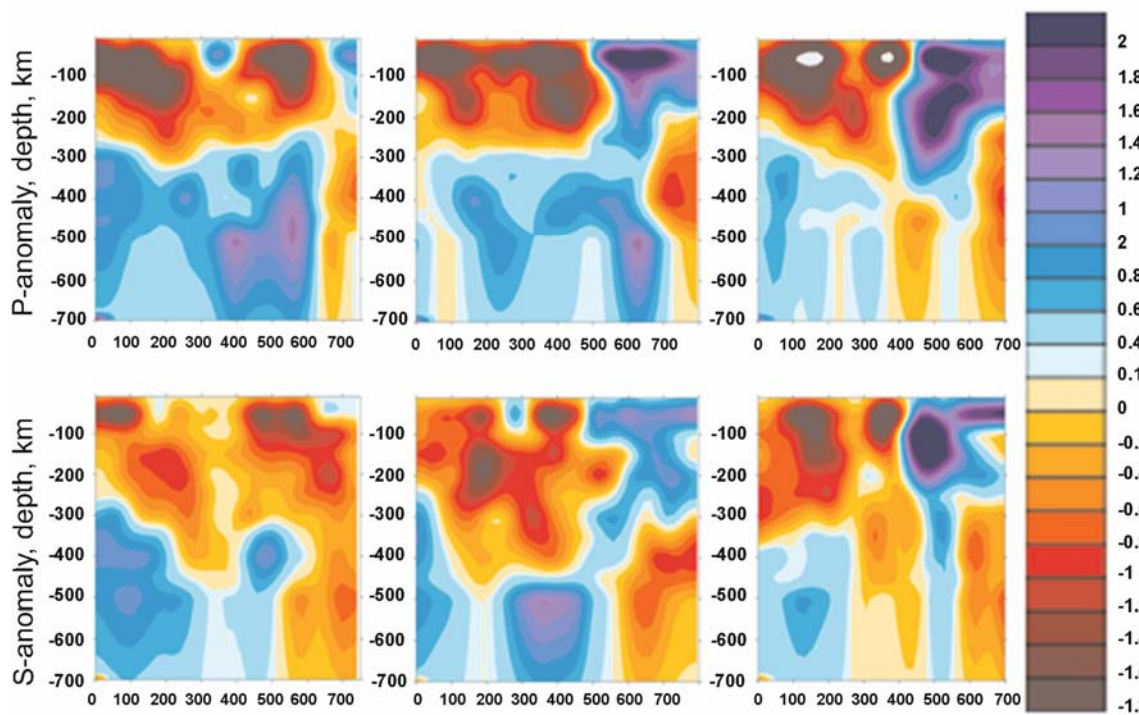
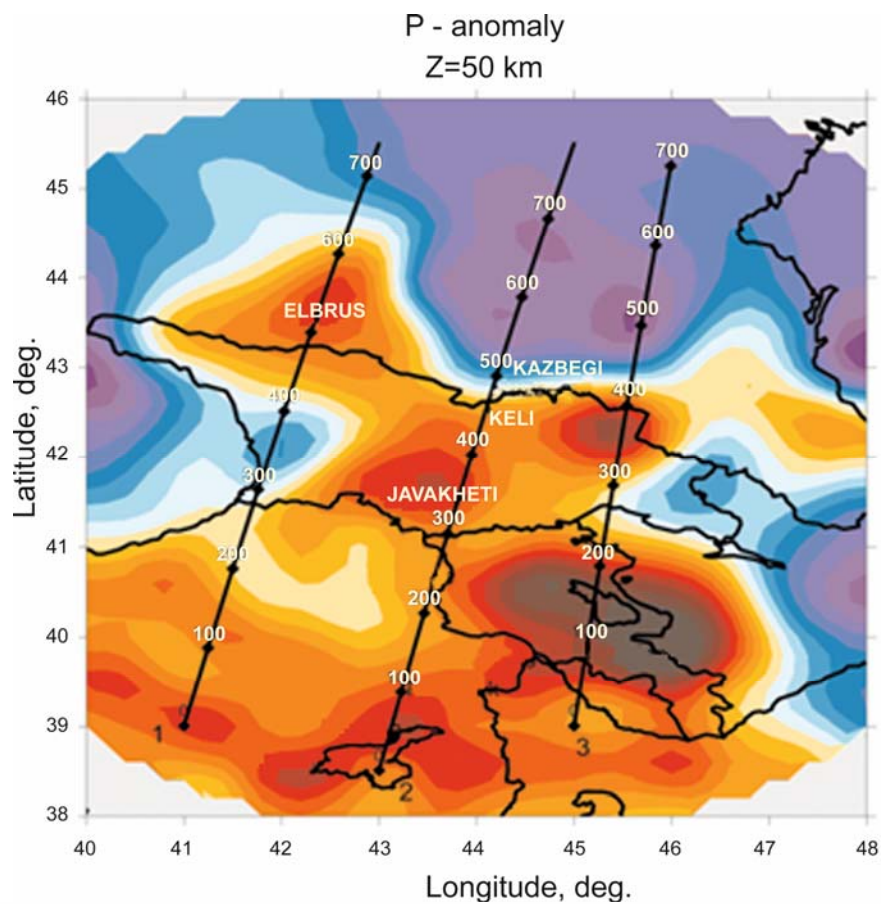
სეისმური ტომოგრაფია გეოლოგიური არაერთგვაროვნების აღმოჩენისა და დედამიწის სიღრმული აგებულების შესწავლის ერთ-ერთი ეფექტური საშუალებაა, რადგან ყველა სხვა გეოფიზიკური მეთოდის (გრავიმეტრული, მაგნიტური, ელექტრული) სიზუსტე და გარჩევის უნარი სიღრმის ზრდასთან ერთად სწრაფად მცირდება. სეისმური ტომოგრაფია არის დედამიწის სიღრმული აგებულების სამგანზომილებიანი გამოსახულების აგების მეთოდი, რომელიც ეფუძნება სეისმური ტალღების სიჩქარეების ცვალებადობის (ვარიაციების) კვლევას სეისმური სხივების გასწვრივ დედამიწის სიღრმეში. მეთოდის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ დედამიწის ზედაპირზე გაზომილი ჯამური ეფექტების საფუძველზე მივიღოთ ინფორმაცია ქერქის შიგნით მდებარე მოცულობითი ელემენტების აგებულების შესახებ. საკვლევი არე იყოფა სამგანზომილებიან ბადედ და ამ ბადის თითოეული უჯრედისათვის ხდება სეისმური ტალღების სიჩქარეების განსაზღვრა. სხვადასხვა შედგენილობის ქანებს სხვადასხვა სეისმური სიჩქარე შეესაბამება, მაგალითად დაბალი სეისმური სიჩქარით ხასიათდება მაღალი ტემპერატურისა და წყლის მაღალი შემცველობის - დაბალი სიმკვრივის მქონე ქანები, ხოლო, შესაბამისად, მაღალი სეისმური სიჩქარით ხასიათდება დაბალი ტემპერატურის, მაღალი სიმკვრივის და წყლის დაბალი შემცველობის მქონე ქანები.

კავკასიის რეგიონისთვის P და S ტალღების სიჩქარეების კომპიუტერული მოდელი შექმნილია კულაკოვის და სხვათა მიერ (Koulakov et al., 2012), რომელიც

შესრულებულია საერთაშორისო სეისმური ცენტრის (ISC) სეისმური კატალოგის (ISC, 2010) გამოყენებით (1964-2007 წლების მიწისძვრები).

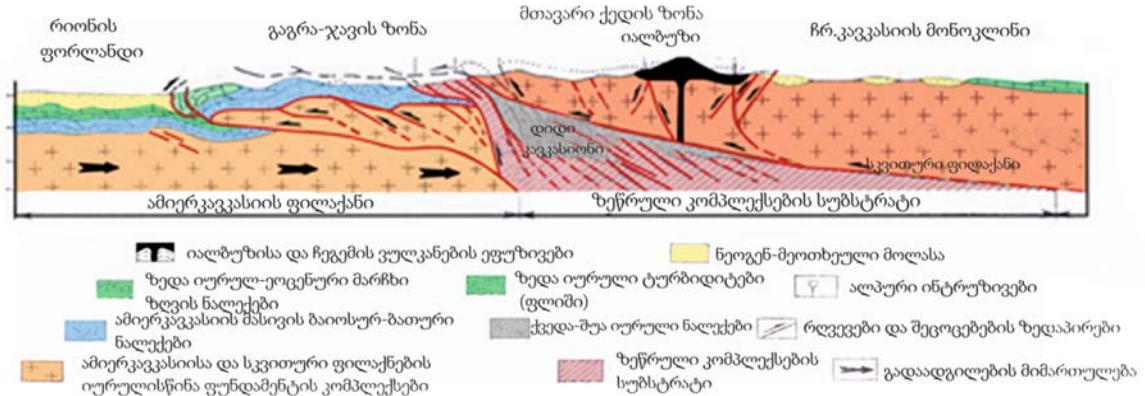
მიწისძვრის P და S ტალღების სიჩქარეების ვარიაციების საფუძველზე 5, 15, 25 და 60 კმ სიღრმისთვის ჩანს კორელაცია ანომალურად დაბალი P და S ტალღების სიჩქარეებისა კავკასიონის და მცირე კავკასიონის ნაოჭა-რღვევით ზონებთან და შესაბამისად მაღალი P და S ტალღების სიჩქარეების კორელაცია იმერკავკასიის მთისწინა და ამიერკავკასიის ფორლანდურ აუზებთან (Amanatashvili et al., 2012; Koulakov et al., 2012). ტალღების დაბალსიჩქარული ანომალია აგრეთვე დაკავშირებულია ნეოგენ-მეოტხეულ ვულკანურ არეებთან: ილაბუზი, ჩეგემი, მყინვარწვერი (ყაზბეგი) და ყელი კავკასიონზე და მცირე კავკასიის ვულკანური პლატოები. რეგიონის სეისმური ტომოგრაფიის სურათიდან ნათლად ჩანს P და S ტალღების გავრცელების დაბალი სიჩქარეების გავრცელების არეალი კავკასიონის და მცირე კავკასიონის ნეოგენ-მეოტხეული ვულკანური არეების ქვეშ (საქართველო-ჯავახეთი; სომხეთის და აზერბაიჯანის ვულკანური ზეგნები)

P და S ტალღების სიჩქარეების კომპიუტერული მოდელი აგრეთვე შექმნილია 50 კმ-ზე მეტი სიღრმისთვის (Amatashvili et al., 2012; Koulakov et al., 2012). ნათლად ჩანს ნეოგენ-მეოტხეული ვულკანური მხარეების სიღრმეში P და S ტალღების ანომალური დაბალი სიჩქარეების არეების განლაგება 300 კმ-მდე სიღრმეში (სურ 7.2), რაც მიუთითებს რეგიონის მაგმური კამერების განლაგებაზე ზედა მანტია - ასტენოსფერო - ქერქის ფარგლებში.



სურათი 7.2. კავკასიის ლითონფეროს აგებულების სეისმური ტომოგრაფიული კომპიუტერული მოდელი 100 - 700 კმ სიღრმეზე (Koulakov et al., 2012).

სეისმური ტომოგრაფიის მონაცემები, გეოლოგიურ მონაცემებთან ერთად, საშუალებას იძლევა გადაიჭრას რეგიონის ზოგი ფუნდამენტური გეოლოგიური საკითხი. კერძოდ, კავკასიონის ტექტონიკური აგებულება, რომლის ორი მოდელი არსებობს: პირველი მოდელი ეკუთვნის მკვლევარებს (Dotduev 1986, 1989; Baranov et al. 1990), რომელთაც კავკასიონი სტრუქტურულად წარმოუდგენიათ, როგორც ალპიური ციკლის ბოლოს ფუნდამენტიდან მოწყვეტილი და 200 ± 50 კმ-ზე სამხრეთით გადაადგილებული შარიაჟული სტრუქტურა (სურ. 7.3). აღნიშნული შეხედულებით მეოთხეული ვულკანები (ყაზბეგი, იალბუზი) ვულკანური კერებიდან უნდა იყოს მოწყვეტილი, ხოლო მათი მაგმური კერები ჩრდილოეთით კავკასიონის მთისწინა დაბლობზე უნდა მდებარეობდეს.



სურათი 7.3. კავკასიონის გეოლოგიურ-სტრუქტურული ჭრილი (Dotduev, 1986).

მეორე მოდელის მიხედვით (Fournier 1896; Adamia 1985, 1989 a,b; Somin et al. 2007; Adamia, 2014) კავკასიონი ქერცლებრივი, „სქელზეწვრილი“ ნაოჭა-შეცოცებითი მთიანი სარტყელია, არ არის მოწყვეტილი ფუნდამენტისაგან, მდებარეობს “in situ” და ხასიათდება სრული დანაოჭებით, სუბვერტიკალური ან სამხრეთვერგენტული სუბიზოკლინური ნაოჭებით, ციცაბო შეცოცებებით, ღერძული სიბრტყის კლივაჟით. მცირე ზომის ტექტონიკური ზეწრები მხოლოდ საქართველოს ბელტთან, მის საზღვართანაა ცნობილი.

სეისმური ტომოგრაფიის მოყვანილი კომპიუტერული მოდელი ერთმნიშვნელოვნად ადასტურებს კავკასიის მთავარი სტრუქტურული ერთეულების სივრცობრივ ერთიანობას ფუნდამენტთან. ამასვე ადასტურებს კავკასიის M

უთანხმოების იზოხაზების რუკა (იხ. დანართი 5) და სეისმური ტომოგრაფიის სურათზე გამოხატული გვიანკაინოზოური ვულკანური ნაგებობების კავშირი მაგმურ კერებთან. აღნიშნული არგუმენტები უარყოფენ მოსაზრებას კავკასიონის შარიაჟული აგებულების, მისი ფუნდამენტიდან მოწყვეტის და რამდენიმე ასეული კილომეტრით სამხრეთისკენ ჰორიზონტული გადაადგილების შესახებ.

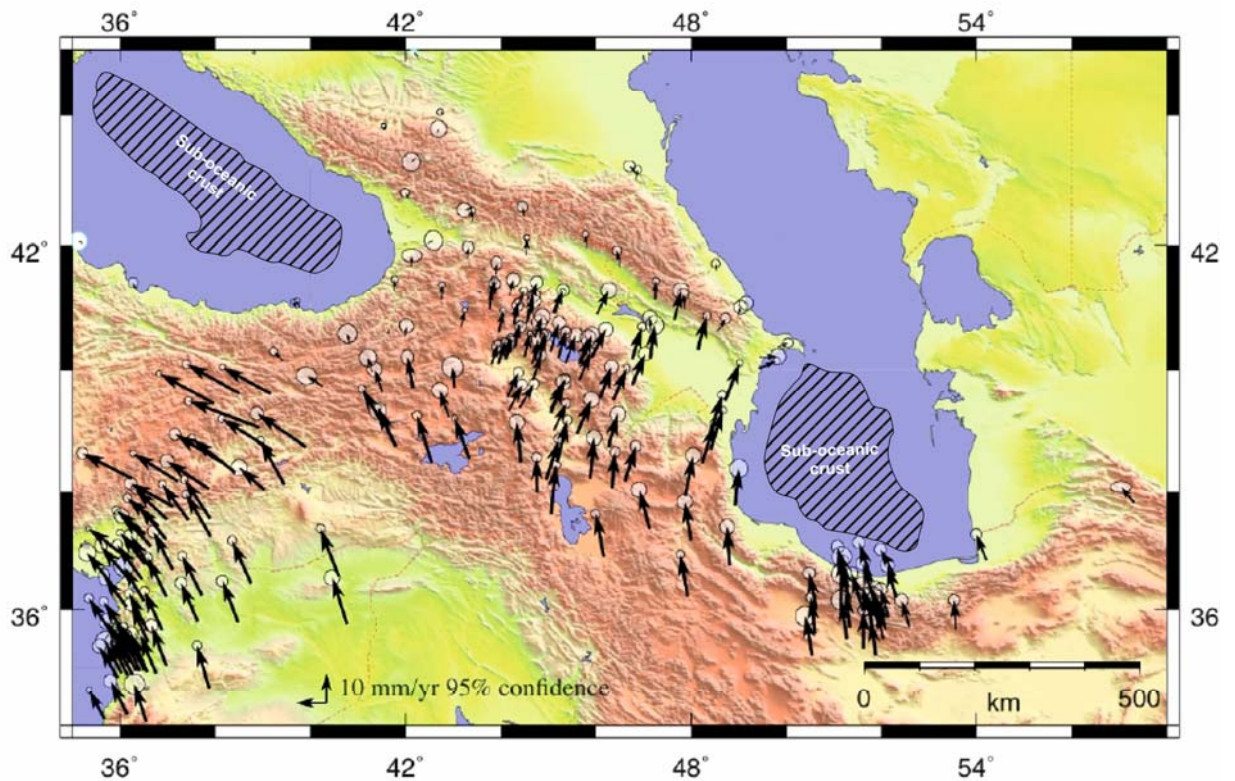
7.3. საქართველოს და მიმდებარე არეების მიწისძვრის წყაროების - რღვევების გეომეტრია, კინემატიკა და აქტიური ტექტონიკა.

საქართველოს და მიმდებარე არეების აქტიური ტექტონიკა, სეისმურობა, ნეოგენურ-მეოტხეული მაგმური აქტივობა და გეოდინამიკა ევრაზიის და აფრიკა-არაბეთის ლითოსფერული ფილების კონვერგენციის და კონტინენტური კოლიზიის შედეგია (მაგ. Dewey et al., 1973; Khain, 1975; Adamia, 1975; Adamia et al., 1977, 1981; Monin and Zonenshain, 1987; Pearce et al., 1990; McClusky et al., 2000; Reilinger et al., 2006). აფრიკა-არაბეთის ფილის ჩრდილო მიმართულებით კონვერგენციის გაგრძელებამ პოსტოლიგოცენურ დროში რეგიონში ჩამოაყალიბა თანამედროვე ტოპოგრაფია: კავკასიონის და მცირე კავკასიონის მაღალმთიანი შიდაკონტინენტური მთიანი-ნაოჭა სისტემები, მთათაშუა დაბლობები და ვულკანური ზეგნები, რომელთა ფორმირებაც სინ-პოსტკოლიზიური, სუბჰორიზონტული, ასეული კილომეტრებით დამოკლების შედეგია (Barrier and Vrielynck, 2008; Meijers et al., 2012). რეგიონის მნიშვნელოვან დამოკლებაში მონაწილეობს შემდეგი ტექტონიკური პროცესები: 1. ქერქის ინტენსიური დეფორმაცია და ფართე გავრცელების კუმშვითი სტრუქტურების შექმნა: ნაოჭები, შეცოცებები, შესხლეტვები, ტექტონიკური ზეწრები (napps); 2. ქერქის ბლოკების დეფორმაცია და გადაადგილება ამოზიდვით და ქვეშეცოცებით; 3. ლატერალური გასხლტომა (lateral escaping).

რეგიონის სტრუქტურულ-მორფოლოგიური აგებულება მორგებულია არაბეთის ფილის ჩრდილო ქიშხე (Axen et al., 2001; Allen et al., 2003; Reilinger et al., 2006), თუმცა ჩრდილოეთით, მოშორებით, ნაოჭა-რღვევითი სისტემების გეომეტრია განსხვავებულია. კერძოდ, აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-რღვევითი მთიანი სისტემა ხასიათდება განედური მიმართულებით, ხოლო კავკასიონი დჩდ - ასა (300° - 120°) მიმართულებით, მაშინ როცა მცირე კავკასიონის ნეოგენ-მეოტხეული ვულკანები სუბმერიდიონალური (ჩა)

მიმართულებისა და შეესაბამება რეგიონის ზოგად სუბჰორიზონტულ (ჩ-ს) შეკუმშვას და საკომპენსაციო დ-ა გაჭიმვას. კავკასიის რეგიონის კუმშვის მაქსიმალური სიდიდე მოდის ამიერკავკასიის ცენტრულ ნაწილზე და ქმნის შავი და სამხრეთ კასპიის აუზების წყალგამყოფს. დასავლეთით მაქსიმალური შეკუმშვის არე ჩანაცვლებულია გაჭიმვითი სტრუქტურით, რომელიც გამოხატულია ცენტრული ანატოლიის გასხლეტვით, რის გამოც შავი ზღვის აუზი არ განიცდის მერიდიანულ შეკუმშვას (Koçyiğit, 2000; Adamia et al., 2008; Varazanashvili et al., 2011; Adamia et al., 2014a).

კავკასია წარმოადგენს არა მარტო ჩრდილო-სამხრეთული შეკუმშვის, არამედ აღმოსავლეთ-დასავლური შეკუმშვის არესაც, რომელშიც ჩართულია შავი და სამხრეთ კასპიის ზღვის ოკეანური-სუბოკეანური მკვრივი ქერქი, რომლებიც ქმნიან ბარიერს (სურ.7.4) ლითოსფეროს მასების ამ მიმართულებით გადინებისას და მონაწილეობენ რეგიონის მორფოლოგიური და ტექტონიკური სტრუქტურების ჩამოყალიბებაში (Adamia et al., 2014a). გვიან შუამიოცენური დროიდან ტექტონიკური რეჟიმი განპირობებულია ანატოლიის დასავლეთ მიმართულებით გადაადგილებით (მაგ. McKenzie, 1972; Jackson and Ambraseys, 1997), რაც ხელს უშლის არაბეთი-ევრაზიის ურთიერთკონვერგენციისას დამაბულობის ჩრდილო მიმართულებით გადაცემას (Albino et al. 2013).



სურათი 7.4. GPS სიჩქარეების განლაგების რუკა აღმოსავლეთ შავი ზღვა - კავკასია - კასპიის ზღვის რეგიონისთვის (Vernant et al., 2013, Adamia et al., 2014a).

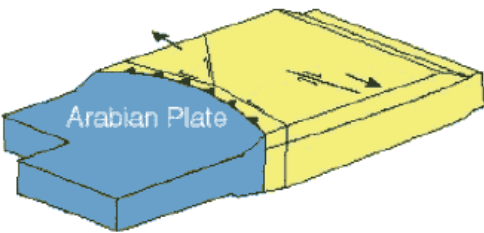
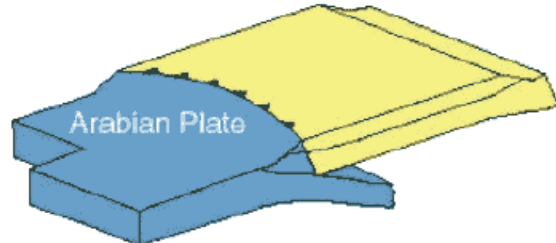
აღნიშნული გეოდინამიკის საფუძველზე რეგიონში აქტიური რღვევების სამი ძირითადი მიმართულებაა გაბატონებული - დჩდ-ასა და დ-ა („კავკასიონური“) - რომელიც ძირითადად კუმშვითი სტრუქტურებით არის გამოხატული ნაწევური კომპონენტებით; ჩა-სდ და ჩდ - სა (დანართი 6), ასევე კუმშვითი სტრუქტურებით წარმოდგენილი, მხოლოდ მნიშვნელოვანი ნაწევური კომპონენტებით. სუბმერიდიანული გაჭიმვითი ბუნების აქტიური რღვევები ასოციაციამია ამიერკავკასიის ინტენსიურ ნეოგენ-მეოტხეულ ვულკანიზმთან. ჩა - სდ მარცხენა ნაწევური აქტიური სტრუქტურები გავრცელებულია დასავლეთ ამიერკავკასიაში, ხოლო მარჯვენა ნაწევური სტრუქტურები დაკავშირებულია სამხრეთ-აღმოსავლეთ ამიერკავკასიასთან. ჯავახეთის ვულკანური ქედის სუბმერიდიანული ხაზის დასავლეთით მიწის ქერქის ბლოკები განიცდიან დასავლეთი მიმართულებით გასხტომას (Koçyiğit et al., 2001; Adamia et al., 2008), მაშინ, როცა ამ ხაზის აღმოსავლეთით მდებარე ქერქის მასები გაედინებიან ასა მიმართულებით (Vernant et al., 2013).

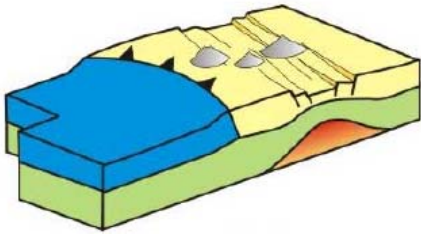
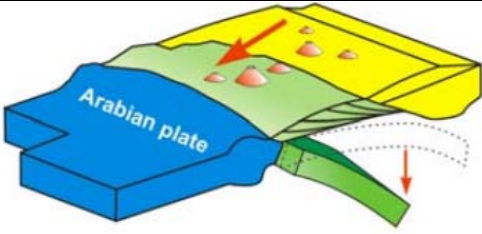
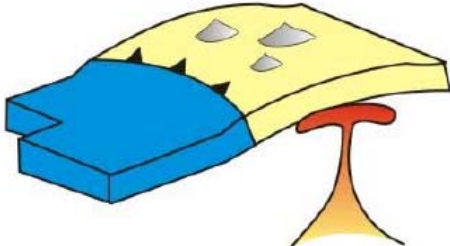
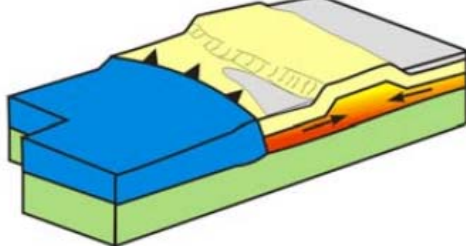
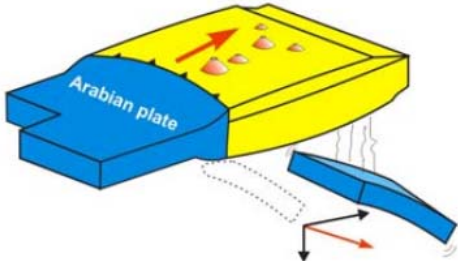
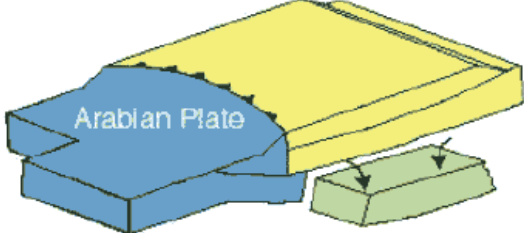
8. კონტინენტური კოლიზიის ზონის გეოდინამიკა სამხრეთ საქართველოს (ჯავახეთი და მიმდებარე არეები) კაინოზოური ვულკანიზმის მაგალითზე

საქართველოს მიმდებარე არეებისთვის (თურქეთი, სომხეთი, აზერბაიჯანი, ირანი) მკვლევარების მიერ კონტინენტი-კონტინენტი კოლიზიური ზონის პოსტკოლიზიური ეტაპის მაგმური აქტივობის ასახსნელად მრავალი გეოდინამიკური მოდელია შემოთავაზებული. აღნიშნული მოდელები ემყარება სუბდუქცირებული ოკეანური ლითოსფეროს ფილების ბოლო ფრაგმენტების - “სლების” გავლენას კოლიზიურ ვულკანიზმზე და მისთვის კირ-ტუტე, სუპრა-სუბდუქციური ვულკანიზმისთვის დამახასიათებელი ნიშანთვისებების მინიჭებას.

გეოდინამიკური მოდელის არჩევისას, სხვა გეოლოგიურ და გეოფიზიკურ მონაცემებთან ერთად, გადაწყვეტი როლი ენიჭება ვულკანიტების გეოქიმიურ მახასიათებლებს, თანამედროვე მიწისძვრების ფოკალურ მექანიზმებს და რეგიონის სეისმური ტომოგრაფიის კომპიუტერულ მოდელირებას.

სურათებზე (სურ.8.1: 1-8) მოცემულია სხვადასხვა ავტორის მიერ შემოთავაზებული კონტინენტი-კონტინენტი კოლიზიური ზონის პოსტკოლიზიური ეტაპის მაგმური აქტივობის გეოდინამიკური მოდელების ანალიზი, აგრეთვე მცდელობა ამ მოდელების სამხრეთ საქართველოს პოსტკოლიზიური ვულკანიზმის თავისებურებათა ასახსნელად.

	
1. ტექტონიკური გასხლტომა (tectonic escape) (McKenzie, 1972). მოდელი ვერ ხსნის მაგმის რეზერვუარის გენერირებას და ჯავახეთის ვულკანიტების პეტროქიმიურ და გეოქიმიურ მსგავსებას სუპრა-სუბდუქციურ ვულკანიზმთან.	2. სუბდუქციის განახლება (Renewed subduction) (Rotstein&Kafka, 1982). მოდელი უთანხმოებაშია რეგიონის გეოლოგიური ისტორიის, მიწისძვრის ფოკალური მექანიზმებისა და სეისმური ტომოგრაფიის მონაცემებთან.

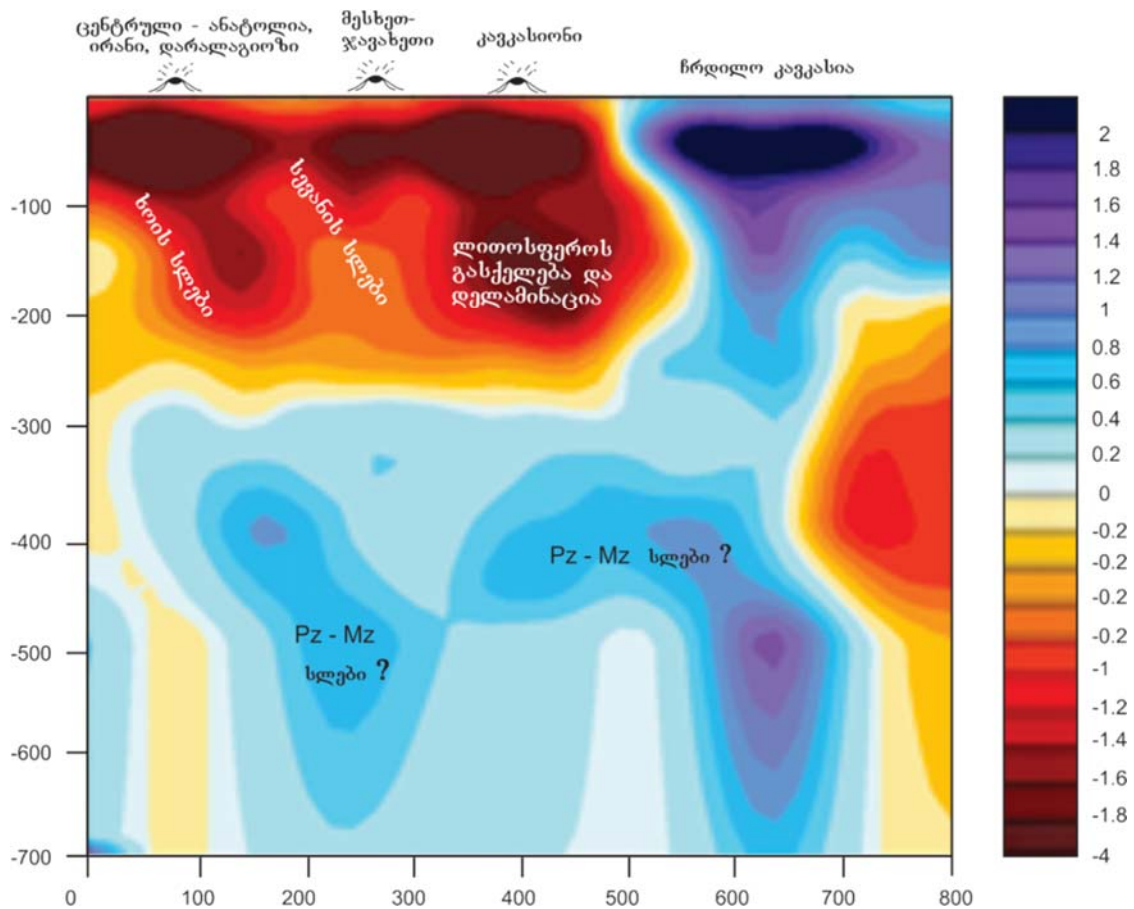
	
3.ა-დ მიმართულების რიფტინგი [McKenzie & Bickle, 1988]. მოდელის საწინააღმდეგოდ ლა-პარაკობს ფაქტი, რომ შესწავლილი რეგიონი ს-ჩ მიმართულებით იკუმშება, ვულკანთა მწკრივები სუბმერიდიანულია, ხოლო მიწისძვრის ფოკალური მექანიზმები ძირითადად ნაწევური ტიპისაა იშვიათად შეცოცების კომპონენტებით.	4.სლების გადაღუნვის და მოწყვეტის მოდელი (Slab-steepening and breakoff) (Sengor et al., 2003). აღნიშნული მოდელით ახსნილია აღმოსავლეთი ანატოლიის მიოცენური ვულკანიზმი, რომლისთვისაც დამახასიათებელია სამხრეთი მიმართულებით გაახალგაზრდავების ტენდენცია (Keskin, 2003). მოდელი არ გამოდგება ჯავახეთის რეგიონისთვის, სადაც სამხრეთის მიმართულებით არ ხდება ვულკანიტების გაახალგაზრდაება.
	
5.ცხელი ლაქა (hot spot) დაკავშირებული მანტიურ პლუმებთან (Pearce et al., 1990). რეგიონში გავრცელებული ძირითადად კირტუტე, სუპრა-სუბდუქციური ვულკანიტების გეოქიმიური მახასიათებლები არ მიუთითებენ აღნიშნული მოდელის სასარგებლოდ.	6. ქვედა ქერქის გადინება დენუდაციის და ნალექდაგროვების შედეგად იზოსტაზიური წონასწორობის დარღვევის გამო (Mitchell & Westaway, 1999). მოდელი გამოუსადეგარია, ვინაიდან ეწინააღმდეგება რეგიონის ტოპოგრაფიის ჩამოყალიბების დინამიკას.
	
8. სუბდუქცირებული სლების მოწყვეტა (Detachment) და ჩრდილო მიმართულებით მოძრაობა (Innocenti et al., 1982), რომელიც ერთერთი პირველი მოდელია, სადაც კოლიზიური კირტუტე ვულკანიზმი სლების ფაქტორით აიხსნა. აღნიშნული მოდელი შემოთავაზებულია ჩრდილო მიმართულებით ვულკანიტების გაახალგაზრდავების ტენდენციისა და კარგად ხსნის სამხრეთ საქართველოს პოსტკოლიზიურ, სუპრა-სუბდუქციურ ვულკანიზმს.	8. მანტიური ლითოსფეროს დელამინაცია (შემოთავაზებული პირსის და სხვათა მიერ (Pearce et al., 1990) დაზუსტებული კესკინის და სხვ. მიერ (Keskin et al., 1998) კარგად ხსნის მიწის ქერქის იზოსტაზიური წონასწორობის სქემების საფუძველზე დელამინაციის შემდგომ რეგიონის ტოპოგრაფიულ ამოზიდვას. აღნიშნული მოდელით ახსნილია აღმოსავლეთ ანატოლიის ახალგაზრდა ვულკანიზმი.

სეისმური ტომოგრაფიის მონაცემები გვიჩვენებს, რომ კავკასიის და მიმდებარე არეების ქვეშ ლითოსფერო ხასიათდება თხელი მანტიური შემადგენლით (პერიდოსფერო) და ანომალურად ცხელია (Kulakov, 2012).

მაგმის ინტენსიური გენერაცია დაკავშირებული უნდა იყოს ადრე-კაინოზოური **სუბდუცირებული სლების მოწყვეტასა** (Detachment) და ჩრდილო მიმართულებით გადაადგილებასთან. ამ მოვლენამ რეგიონის დამოკლებასთან (შევწროებასთან) ერთად გამოიწვია მყიფე ქერქის დასკდომა და მაგმური რეზერვუარის წარმოქმნა, რომლის შედეგია სამხრეთ საქართველოს პოსტკოლიზიური (ჯავახეთი და მიმდებარე არეები) მძლავრი ვულკანიზმი.

საყურადღებოა არა მხოლოდ ადრეკაინოზოური არამედ პალეოზოურ-მეზოზოური „განამარხებული სლების“ გავლენაც (Wilson, 2007) გვიანკაინოზოურ ვულკანიზმზე, რომელთა არსებობა მცირე კავკასიის ოფიოლიტური ნაკერის გასწვრივ ოკეანე ტეთისის ხანგძლივი სუბდუქციის (დანართი 7) შედეგი უნდა იყოს (მაგ. Adamia, 1975; Adamia et al., 1981 et al., 2008; 2011; Khain 1975; Zakariadze et al., 2007) და რომლის მოქმედებამაც ასახვა ჰპოვა საქართველოს ტერიტორიაზე გვიანპალეოზოურ-მეზოზოურ-ადრეკაინოზოურ სუპრასუბდუქციურ მაგმატიზმში (იხილეთ თავი 3.3-საქართველოს კოლიზიამდელი ვულკანიზმი).

შესწავლილი რეგიონისთვის, საკვალიფიკაციო ნაშრომში წარმოდგენილ მასალაზე დაყრდნობით, სეიმური ტომოგრაფიის ჭრილზე პოსტკოლიზიური, მიოცენურ-მეოთხეული ვულკანიზმის ასახსნელად შეიქმნა გეოდინამიკური მოდელი (სურ.8.2), სადაც კარგად ჩანს ორი სუბდუქციური სლები: ხოი და სევანი და განამარხებული, სავარაუდოდ პალეოზოურ-მეზოზოური სლებები. ხოის ოფიოლიტური ნაკერის არსებობა (დანართი 8) დაფუძნებულია რეგიონულ გეოლოგიურ კვლევებზე (Adamia et al., 2014b) და სწორედ მისი მოქმედების შედეგი უნდა იყოს აღმოსავლეთი თურქეთის და მცირე კავკასიონის სინ-პოსტკოლიზიური მძლავრი ვულკანიზმი.



სურათი 8.2. სამხრეთ საქართველოს (ჯავახეთი და მიმდებარე არეები) პოსტკოლიზიური ვულკანიზმის გეოდინამიკური მოდელი

მნიშვნელოვანია სამხრეთ საქართველოს ვულკანური რეგიონის ფარგლებში კოლიზიისშემდგომი ვულკანიზმის გეოდინამიკური პირობების რეკონსტრუქციის საფუძველზე რეგიონში ვულკანური მოქმედების განახლების შეფასება. ჩვენი მოსაზრებებით ვულკანური მოქმედების წინაპირობები არ არსებობს, როგორც ცნობილია, ვულკანიზმი კარგად არის ახსნილი ფილების ტექტონიკის თეორიით და თითოეული ვულკანური მოქმედების გეოდინამიკურ პირობებს გააჩნია მისთვის დამახასიათებელი ნიშან-თვისებები და თავისებურებები. რეგიონისთვის ხანგრძლივი ოკეანე ტეთისის სუბდუქცია დამთავრდა კონტინენტი-კონტინენტის კოლიზიით. კოლიზიისშემდგომი ვულკანიზმი არაბეთის ფილის ჩრდილო მიმართულებით კონვერგენციის შედეგია, რის საფუძველზეც წყლით გაჯერებული სლაბის გავლენით განახლდა სუპრასუბდუქციური ტიპის ვულკანიზმი. დამაჯერებლობა აკლია გორიჯვრის (კავკასიონი) პარაზიტული ვულკანის ჰოლოცენურ ასაკს. არ ჩანს არავითარი გეოლოგიური (რღვევების

გეომეტრია) და სეისმოლოგიური ნიშნები (მიწისძვრის წყაროები, სეისმოფოკალური ზონა), რომლებიც შეიძლება მიუთითებდეს ვულკანიზმის განახლების გეოდინამიკაზე.

ძირითადი დასკვნები

დაზუსტებულია სამხრეთ საქართველოს (ჯავახეთი და მიმდებარე არეები) ვულკანური ფორმაციების (გოდერძი, ახალქალაქი, აბულ-სამსარი) სტრატეგრაფიული თანმიმდევრობა - შედგენილობის, გეოლოგიური ასაკის და წყებათა ურთიერთობის და სტრუქტურის გეოლოგიურ-გეომორფოლოგიური, იზოტოპური, პალეომაგნიტური და ბიოსტრატეგრაფიული მონაცემების საფუძველზე;

კავკასიის ლითოსფეროს სეისმური ტომოგრაფიული მოდელის საფუძველზე უარყოფილია რიგი მკვლევარების კონცეფცია კავკასიონის შარიაჟული აგებულების შესახებ;

შექმნილია სამხრეთ საქართველოს ნეოგენ-მეოთხეული ვულკანური ფორმაციების ციფრული, თემატური გეოლოგიური რუკების (სხვადასხვა მასშტაბის) პროექტები ArcGIS 10.0 პროგრამის გამოყენებით;

თანამედროვე პეტროქიმიური და გეოქიმიური კვლევების საფუძველზე შესწავლილი რეგიონის პოსტკოლიზიური ვულკანიტები იდენტიფიცირებულია, როგორც სუპრასუბდუქციური ვულკანიზმის პროდუქტები.

შექმნილია სამხრეთ საქართველოს კონტინენტური კოლიზიის ზონის გეოდინამიკური მოდელი, რომლის საფუძველზეც ნეოგენ-მეოთხეული ვულკანიზმი ახსნილია სუბდუქცირებული ოკეანური ლითოსფეროს ბოლო ნაჭრის სლების მოწყვეტით და მანტიური ლითოსფეროს დნობით.

გეოდინამიკური რეკონსტრუქციის საფუძველზე გამოთქმულია მოსაზრება, რომ რეგიონში ვულკანური მოქმედების განახლების მომასწავებელი გეოდინამიკური პირობები ამჟამად არ არსებობს.

გამოყენებული ლიტერატურა:

- ადამია შ., ლეზანიძე ზ., სვანიძე ც. ახალი მონაცემები საქართველოს ტრიასული გეოლოგიური ისტორიის შესახებ. ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები, 2003, გამოშვება 355, გვ. 29-39.
- ადამია შ. განმარტებითი ბარათი: საქართველოს 1:500 000 მასშტაბის ტექტონიკური და გეოლოგიური რუკები, 2004.
- გამყრელიძე ე. (1959). დინებითი დისლოკაცია ქეჭუთის ქედის ჩრდილო-აღმოსავლური ფერდის ვულკანურ ლავებში. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის მოამბე, ტ. XXII, №5. გვ: 541-546.
- ვეკუა ა. ახალქალაქის ქვედაპლესტოცენური ძუძუმწოვრების ფაუნა. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის პალეობიოლოგიის ინსტიტუტი, მონოგრაფია, თბილისი, 1962, 203გვ.
- ჯანელიძე ჭ., ჯანელიძე ზ. საქართველოში ეფუზიური ვულკანიზმის უკანასკნელი გამოვლინების ასაკის შესახებ. ვახუშტი ბგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, #2(81), 2008. გვ. 168-175.
- გუგუშვილი. საქართველოს ბელტის ცარცული ვულკანიზმი. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია გეოლოგიური ინსტიტუტის შრომები, 1968, ახალი სერია, ნაკვ.17, 85გვ.
- სხირტლაძე ნ. გოდერძის წყების ლითოლოგიისათვის. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის გეოლოგიის და მინერალოგიის ინსტიტუტი. შრომათა კრებული, ,1951, გვ. 143-169.
- Beridze M. Geosynclinal Sedimentary Lithogenesis Exemplified by Early Mesozoic Formations of the Greater Caucasus. Tbilisi, «Metsniereba», 1983 [in Russian].
- Maisuradze G., & Kuloshvili S. Some questions on recent volcanism of the Javakheti highland. Proceedings of Geological Institute of Academy of Sciences of Georgia, 1999, new series, №114. p. 220-228 (in Russian).
- Аваков Г. О находке каркаса и воробейника в нижнечетвертичных озерных отложениях южной Грузии. ДАН АН СССР, 1960, т. 135, №2.
- Адамия Ш. А. и Дудаури О. З. О нижнепалеогеновом дацитовом вулканизме Юго-Восточной Грузии. Сообщения Академии Наук ГССР, 1960, т. 24, №4, стр. 415-422.
- Адамия Ш. Доальпийское основание Кавказа: состав, строение, становление. Труды ГИН АН Грузии, новая серия, выпуск 86, Тбилиси, «Мецниереба», 1984, 104 стр.
- Адамия Ш. Доюрские образования Кавказа. Труды ГИН ГССР, новая серия, выпуск 16, 1968.
- Адамия Ш. Механизм и геодинамика формирования альпийских складчатых поясов Кавказа. В сборнике: «Проблемы движений и структурообразования в коре и верхней мантии». Москва, «Наука», 1985, стр. 98-111.
- Адамия Ш., Гамкрелидзе И., Закариадзе Г., Лордкипанидзе М. Аджаро-Триалетский прогиб и проблема образования глубоководной впадины Черного моря. Геотектоника, 1974а, №1, стр.
- Адамия Ш., Гугунишвили Г., Купарадзе Д., Лордкипанидзе М., Хуцишвили О. Доверхнеюрский серпентинитовый меланж в Южной Грузии (Садахло). Сообщения АН ГССР, 1989, 134, №2, стр. 357-360.

- Адамия Ш., Гугушвили В., Закариадзе В., Лебанидзе З., Тутберидзе Б., Шавишвили И. (2003). Геодинамические обстановки позднепалеозойского, мезозойского и кайнозойского вулканизма и сопредельных территорий. 2004. Материалы докладов: «Вулканизм и геодинамика» II Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Екатеринбург, 225-230.
- Адамия Ш., Закариадзе Г., Кекелия М., Цимакурдзе Г., Чхотуа Т., Шавишвили И. Палеоокеанические комплексы в системе Герцинид Большого Кавказа: геологическая позиция, вещественный состав, петрогенезис, геодинамическая интерпретация. Офиолиты: геология, петрология, металлогения и геодинамика. Материалы международной научной конференции «XII чтения памяти А.Н. Заварицкого» . Екатеринбург, ИГГ УрО РАН, 2006, стр. 185-188.
- Адамия Ш., Закариадзе Г., Лордкипанидзе М., Салуквадзе Н. Геологическое строение Аджарии. В сборнике: «Проблемы геологии Аджаро-Триалетии», Тбилиси, «Мецниереба», 1974, стр. 60-69.
- Адамия Ш., Мацхонашвили К., Хуцишвили О. Геология постпалеогеновых континентально-вулканогенных образований восточной части южной Грузии. Труды ГИН АН ГССР, 1961, серия минералогия-петрология, т. VI, стр. 73-106.
- Адамия Ш., Чабукиани А., Микеладзе З. Корреляция основных тектоно-седиментационных единиц Восточночерноморского бассейна и Западного Кавказа Восточных Понтид. В сборнике: «Проблемные вопросы геодинамики, петрологии и металлогении Кавказа». Материалы научной сессии, Баку, 2007, стр. 36-49.
- Асланян А., Багдасарян Г., Габуния Л., Рубинштейн М., Схиртладзе Н. Радиометрический возраст неогеновых вулканических образований Грузинской ССР и Нахчеванской АССР. Известия АН Армянской ССР, Науки о Земле, 1984, 35, №1, стр. 3-24.
- Атлас Раннемеловой фауны Грузии. Труды ГИН АН Грузии, 2005, новая серия, выпуск 120, 788стр.
- Белов А. и Рейтлингер Е. К палеотектонической характеристике «нижних туффитов» Храмского массива южной Грузии. ДАН СССР, 1966, том 170, №1, стр. 152-154.
- Беридзе М. Геосинклинальный вулканогенно-осадочный литогенез. Труды ГИН АН ГССР, 1989, новая серия, выпуск 80, 182 стр.
- Богачев В. Фауна отложений диатомита в Ахалкалакском бассейне. Известия Азербайджанского государственного университета, 1927, том 6, 1.
- Борсук А. Мезозойские и кайнозойские магматические формации Большого Кавказа. Москва, «Наука», 1979, 299стр.
- Бурчак-Абрамович Н. Древний плосколобый слон и близкие к нему формы в Закавказье. ДАН Азербайджанской ССР, 1951, №2.
- Гамбашидзе Р., Гугунишвили Г., Купарадзе Д. Новые данные о составе мезозойских отложений Юго-Восточной Грузии. Сообщения АН ГССР, 1988, 132, №2, стр. 321-324.

- Гамкрелидзе П. Д. Новые данные о геологическом строении Ахалкалакского нагорья и южного склона Тriaлетского хребта. Труды Грузинского политехнического института им. Кирова, 1954 № 32.
- Геологическое строение и металлогения юго-восточной Грузии. Труды ГИН АН ГССР, новая серия, выпуск 1, 1965, 267стр.
- Геология СССР, ред. Гамкрелидзе., т. 10, часть 1, Грузинская ССР, Москва, «Недра», 1964, 655 стр.
- Джиджеишвили П. Скорости вертикальных сейсмостектонических движений горных масс на территории Южной Грузии. В книге: «Дманисское землетрясение 2 января 1978 года», ред. Ш. Напетваридзе, Москва, «Наука», Москва, стр. 58-62.
- Дотдугев С.И. О покровном строении Большого Кавказа. Геотектоника, 1986, № 5. стр. 94–106.
- Заридзе Г., Татришвили Н. О возрасте Цалкинского лавового комплекса (Грузинская ССР, южный склон Аджаро-Тriaлетского хребта). Доклады Академии Наук СССР, 1948, том 59(1), стр. 111-113.
- Качарава и др. Геологическое строение и металлогения юго-восточной Грузии. Труды ГИН АН ГССР, 1965, новая серия, выпуск 1, стр. 1-267.
- Криштофович А. Н. К истории растительного бассейна Северной Двины и Закавказья. Ботанический журнал, 1939, №5-6.
- Купарадзе Д. Верхнеюрские образования Юго-Восточной Грузии. Geologicky zbornic – Geologica Carpathica, 1987, 38, 1, стр. 101-110.
- Лебанидзе З. Грузия в раннем мезозое: растительный покров, биостратиграфия и палеотектонические реконструкции. Автореферат, 2003, Тбилиси, 21стр.
- Лебедев А., Бубнов С., Дудаури О., Вашакидзе Г. Геохронология плиоценового вулканизма Джавахетского нагорья (Малый Кавказ). Статья 1. Западная часть Джавахетского нагорья. «Стратиграфия. Геологическая корреляция», РАН, 2008, т.16, №2. стр. 104-126.
- Лебедев А., Бубнов С., Дудаури О., Вашакидзе Г. Геохронология плиоценового вулканизма Джавахетского нагорья (Малый Кавказ). Статья 2. Восточная часть Джавахетского нагорья. «Стратиграфия. Геологическая корреляция», РАН, 2008, т.16, №5, стр. 101-123
- Лебедев В., Чернышев И., Дудаури О., Аракелянц М., Чугаев А., Гольцман Ю., Вашакидзе Г. Геохронология неоген-четвертичного дацитового вулканизма Джавахетского нагорья (Малый Кавказ, Южная Грузия). Труды ГИН АН Грузии, 2004, новая серия, выпуск 119, стр. 535-544.
- Лордкипанидзе М. Альпийский вулканизм и геодинамика центрального сегмента Средиземноморского складчатого пояса. Труды ГИН АН ГССР, 1980, новая серия, выпуск 69, стр. 1-162.
- Лордкипанидзе М. Геохимические особенности вулканизма интрадуговых бассейнов и их связь с геодинамикой. В сборнике: «Вулканизм и связанные с ними процессы», Новосибирск, «Наука», 1985, стр. 191-192

- Лордкипанидзе М. и Закариадзе Г. Палеогеновый вулканизм Аджарии. В сборнике: «Проблемы геологии Аджаро-Триалетии», Труды ГИН АН СССР, 1974, новая серия, выпуск 44, стр. 74-86.
- Лордкипанидзе М. Мезозойско-кайнозойский вулканизм и геодинамика центрального сегмента Альпийско-Гималайского складчатого пояса. Докторская диссертация, ГИН АН СССР, Тбилиси, 1986, 350стр.
- Майсурадзе Г. Основные черты позднеплейстоценовой и голоценовой истории Кавказа. Труды ГИН АН Грузии, 2004, новая серия, выпуск 119, стр. 195-203.
- Маруашвили Л. Зуртакетская палеолитическая стоянка и ее геологическое значение. «Природа», 1946, № 12.
- Маруашвили Л. К геоморфологии Цалкинской котловины в Южной Грузии. Труды Кутаисского государственного пединститута, 1945, том 4.
- Мефферет Б. Геологический очерк области Боржоми и Бакуриани между Урийской долиной и Ахалкалакским лавовым нагорьем. Труды Всесоюзного геолого-разведывательного объединения, 1933, Тбилиси, выпуск 303,
- Милановский Е. и Хаин В. Геологическое строение Кавказа – очерки региональной геологии СССР, Издательство МГУ, Москва, 1963, 358стр.
- Мурусидзе Г. 1976. Строение земной коры и верхней мантии в Грузии и сопредельных районах по сейсмологическим и сейсморазведочным данным. «Мецниереба», Тбилиси, 168стр.
- Надарейшвили Г. Меловые вулканические формации Грузии. Труды ГИН АН СССР, 1999, новая серия, выпуск 114, стр. 179-194.
- Надарейшвили Г. Позднеюрский вулканизм Грузии. Труды ГИН АН СССР, 2002, новая серия, выпуск 117, стр. 21-38.
- Палибин И. Плиоценовая флора Кисатибского отложения диатомита и ее связь с ископаемой флорой Годердзского перевала. Труды Ботанического института им. В.Л. Комарова АН СССР, 1947, серия 1, выпуск 6.
- Палибин И. Предварительный отчет об исследовании ископаемой флоры Годердзского перевала. Известия Кавказского отдела Русского Географического общества, 1914, книга 22.
- Рубинштейн М., Адамия Ш., Девнозашвили Д., Добрыдин В., Розентур Л. Датирование некоторых верхненеогеновых и четвертичных эффузивов Закавказья по геологическим, радиологическим и палеомагнитным данным. Известия АН СССР, 1972, серия геологическая, №4, стр. 13-16.
- Рябин А. Н. Ископаемая лягушка из Закавказья. Ежегодник Русского палеонтологического общества, 1928, том. VII.
- Салуквадзе Н. Зональная стратиграфия палеогеновых отложений. Труды ГИН АН Грузии, 1998, новая серия, выпуск 113, стр. 84-89.
- Салуквадзе Н. Вопросы стратиграфии среднего эоцена Крыма и Кавказа. Труды ГИН АН Грузии, 2000, новая серия, выпуск 115, стр. 71-75.

- Сванидзе Ц. и Хуцишвили О. Новые данные о среднекаменноугольной флоре вулканогенно-осадочной толщи Храмского выступа Закавказского срединного массива. Сообщения АН ГССР, 1984, том 113, №3, стр. 565-568.
- Схиртладзе Н. Постпалеогеновый эффузивный вулканизм Грузии. Труды ГИН АН ГССР, монография №8, Тбилиси, 1958, 333стр.
- Схиртладзе, Н. Новые данные о верхнем палеозое Храмского массива. ДАН СССР, 1960, 130, №1 стр. 170-172.
- Тутберидзе Б. Геология и петрология альпийского орогенного магматизма центральной части Кавказа. Издательство ТГУ, Тбилиси, 2004, 340стр.
- Узнадзе М. и Цагарели Е. Сарматская флора ущелья реки Дзиндза. «Мецниереба», Тбилиси, 1979, 164стр.
- Чернышев И., Аракелянц М., Лебедев В., Бубнов С., Гольцман Ю. Геохронология извержений четвертичных вулканов Казбегской области Большого Кавказа (Данные К-Ar метода). ГИН АН Грузии, 1999, новая серия, выпуск 114, Тбилиси, стр. 81-91.
- Adamia, Sh. Geological map of Georgia, 2004.
- Adamia, Sh. Plate tectonics and evolution of the Alpine system. Discussion. Geological Society of America, Bulletin, 1975, v. 86, p. 719-720.
- Adamia, Sh., Alania, V., Chabukiani, A., Kuloshvili, S., Maisuradze, G., & Gotsiridze, G. Seismic source zone models of recent earthquakes of Georgia. Proceedings of 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, 2004, vol. II, p. 545-548.
- Adamia, Sh., Alania, V., Tsereteli, N., Varazanashvili, O., Sadradze, N., & Gventsadze, A. Seismicity and active tectonics of Georgia and adjacent area. In: Tectonic Evolution and Seismicity of Southwest Asia, GSA Special Paper in Honor of Manuel Berberian, *Denver*, 2014s, (in print).
- Adamia, Sh., Alexidze, M., Balavadze, B., Gvanceladze, G., Gugunava, G., Diasamidze, Sh., Ioseliani, M., Ismailzadeh, G., Kartvelishvili, K., Kuloshvili, S., Mindeli, I., Nazaretian, S., Oganessian, Sh., Radjabov, M., Sikharulidze, D., Chelidze, T., & Shengelaia, G. Complex geophysical investigation of the Caucasian lithosphere, Chapter 4. In: Belousov, V., Pavlenkova, N., & Kvjatkovskaja, I., (eds), Deep Structure of the Territory of the USSR, Moscow, "Nauka", 1991, p. 41-55 (in Russian).
- Adamia, Sh., Chkhouta, T., Kekelia, M., Lordkipanidze, M., & Zakariadze, G. Tectonics of the Caucasus and adjoining areas: implications for the evolution of the Tethys Ocean. Journal of Structural Geology, 1981, 3, p. 437-447.
- Adamia, Sh., Chkhotua, T., Gvartadze, T., Lebanidze, Z., Lursmanashvili, N., Sadradze, N., Zakariaia, D., Zakariadze, G. Tectonic setting of Georgia-eastern Black Sea: a review. Geological Society, London, Special Publications, 2014b, (in print).
- Adamia, Sh., Kipiani, Y. & Chichua, G. 1987. Problem of genesis of folding of the Great caucasus. In: Milanovsky, E. & Koronovsky, N. (eds), Geology and Ore Deposits of the Great Caucasus, Moscow, "Nauka", p. 40-47 (in Russian).
- Adamia, Sh., & Lordkipanidze, M. Mosaic of the Tethyan, Eurasiatic and Gondwanan terranes in the present day structure of the Caucasus. 28th IGC, 1989, v. 1, p. 1.10-1.11.

- Adamia, Sh. & Lordkipanidze, M. An outline of Georgian geological structure. In: Rakus, M., Dercourt, J. & Nairn, A. E. M.(eds), IGCP Project 198: "Evolution of the Northern Margin of Tethys", Memoires de la Societe Geologique de France, Nouvelle Serie, 1989, 154(II), p. 63–66.
- Adamia, Sh., Lordkipanidze, M., & Zakariadze, G. Evolution of an active continental margin as exemplified by the Alpine history of the Caucasus. *Tectonophysics*, 1977, 40, p. 183–199.
- Adamia, Sh., Mumladze, T., Sadradze, N., Tsereteli, E., Tsereteli, N., & Varazanashvili, O. Late Cenozoic tectonics and geodynamics of Georgia (SW Caucasus). *Georgian International Journal of Sciences and Technology*, 2008, Nova Science Publisher, v.1, no. 1, p. 77 – 107.
- Adamia, Sh., Zakariadze, G., Chkhotua, T., Sadradze, N., Tsereteli, N., Chabukiani, A., & Gventsadze, A. Geology of the Caucasus: a review. *Turkish Journal of Earth Sciences. Geology of the Circum-Black Sea Region – Part A Caucasus*, 2011, vol. 20, p. 489-544.
- Alania, V., Bukhsianidze, M., Chabukiani, A., Chagelishvili, R., Enukidze, O., Glonti, V. & Tsertsvadze, S. The kinematic evolution of Kura foreland fold and thrust belt, eastern Georgia (Georgia). 2nd International Black Sea Region Geology Symposium (ISGB), Ankara, Turkey, 2009, Abstract Book, p. 18.
- Alavi, M. Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran – new data and interpretations. *Tectonophysics*, 1994, 229, p. 211–238.
- Albino, I., Cavazza, W., Zattin, M., Okay, A., Adamia, Sh., & Sadradze, N. (2014). Far-field tectonic effects of the Arabia–Eurasia collision and the inception of the North Anatolian Fault system. *Geological Magazine*, 2014, 151 (2), p. 372–379. c Cambridge University Press 2013 372 doi:10.1017/S0016756813000952
- Al-Lazki, A., Seber, D., Sandlov, N., Turkelli, R., Mohamad, R., & Barazangi, M. Tomographic Pn velocity and anisotropy structure beneath the Anatolian plateau (Turkey) and surrounding regions. *Geophysical Research Letters*, 2003, 30(24), doi: 10, 1029/2003GLO01739.
- Allen, M., Vincent, S., Alsoop, G., Ismail-Zadeh, A., & Flacker, R. Late Cenozoic deformation in the South Caspian region: effects of a rigid basement block within a collision zone. *Tectonophysics*, 2003, v. 366, p. 223-239.
- Allen, M. B. & Armstrong, H. A. Arabia-Eurasia collision and the forcing of mid Cenozoic global cooling, *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 2008, 265, p. 52 - 58.
- Amanatashvili, Sh., Adamia, Sh., Lursmanashvili, N., Sadradze N., Meskhia, V., Koulakov, I., Zabelina, I., & Jakovlev, A., Tectonics, deep-seated structure and recent geodynamics of the Caucasus. European Geosciences Union, General Assembly, Vienna, Austria, 22-27 April, 2012, Abstract Book, p. 3.
- Axen, G.J., Lam, P.S., Grove, M., Stockli, D.F., & Hassanzadeh, J. Exhumation of the West-Central Alborz Mountains, Iran, Caspian subsidence, and collision-related tectonics. *Geology*, 2001, v. 29, p. 559-562.
- Baranova, E., Kosminskaya, I., & Pavlenkova, N. A reinterpretation of South Caspian DSS data. *Geophysical Journal*, 1991, 10, p. 666-677.
- Barazangi, M. Continental collision zones: Seismotectonics and crustal structure. In: James, D. (ed), *Encyclopedia of Solid Earth Geophysics*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1989.p.

- Barrier, E., & Vrielynck, B. Maps of the Middle East: Middle East Basins Evolution Programme, CGMW, Atlas, Maps, 2008, p.14p.
- Belousov, V., & Volkovsky, B. Structure and evolution of the Earth's crust and upper mantle of the Black Sea. Moscow, "Nauka", 1989, 203 p. (in Russian).
- Biju-Duval, B., Dercourt, J., & Le Pichon, X. From the Tethys Ocean to the Mediterranean seas: a plate tectonic model of the evolution of the Western Alpine system. In: Biju-Duval, B. & Montadert, L. (eds), Inter. Symp. struct. Hist. Mediterranean. International symposium. Split (Yugoslavia), 1976, 1977, Paris. Ed. Technip, p. 145-164.
- Black, S., Burton, K., Harris, N., Parkinson, I., Rogers, N., & Widdowson, M. Our Dynamic Planet, Rogers, N ed, Cambridge University Press, 2008, 390 p.
- Bocaletti, M. Mesogea, Mesoparatethys, Mediterranean and Paratethys, their possible relations with Tethys ocean development. Geological Institute, University of Florence, Itali, Ofioliti, 1979, v.4, #2, p. 83-96.
- Bradshaw, T., & Hawkesworth, C.J., & Gallagher, K. Basaltic volcanism in the southern Basin and Range: No role for a mantle plume. Earth and Planetary Sciences Letters, 1993, v.116, p.45-62. doi:10.1016/012821X1939Do44A
- Brunet, M.-F., Korotaev, M., Ershov, A., & Nikishin, A. The South Caspian Basin: a review of its evolution from subsidence modeling. In: Crook, K., Miall, A., & Sellwood, B., (eds), Sedimentary Geology, special issue, Integrated peri-Tethyan Basins Studies (Peri-Tethys programme)", Elsevier, 2003, v. 156, no. v-vi, p. 119-149.
- Calvo-Rathert, M., Sologashvili, A., Gogichaishvili, J., Villalain, M., Bogalo, A., Carrancho A. & Maisuradze G. New paleomagnetic data from the Dmanisi paleo-anthropologic site (Georgia, Caucasus). Quaternary Research, 2007, doi 10.1016/j.yqres. 2007.09.001. p.683-690
- Camps, P., Ruffet, P., Shcherbakova, V., Prevot, M., Moussin-Poushkin, A., Cholpo, L., Gogichaishvili, A., & Asanidze, B. Direction, intensity and Ar/Ar reversal or excursion recorded in Georgia. Journal Physics Earth Planet, 1996, Inter. 96. p. 41-59.
- Carte Géologique De L'Europe, 1970 scale 1:10 000000.
- DeMets, C., Gordon, R., Argus, D. & Stein, S. Current plate motions. Geophysical Journal International, 1990, 101, p. 425-478.
- Dercourt, J., Zonenshain, L., Ricou, L., Kazmin, V., Le Pichon, X., Knipper, A., Grandjacquet, C., Sbertshikov, I., Geysant, J., Lepvrier, C., Pechersky, D., Boulou, J., Sibuet, J., Savostin, L., Westphal, M., Bajenov, M., Lauer, J., & Biju-Duval, B. Geological evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamirs since the Lias. Tectonophysics, 1986, 123, p. 241-315.
- Dewey, J., Pitman, W. III., Ryan, W., Bonnin, J. Plate tectonics and the evolution of the Alpine system. Geological Society America Bulletin, 1973, v. 84, #10, p. 3137-3180.
- Dewey, J., Hempton, M., Kidd, W., Saroglu, F., & Sengor, A. Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia—a young collision zone. In: Coward, M., & Ries, A., (eds), Collision Tectonics, Geological Society of London Special Publication, 1986, 19, p. 3-36.

- Dilek, Y., Imamverdiyev, N., & Altunkaynak, S. Geochemistry and tectonics of Cenozoic volcanism in the Lesser Caucasus (Azerbaijan) and the peri-Arabian region: collision-induced mantle dynamics and its magmatic fingerprint. *International Geology Review*, 2009, first article, p. 1-43.
- Djaparidze, V., Bosinski, G., Bugianishvili, T., Gabunia, L., Justus, A., Klopotoskaya, N., Kvavadze, E., Lordkipanidze, D., Maisuradze, G., Mgeladze, N., Nioradze, M., Pavlenishvili, E., Schmincke, H., Sologashvili, D., Tushabramishvili, D., Tvalchrelidze, M., & Vekua, A. Der altpaläolitische Fundplatz Dmanisi in Georgian (Kaukasus). *Jahrb. Des Römisch-Germanischen Zentralmuseums, Mainz, (RGZM)*, 1989, 36, p. 67–116.
- Djigauri, D. (1991). The South Georgian highland. In: Kiknadze (ed), *Georgia in Antropogene*, Tbilisi, Sakartvelo Publisher, p. 91-128 (in Russ).
- Elthon, D., & Scarfe, C. High pressure phase equilibria of a high-magnesia basalt and the genesis of primary oceanic basalts. *Am. Mineral*, 1984, 69, p. 1-15
- Ferring, C., Swisher, C., Bosinsky, G., Gabunia, L., Kikodze, Z., Lordkipanidze, D., Tvalchrelidze, M., & Tutberidze, B. Progress report on the geology of the Plio-Pleistocene Dmanisi and the Diliska George. Republic of Georgia. *Paleon. Soc.*, 1996, New Orlean, p. 5-6.
- Forsyth, D. W. 1996. Partial melting beneath a mid-Atlantic segment detected by teleseismic PKP delays. *Geophysical Research Letters*, 1996, 23, p. 463–466.
- Fournier, E. Description géologique du Caucase Central. Thèses présentées a la Faculté des Sciences de Paris pour obtenirle graded docteur es sciences nature, Marseille, 1986.
- Gabunia, L. Benara fauna of the Oligocene vertebrates. Tbilisi, “Metsniereba”, 1964, 89p (in Russian).
- Gabunia, L. & Vekua, A. Plio–Pleistocene hominid from Dmanisi, East Georgia, Caucasus. *Nature*, 1995, 373, p. 509–512.
- Gabunia, L., Joris, A., Justus, A., Lordkipanidze, D., Muskhelishvili, A., Nioradze, M., Swicher, C. III, Vekua, A., Bosinski, G., Ferring, R., & Maisuradze, G. Neue hominidefunde des Altpaläolitischen fundplatzes Dmanisi (Georgian Caucasus) in kontext aktueller grabungsergebnisse. *Archäologisches Korrespondenzblatt Jargang*, 1999, 29, H.4, p. 451-488.
- Geological studies of the area along Turkish-Georgian border. MTA, Yilmaz, A., Engin, T., Adamia, Sh., Lazarashvili, T. (eds), Ankara, Turkey, 2001, 388p.
- Gogichaishvili, A., Calvo-Rathert, M., Sologashvili, D., Alva Valdivia, L. & Urrutia-Fucugauchi, J. Paleomagnetic study of the Georgian Plio-Quaternary volcanic provinces (Southern Caucasus). A pilot study, *Compt. Rend. Acad. Sci. Paris*, 2000, 11, p. 331–336.
- Guidebook for excursion A-16. INQUA, XI Congress, Moscow, August 1982, p. 24-34.
- Guidebook. International Geological Congress, 27 Session. Georgian SSR. Excursion:001, 007, 008, 012, 014, 017, Adamia, Sh. (ed), “Khelovneba”, Tbilisi, 1984, 225p.
- Hafkenscheid, E., Wortel, M., & Spakman, W. Subduction history of the Tethyan region derived from seismic tomography and tectonic reconstructions. *Journal of Geophysical Research*, 2006, v. 111, B08401, doi: 101029/2005JB003791.
- Haq, B., Van Eisinga, F. Geological time table. Fourth revised edition, Elsevier, New York, USA. Printed in the Netherlands, 1987.

- Hempton, M. Constraints on Arabian plate motion and extensional history of the Red Sea. *Tectonics*, 1987, 6(6), p. 687-705.
- Hofmann, A.W. Sampling mantle heterogeneity through oceanic basalts: Isotopes and trace elements. In: Carlson R.W.(ed), *Treatise on Geochemistry*, 2003, v. 2, The Mantle and Core, Elsevier, p. 61–101, doi:10.1016/B0-08-043751-6/02123-X.
- Holmes, A. Radioactivity and the Earth's thermal history. *Geological Magazine*, 1931, 62, p. 102-112.
- Hophman, A. Mantle geochemistry: the message from oceanic volcanism. *Nature*, 1997, 385, p. 219-229
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati, F., & Villari, L. Tertiary and Quaternary volcanism of the Erzurum-Kars area (Eastern Turkey). *Geochronological data and geodynamic evolution. Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1982, 13, p. 223-240.
- International Geological Map of the Middle East, second edition, 2009 scale 5 000000.
- Irvine, T. & Baragar, W. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks, *Canadian Journal Earth Sciences*, 1971, 8, 523-548.
- Jackson, J., & Ambraseys, N. Convergence between Eurasia and Arabia in eastern Turkey and the Caucasus. *Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus*. In: Giardini, D. & Balassanian, S. (eds), NATO Asi. Series, 2. Environment, 1997, v. 28, Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, p. 79-90.
- Jassim, S., & Goff, J. Phanerozoic development of the northern Arabian Plate, *Geology of Iraq*, Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, Czech Republic, 2006.
- Kacharava, M. 1977. Stratigraphy of Paleogene sediments of Achara-Trialeti folded system. Tbilisi, "Metsniereba", 1977, 357p. (in Russian).
- Kadirov, F., Gadirov, A., & Abdullayev, N. Gravity modelling of the regional profile across South Caspian basin and tectonic implications. In: Ali-zadeh, A. (ed), *The Modern Problems of Geology and Geophysics of Eastern Caucasus and the South Caspian Depression*, 2012, Baku, Nafta-Press, p. 231-251.
- Kelemen, P., Hanghøj, & Greene, A. One view on the geochemistry of subduction-related magmatic arcs, with an emphasis on primitive andesite and lower crust. In: Holland, H.D., Turekian, K.K. eds., *Treatise on Geochemistry*, 2007, Elsevier, Oxford, vol. 2, p. 593–659.
- Kent, C. & Condie. *Earth as an evolving planetary system*. Academic Press is an imprint of Elsevier., 2005, 463p.
- Keskin, M. Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: an alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey, *Geophysical Research Letters*, 2003, v. 30, # 24, p. 8046-8050.
- Keskin, M. Magma generation by slab steepening and breakoff beneath and 922 subduction-accretion complex: An alternative model for collision-related volcanism in 923 Eastern Anatolia, Turkey. *Geophysical Research Letters*, 2003, 30, p. 1-4
- Keskin, M. Eastern Anatolia: a hot spot in a collision zone without a mantle plume. In: 926 Foulger, G., Jurdy, D. (eds), *Plates, Plumes, and Planetary Processes*, 2007, Geological 927 Society of America Special Paper, v. 409, p. 1-25.

- Keskin, M., Pearce, J., & J. Mitchell volcano-stratigraphy and geochemistry of collision-related volcanism on the Erzurum-Kars Plateau, North Eastern Turkey. *Journal Volc. Geothermal Research*, 1998, 85(1-4), p. 355-404.
- Khain, V. Structure and main stages in the tectonomagmatic development of the Caucasus: An attempt at geodynamic interpretation. *American Journal of Science*, 1975, v. 275 A, p. 131-156.
- Kheirkhah, M., Allen, M. & Emami, M. Quaternary collision magmatism from the Iran/Turkey bordelands. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 2009, 182, p. 1-12.
- Kocyigit, A., Yilmaz, A., Adamia, Sh., & Kuloshvili, S. Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: Implication for transition from thrusting to strike-slip Faulting. *Geodynamica Acta*, 2001, 14. p.177-195
- Koronovski, N. & Demina, L. Evolution of the Caucasian Neogene-Quaternary magmatic fusions in conditions of continental collision. *Transactions of the Scientific Session Dedicated to A. Janelidze's 110th Anniversary*, 2000, p. 270-281.
- Koulakov, I., & Sobolev, V. A tomographic image of Indian lithosphere break-off beneath the Pamir-Hindukush region. *Geophysical Journal International*, 2006, 164, p. 425-440.
- Koulakov, I., Zabelina, I., Amanatashvili, I., & Meskhia, V. Nature of orogenesis and volcanism in the Caucasus region based on results of regional tomography. *Solid Earth*, 2012, 3, p. 327-337, doi:10.5194/se-3-327-2012.
- Kuno, H. Lateral variation of basalt magma types across continental margins and island arcs. *Bulletin Volcanology*, 1966, 29, p. 195-222.
- Kushiro, I. Partial melting experiments on peridotite and origin of midocean-ridge basalt. *Ann. Review Earth Planet Sci.*, 2001, 29, p. 71-107.
- La Georgie – Berceau du Premier Europeen. L'Exposition "Les premiers Habitants de l'Europe la Georgie berceau du Premier Europeien" presentea Tbilissi (Georgie) en Octobre 2000, Tbilisi, 2000, p. 1-48.
- Lebas, M., Lemaitre, R., Streckeisen, A., & Zanettin, B. A Chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica diagram. *Journal of Petrology*, 1986, 27(3), p. 745-750.
- Lebedev, V., Chernishev, I., Dudauro, O., Arakelians, M., Chugaev, A., Golzman, Y., & Vashakidze, G. Geochronology of Neogene-Quaternary dacitic volcanism of the Javakheti highland (Lesser Caucasus, South Georgia). *Proceedings*, 2004, new series, # 119, p. 535-544 (in Russian).
- Lei, J. & Zhao, D. A new insight into the Hawaiian plume. *Earth and Planetary Science Letters*, 2006. v. 241, p. 438-453.
- Lomize, M. Volcanism of North-Western Caucasus and its Relations with Tectonics, Moscow, Publishers of Moscow State University, 1969, 220p. (in Russian).
- Lordkipanidze, M., Meliksetian, B., & Djrbashian, R. Mesozoic-Cenozoic magmatic evolution of the Pontian-Crimean-Caucasian region. IGCP Project #198. *Evolution of the Northern Margin of the Tethys. Mem. Soc. Geol. France, Paris*, 1989, nouvelle series 154, 1988, Occasional publication, ESRI, new series 4, p. 101-124.

- Maisuradze, G., Smelov, S. & Tvalchrelidze, M. New evidence on the volcanics of Djavakheti (Southern Georgia). *Bulletin of Academy of Sciences of Georgia*, 1980, 98, p. 605–608 (in Russian).
- Maisuradze, G., Smelov, S. & Tvalchrelidze, M. New evidence on the volcanics of Javakheti (Southern Georgia). *Bulletin of Academy of Sciences of Georgia*, 1980, 98, p. 605–608 (in Russian).
- Mamedov, P. Seismostratigraphical investigation of geological structure of sediment cover of south Caspian super-depression and perspectives of oil-gas productivity, PHD thesis, Baku, 1992, 40p. (in Russian).
- Marsh, B. Magmatizm, Magma, and Magma Chambers. In: *Treatise on Geophysics - Crust and Lithosphere Dynamics*, 2009, p. 275-331.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadaraia, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger H., Tealeb, A., Toksoz, M., & Veis, G. Global positioning system constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, 2000, v. 105 (B3), p. 5695-5719.
- McKenzie, D. Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 1972, 30, p. 109-85
- McKenzie, D. & Bickle, M. The volume and composition of melt generated by extension of the lithosphere. *Journal of Petrology*, 1988, v. 29, p. 625-679.
- McPhie, J., Doyle, M., & Allen, R. *Volcanic Textures. A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*. Centre for Ore Deposit and Exploration Studies University of Tasmania, 1998. p.
- McQuarrie, N., Stock, J., Verdel, C., & Wernicke, P. Cenozoic evolution of Neotethys and implications for the causes of plate motions. *Geophysical Research Letters*, v. 30, 2003, doi:10.1029/2003GL017992.
- Meijers, M., Smith, B., Sosson, M., Rolland, Y., Grigoryan, A., Sahakyan, L., Avagyan, A., Adamia, Sh., Sadradze, N., Asanidze, B., Langereis, C., Kirscher, U., & Mensink, M. The Late Cretaceous: constraints on the Tethyan realm. *Darius Programme Eastern Black Sea and Caucasus Workshop, Abstract Volume*, Tbilisi, Tbilisi University Press, 2012, p. 34-35.
- Minshull, T., White, T., Edwards, R.A., Shillington, D. J., Scott, C. L., Demirer, A., Shaw -Champion, M., Jones, S., Erduran, M., Besevli, T., Coscun, G., Raven, K., Price, A., & Peterson, B. Seismic Data Reveal Eastern Black Sea Basin Structure. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 2005, v. 86, # 43, p. 413-415.
- Mitchell, J. & Westaway, R. 1999. Chronology of Neogene and Quaternary uplift and magmatism in the Caucasus: constraints from K-Ar dating of volcanism in Armenia. *Tectonophysics*, 1999, 304, p. 157–186.
- Monin, A., & Zonenshain, L. (eds), *History of the Ocean Tethys*. Moscow Institute of Oceanology, 1987 (in Russian).
- Morgan, W. Convection plumes in the lower mantle. *Nature*, 1971, 230, p. 42-45.

- Moritz, R., Ghazban, F., & Singer, B. Eocene gold ore formation of Muteh, Sanandaj-Sirjan tectonic zone, western Iran: a results of late-stage extension and exhumation of metamorphic basement rocks within the Zagros Orogen. *Economic Geology*, 2006, v. 101, p. 1497-1524.
- Neill, I., Meliksetian, Kh., Allen, M., Navarsardyan, G., & Karapetyan, S. Pliocene-Quaternary volcanic rocks of NW Armenia: Magmatic response to the post-accretionary orogenesis within Alpine-Himalayan belt. *Lithos*, 2013, v. 180-181, p. 200-215.
- Okay, A., Zattin, M. & Cavazza, W. Apatite fission-track data for the Miocene Arabia-Eurasia collision. *Geology*, 2010, 38, p. 35-38.
- Omran, J., Agard, P., Whitechurch, H., Benoit, M., Prouteau, G. & Jolivet, L. Reply to: Comment by Aftabi and Atapour on "Arc magmatism and subduction history beneath the Zagros Mountains, Iran: A new report of adakites and geodynamic consequences". *Lithos*, 2009, 113, p. 847-9.
- Pearce, J., Bender, J., De Long, S., Kidd, W., Low, P., Guner, Y., Saroglu, F., Yilmaz, Y., Moorbath, S., & Mitchell, J. Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1990, 44, p. 189-229.
- Pearce, J., & Stern, R. Origin of back-arc basin magmas: trace element and isotope perspectives. In: Christie, D., Fisher, C., Lee, S., & Givens, S. (eds), *Back-Arc Spreading Systems: Geological, Biological, Chemical, and Physical Interactions*, Geophysical Monograph, 2006, 166, p. 63
- Pearce, J. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth, C., & Norry, M. (eds), *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, 1983, Shiva Publishing Ltd., Cambridge, Mass., p. 230-249
- Peate, D. The Parana-Etendeka province. In: Mahoney, J., & Coffin, M. (eds), *Large Igneous Provinces: Continental Oceanic and Planetary Flood Volcanism*, American Geophysical Union Geophysical Monograph, 1997, 100, p. 2017-245.
- Perfit, M., Fornari, D., Smith, M., Bender, J., Langmuir, C. & Haymon, R. Small-scale spatial and temporal variations in MORB geochemistry and implications for ridge crest magmatic processes. *Geology*, 1994, 22, p. 375-379.
- Philip, H., Cisternas, A., Gvishiani, A., & Gorshkov, A. The Caucasus: An Actual Example of the Initial Stages of Continental Collision. *Tectonophysics*, 1989, v.161, p. 3-21.
- Reilinger, R., & McClusky, S., Souter, B., Hamburger, M., Prilepin, M., Mishin, A., Guseva, T., & Balassanian, S. Preliminary estimates of plate convergence in the Caucasus collision zone from global positioning system measurements, *Geophysical Research Letters*, 1997, 24, p. 1815- 1818.
- Reilinger, R.E., McClusky, S.C., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev I., Stepanian R., Nadariya M., Hahubia G., Mahmoud S., Sakr K., Arrajehi A., Paradissis D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmirotsa, A., Filikov, S. V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., & Karam, G. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research*, 2006, 111(B5), p. 19- 26
- Remane, J., Faure-Muret, A. & Odin, G. *International Stratigraphic Chart*. International Union of Geological Sciences, UNESCO, 2006.

- Robertson, A. Mesozoic-Tertiary tectonic-sedimentary evolution of a south Tethyan oceanic basin and its margins in southern Turkey. In: *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*, Geological Society, London, Special Publication, 2000, 173, p.97-138.
- Robertson, A., Dixon, J., et al. Alternative tectonic models for the Late Paleozoic – Early Tertiary development of the Tethys in the Eastern Mediterranean Region. In: Morris A., & Tarlony D. (eds), *Paleomagnetism and Tectonics of the Mediterranean Region*, Geological Society, London, Special Publications, 1996, 5, p. 239–263.
- Rodgers, A., Ni, J., & Hearn, T. Propagation characteristics of short-period Sn and Lg in the Middle East: *Bulletin of the Seismological Society of America*, 1997, v. 87, # 2, p. 396-413.
- Rotstein, Y., & Kafka, A. Seismotectonics of the southern boundary of Anatolia, eastern Mediterranean region, subduction, collision and arc jumping. *Journal Geophysical Research*, 1982, 87, p. 7694-7706.
- Sadrade, N., Tsereteli, N., Varazanashvili, O., & Gvencadze, A. Some Issues of neotectonics of the Javakheti volcanic highland (Central South Georgia). *Proceedings of the Institute of Geology*, 2008, new series, v. 124, p. 79-90.
- Schmincke, H.-U. *Volcanism*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2004, p. 324
- Sengor, A., Ozeren, S., Zor, E., & Genc, T. East Anatolian high plateau as a mantle-supported, N-S shortened domal structure. *Geophysical Research Letters*, 2003, 30(24), p. 8045, doi:10.1029/2003GL017858.
- Somin, M. Structural position and geodynamic conditions of formation of metamorphic complexes of the Great Caucasus and Cuba. PhD Thesis, 2007, Schmidt Institute of Earth Physics, RAN, Moscow, 56p.
- Stampfli, G., Borel, G., Cavazza, W., Mosar, J., & Ziegler P. A. (eds). *Paleotectonic Atlas of the Peritethyan Domain*. Windows and Macintosh Compact Disk, 2000.
- Stampfli, G.M., Mosar, J., Favre, P., Pillevuit, A., & Vannay, J.-C. Permo-Mesozoic evolution of the western Tethys realm: the Neo-Tethys East Mediterranean basin connection. In: Ziegler P., Cavazza W., Robertson A., & Crasquin-Soleau, S., (eds), *Peritethyan Rift/Wrench Basins and Passive Margins*, *Memoires du Museum National d'Histoire Naturelle*, Paris, 2001, v. 186, p. 51-108.
- Stocklin, J. Possible ancient continental margins in Iran. In: Burk, C., & Drake, C. (eds), *The Geology of Continental Margins*, Springer-Verlag, New York, United States (USA), 1974, p. 873-887,
- Sun, S. & McDonough, W. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A., & Norry, M. (eds), *Magmatism in the Ocean Basins*, 1989, Geological Society, London, Special Publications 42, p. 313–345.
- Svanidze, Ts., Iakobidze, E., & Lebanidze, Z. Upper Triassic-Bajocian vegetation of the Western Georgia and stratigraphical significance of the flora. *Geologica Balcanica*, 2000, 30, 1-2, Sofia, p. 19-24.
- Terrane map of the Alpine Himalayan belt. Minor Asia –Caucasus. Sheet 2: Minor Asia –Gonguoglu, M., Dirik, K., Kozlu, H. The Caucasus – Adamia Sh., Belov, A., Chabukiani, A., Chkhotua, T., 1996.
- Thompson, R. N., & Gibson, S. A. Magmatic expression of lithospheric thinning across continental rifts. *Tectonophysics*, 1994, 233, p. 41–68.

- Tutberidze, B. Cenozoic volcanism of the Caucasian mobile belt in Georgia, its geological-petrological peculiarities and geodynamic conditions. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 2012, v. 21, p. 799–815, doi:10.3906/yer-1006-12.
- Ustaomer, T. & Robertson, A. Late Palaeozoic–Early Cenozoic tectonic development of the Eastern Pontides (Artvin area), Turkey: stages of closure of Tethys along the southern margin of Eurasia. 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*, 2010, Geological Society, London, Special Publications, 340, p. 281–327.
- Uznadze, M. Flora of the Goderdzi suite. *Bulletin of Academy of Sciences of Georgian SSR*, 1946, v. 7, 427–434 (in Russian).
- Uznadze, M. Neogene Georgian Flora. Synopsis of PhD thesis, Tbilisi, 1949.
- Van der Hilst, R., & Karason, H. Compositional heterogeneity in the bottom 1000 kilometers of Earth's mantle: Toward a hybrid convection model. *Science*, 1999, 283, p.1885–1888.
- Varazanashvili, O., Tsereteli, N., & Tsereteli, E. Historical earthquakes in Georgia (up to 1900): source analysis and catalogue compilation, MVP-LTD publishing house, 2011, 77p.
- Vekua, A., & Lordkipanidze, D. The history of vertebrate fauna in Eastern Georgia. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*, 2008, v. 2, no. 3, p. 149-155.
- Vekua, A., Lordkipanidze, D., Rightmire, P., Agnsti, J., Ferring, R., Maisuradze, G., Muskhelishvili, A., Nioradze, M., Leon, M., Tappen, M., Tvalchrelidze, M., & Zollikofer, C. A new skull of early Homo from Dmanisi, Georgia. *Science*, 2002, v. 297, 5 July, p. 85-90.
- Vernant, P., King, R., Reilinger, R., Floyd, M., McClusky, S., Hahubia, G., Sokhadze G., Elashvili, M., Kadirov, F., Karakhanian, A., Avagyan, A., Ergintav, S., Djamour, Y., Doerflinger, E., & Ritz, J.-F. GPS constraints on continental deformation in the Black Sea, Caucasus and Caspian region implications on geodynamics and seismic hazard. *Darius Programme, Eastern Black Sea and Caucasus*, Tbilisi, Georgia, 24-25 June 2013, 2013, Abstracts Volume, p. 74-75.
- Vincent, S. J., A. Carter, V. A., Lavrishchev, S., Price, P., Barabadze, T. G., & Hovius, N. The exhumation of the western Greater Caucasus: a thermochronometric study. *Geological Magazine*, 2011, 148, p. 1–21.
- Vincent, S.J., Morton, A., Carter, A., Gibbs, S., & Teimuraz, G. Oligocene uplift of the Western Greater Caucasus: An effect of initial Arabia-Eurasia collision. *Terra Nova*, 2007, v. 19, p. 160–166. doi: 10.1111/j.1365-3121.2007.00731.x.
- Wegener, A. Die Herausbildung der Grossformen der Erdrinde (Kontinente und Ozeane), auf geophysikalischer Grundlage. Petermanns Geographische Mitteilungen, 1912, 63, p.p. 185–195, 253–256, 305–309.
- Wilson, J. Possible origin of the Hawaiian Islands. *Canadian Journal of Physics*, 1963, v.41 p. 863-870.
- Wilson, M. Geochemical signature of oceanic and continental basalts: a key to mantle dynamics. *Journal of the Geological Society*, 1993, 150, p. 37-58.
- Wilson, M. Tertiary-Quaternary magmatism in Europe: How has it influenced or been influenced by the evolution of the Lithosphere. EMAW-2007 (European Mantle Workshop), “Petrological evolution of the European Litospheric Mantle: from Archean to present day”, Ferrara, Italy, 29th August, 2007.

- Yegorova, T., & Gobarenko, V., Structure of the Earth's crust and upper mantle of the West- and East-Black Sea Basins revealed from geophysical data and its tectonic implications. In: 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*, 2010, Geological Society of London Special Publication 340, p. 23–42, doi:10.1144/SP340.3.
- Yilmaz, Y. New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian orogen, *Geological Society America, Bulletin*, 1993, 105(2), p. 251-271.
- Yu-Han, Chang, Sun-Lin, Chung, Okrostsvaridze, A., & Javakhishvili, Z. Geochemical characteristics and petrogenesis of Cenozoic igneous rocks in the Georgian Caucasus. 1st International Conference and Workshop “Caucasus active tectonics and magmatizm – hazards and resources”, 29 August – 3 September, Tbilisi, Georgia, 2013. Abstract Book, p.6.
- Zakariadze, G., Dilek, Y., Adamia, S., Oberhänsli, R., Karpenko, S., Bazylev, B. & Solov'eva N. Geochemistry and geochronology of the Neoproterozoic Pan-African Transcaucasian Massif (Republic of Georgia) and implications for island-arc evolution of the late Precambrian Arabian-Nubian Shield. *Gondwana Research*, 2007, 11, 97–108.
- Zakariadze, G., Karamata, S., Korikovskiy, S., Ariskin, A., Adamia, Sh., Chkhotua, T., Sergeev, S., & Solov'eva, N. The Early-Middle Palaeozoic Oceanic Events Along the Southern European Margin: the Deli Jovan Ophiolite Massif (NE Serbia) and Palaeoceanic Zones of the Great Caucasus. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 2012, v. 21, p. 635-668, doi.10.3906/yer-1011-2.
- Zonenshain, L., & Le Pichon, X., Deep basins of the Black Sea and Caspian Sea as remnants of Mesozoic back-arc basins. *Tectonophysics*, 1986, 23, p. 181–211
- Zor, E., Gurbuz, C., Turkelli, N., Sandvol, E., Seber, D., & Barazangi, M. The crustal structure of the East Anatolian Plateau from receiver functions. *Geophysical Research Letters*, 2003, 30(24), 8044, doi:10.1029/2003GL018192.