



საქართველოს საპატრიარქოს წმიდა ანდრია პირველწოდებულის სახელობის
ქართული უნივერსიტეტი

ინფორმატიკის, მათემატიკისა და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა სკოლა(ფაკულტეტი)

ნონა ლურსმანაშვილი

სადისერტაციო ნაშრომი

საქართველოს სეისმურად აქტიური სტრუქტურების შესწავლა და კვლევის მეთოდის შერჩევა (“ბორჯომი- ყაზბეგის რღვევის“ 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

ანოტაცია

შესავალი.....	9
კვლევის მიზანი და ძირითადი ამოცანები.....	10
1.მიწისძვრა როგორც მოვლენა, მისი გამომწვევი მიზეზები.....	15
2.მიწისძვრების ლოკალიზაცია დროსა და სივრცეში.....	24
3.საქართველო სეისმურად აქტიური გლობალური სარტყლის ნაწილი.....	27
3.1.ლანდშაფტი.....	27
3.2.ტექტონიკური პოზიცია	27
3.3. ძირითადი ტექტონიკური ერთეულები	28
3.4. შავი ზღვა.....	29
3.5.მიწის ქერქი	29
3.6.თანამედროვე გეოდინამიკა	30
3.7.სეისმურობა.....	30
3.8.სეისმოაქტიური სტრუქტურები.....	31
3.9.მიწისძვრის წყაროები–რღვევები, წყვეტები.....	32
4.საქართველოს სეისმურად აქტიური სტრუქტურები: ბორჯომი–ყაზბეგის რღვევა, მისი გამოყოფის და კვლევის ისტორია.....	35
5.ბორჯომი–ყაზბეგის რღვევის არსებობის რეალობა	39
6.ბორჯომი–ყაზბეგის რღვევის რეალობის დასადგენად შერჩეული მეთოდები.....	42
6.1.გეომორფოლოგიური მეთოდი.....	42
6.2.ტოპოგრაფიის ანალიზის მეთოდი.....	44
6.3. გეოდეზიური – GPS მეთოდი.....	47
6.4. გეოლოგიური მეთოდები	50
6.4.1.ტექტონიკური დარაიონების მეთოდი.....	50
6.4.2. გეოლოგიური აგეგმვის (კარტრების) მეთოდი	55
6.4.3. საქართველოს სახელმწიფო გეოლოგიური რუკების ანალიზის შედეგები ბორჯომი–ყაზბეგის რღვევის რეალობის შესახებ.....	58
6.4.4. ტექტონიკური „დრესვის სარკის“ ანალიზი.....	82
6.4.5. სპეციალური კომპლექსური რეგიონული კვლევა	83

6.5.სეისმოლოგიური მეთოდი.....	88
6.6. ანომალური, გრავიტაციული და მაგნიტური ველების მეთოდები	93
7. საქართველო–კავკასიის გეოდინამიური აქტიურობის მიზეზები.....	97
7.1.საქართველოს და მიმდებარე არეების სიღრმული აგებულება.....	98
7.2.საქართველოს და მიმდებარე არეების ლითოსფეროს სეისმური ტომოგრაფიის მოდელი..	99
7.3.საქართველოს და მიმდებარე არეების მიწისძვრის წყაროების-რღვევების გეომეტრია , კინემატიკა , აქტიური ტექტონიკა.....	101
8.ძირითადი დასკვნები	104
9.ციტირებული ლიტერატურა.....	106

ანოტაცია

საქართველო სეისმურად აქტიური რეგიონია, სადაც დამანგრეველი მიწისძვრები არაერთხელ გახდნენ მნიშვნელოვანი მსხვერპლის, ინფრასტრუქტურის და ნაგებობების დაზიანების მიზეზი. საქართველოს და მიმდებარე რაიონების ტექტონიკური აქტიურობა განპირობებულია მათი მდებარეობით გვიანკაინოზოური კონტინენტური კოლიზიის ზონაში. აფრიკა-არაბეთის და ევრაზიის ფილების კოლიზიამ მოცენ-პლეისტოცენურში გამოიწვია რელიეფის ინვერსია-რკალის შიდა და რკალსუკანა აუზები გადაიქცნენ კავკასიონის და მცირე კავკასიონის ნაოჭა-რღვევით მთიან სარტყელებად, რომლებიც გაყოფილია მთათაშუა დაბლობებით.

რღვევების რთულმა სისტემამ გამოიწვია რეგიონის დანაწილება რამდენიმე ბლოკად-ტერეინებად. ამ ტერეინების გამყოფი სასაზღვრო ზონები წარმოადგენენ გეოდინამიკურად მაქსიმალური აქტიურობის სარტყელებს. რეგიონის ტექტონიკური სტრუქტურების გეომეტრია მნიშვნელოვნადაა განპირობებული სოლისმაგვარი რიგიდული არაბეთის ბლოკის (ინდენტორი) ფორმით, აგრეთვე შავი ზღვის და სამხრეთი კასპიის ოკეანური-სუბოკეანური ლითოსფეროს (უდრეკი დომენები) კონფიგურაციით, რაც იწვევს რეგიონის მთავარი მორფოლოგიური და ტექტონიკური ერთეულების დაბრეცვას.

რეგიონში გაირჩევა აქტიური რღვევების სამი ძირითადი მიმართულება, თავსებადი გაბატონებულ ჩრდილო-სამხრეთულ კუმშვით ძალებთან, რაც წარმოშობილია არაბეთის ფილის ჩრდილოეთისკენ მოძრაობით. ასეთებია: განედური დჩდ-ასა ან დ-ა და ორი გარდი-გარდმო ჩა-სდ და ჩდ-სა მიმართულებები. პირველი, ანუ ე.წ. “კავკასიონური” მიმართება წარმოდგენილია კუმშვითი სტრუქტურებით: შესხლეტებით, შეცოცეცებებით, ტექტონიკური ქერცლებით და ძლიერ დეფორმირებული რღვევა-განვითარებადი ნაოჭებით. მათგან განსხვავებით გარდიგარდმო რღვევებიც კუმშვადია ძირითადად, თუმცა ნაწევის მნიშვნელოვანი შემადგენლით. სუბმერიდიანული რღვევების ჭიმვითი ბუნება ვლინდება ნეოგენურ-მეოთხეული ვულკანიზმის მათთან ასოცირებაში ამიერკავკასიის ზოგ მხარეში. ჩა-სდ მარცხენა ნაწევებია მთავარი სეისმოაქტიური სტრუქტურები დასავლეთ ამიერკავკასიაში, ხოლო მარჯვენა ნაწევური რღვევები და რღვევათა ზონები განვითარებულია სა ამიერკავკასიაში. ქერქული ბლოკები, არსებული ჯავახეთის

ვულკანური ზეგნის სუბმერიდიანული ხაზის დასავლეთით , განიცდიან ლატერალურ გასხლტომას დასავლეთისკენ, მაშინ როცა ამ ხაზის უშუალოდ აღმოსავლეთით არსებული ბლოკები არ ამჟღავნებენ ასა მიმართულებით ლატერალურ გასხლტომას.

კავკასიის რეგიონი უკვე დიდი ხანია განიხილება როგორც სოლური ტექტონიკის ერთ-ერთი მაგალითი. განსახილველად წარმოდგენილი ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევა-მარცხენა ნაწევი(ზყრ) მიჩნეულია ამ აქტიურად შემოჭრილი სოლოს დასავლურ საზღვრად. აღნიშნული მოსაზრების თანახმად ეს რღვევა კვეთს მთელ ქერქს, აღწევს M ზედაპირს და წარმოადგენს მარცხენა ნაწევს, რომლის დასავლური მხარე გადაადგილებულია ~90 კმ. სამხრეთისკენ. გადაადგილება განხორციელდა ბოლო 5.0-3.5 მილიონი წლის განმავლობაში, მთლიანად კავკასიის სტრუქტურული ერთეულების, კავკასიონის ნაოჭა-რღვევითი მთიანი სარტყლის, საქართველოს ბელტის და აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-რღვევითი მთიანი სარტყლის ფორმირების შემდეგ. ამ რღვევის ტემპის სიჩქარე განისაზღვრება 1.8-2.5 სმ/წელიწადში. მაგრამ გაუმჯობესებული სეისმური ქსელის მონაცემები არ იძლევა საბაზს ბორჯომი-ყაზბეგის ე.წ. რღვევის განსაკუთრებული სეისმურობის შესახებ. ახალმა მონაცემებმა კითხვის ნიშნის ქვეშ დააყენეს ამ რღვევის არსებობა და, აგრეთვე, რეგიონის ტექტონიკური მოდელის რეალობა. ამ გაუგებრობის გასარკვევად ე.წ. „ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევაზე“ განხორციელდა კომპლექსური გეომორფოლოგიური, გეოლოგიური, გეოფიზიკური და გეოდეზიური მოკვლევები. ვინაიდან „ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევა“ განიხილება აგრეთვე, როგორც დიდი ქერქული სტრუქტურა, მის შესასწავლად საჭირო გახდა მრავალდარგობრივი გეოფიზიკური და გეოლოგიური კვლევის ჩატარება. ზუსტი GPS ინსტრუმენტირება იქნა გამოყენებული მრავალი ლოკალური ტოპოგრაფიული მარკერის გამოსავლენად სავარაუდო რღვევის გაკვეთაზე, ხოლო გრავიმეტრიული და მაგნიტომეტრიული გაზომვები გამოყენებულ იქნა ღრმა სტრუქტურების კარტირებისათვის. შედეგებმა არ გვიჩვენა არავითარი მონაცემები ნაწევი სტრუქტურის სასარგებლოდ. ლოკალური მარკერები, როგორცაა ლითოლოგიური კონტაქტები, სტრუქტურული ერთეულები, მეოთხეული ლავის ნაკადები, დიაბაზის სილები უწყვეტლივ გაიდევნებიან სავარაუდო რღვევის ზონის აქეთ-იქით. გრავიმეტრიული და მაგნიტომეტრიული მონაცემები ასევე არ გვიჩვენებენ რაიმე წყვეტას სავარაუდო რღვევასთან. ამასთანავე, ახალი გეოფიზიკური მონაცემები თანხმობაშია საბჭოურ

პერიოდში განხორციელებულ გრავიმეტრიული და მაგნიტომეტრიული გაზომვების შედეგებთან. ჩატარებული საველე დაკვირვებები მოწმობს, რომ აქტიური დამოკლება-შეკუმშვა ბორჯომისა და ყაზბეგის რაიონებში ძირითადად შესხლეტვებზეა მორგებული. ამრიგად, არ არსებობს არავითარი გეოლოგიური, ტექტონიკური, გეომორფოლოგიური, ტოპოგრაფიული და ა.შ. მონაცემები, რომლებიც მიუთითებდნენ ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევის არსებობაზე.

Abstract

Georgia is an earthquake-prone region where devastating earthquakes have repeatedly caused significant loss of lives, damage of infrastructure and buildings. Active tectonics of Georgia and the adjacent area is determined by its position in the zone of the Late Cenozoic continental collision. The collision between the Africa-Arabian and Eurasian plates in Miocene-Pleistocene caused inversion of the relief-at the place of intra-arc and back-arc basins were formed fold-and-thrust belts of the Great-and Lesser Caucasus with the intermountain depression in between.

Complex network of faults determines the divisibility of the region into a number of separate blocks. The boundary zones between these terrains represent the belts of maximum geodynamic activity. The geometry of tectonic structures in the region is largely determined by the wedge-shaped rigid Arabian block(indentor) and by the configuration of the oceanic-suboceanic lithosphere of the Eastern Black Sea and South Caspian Sea(resistant domains),which cause bending of the main morphological and tectonic structures of the region. Three principal directions of active faults compatible with the dominant near NS compressional stress produced by northward displacement of the Arabian plate can be distinguished in the region-longitudinal WNW-ESE or W-E and two transversal NE-SW and NW-SE. The first group of structures having the, so-called, "Caucasian"strike is represented by compressional structures: reverse faults, thrusts, thrust slices, and strongly deformed fault-propagation folds. In contrast to them, the transversal faults are also mainly compressional structures having considerable strike-slip component. The tensional nature of submeridional faults is evidenced by associated intensive Neogene-Quaternary volcanism in some areas of the Transcaucasus, NE-SW left-lateral strike-slip faults are the main seismoactive structures in the West Transcaucasus, while right-lateral strike-slip faults and fault zones are developed in the South-East of the Transcaucasus. Crustal blocks to the west of the submeridional line across the Javakheti volcanic highland experienced westward lateral escaping ,whereas those eastward of this line do not display ESE-directed lateral escaping.

The Caucasus region has long been considered to be an example of indenture tectonics. The proposed Borjomi-Kazbegi sinistral fault(BKF) is considered to be the western boundary of the actively indenting wedge. According to this point of view,the fault penetrates the entire crust

as well as the Moho surface, and represents the left-lateral strike-slip with the west part displaced about 90 km. southward, which occurred during the last 5.0-3.5 million years, after formation of the structural units of the Caucasus including the Great Caucasus mountain fold-and-thrust belt, Georgian block, and Achara-Trialeti fold-and-thrust mountain belt. The fault slip rate has been estimated at 1.8-2.5 cm/year. However, an improved seismic network density has led to observations pointing to a lack of seismicity on the proposed Borjomi-Kazbegi fault. These new observations call into question the existence of the fault, and along with this, the tectonic model of the region. To clarify this, geologic and geophysical field research was carried out along the proposed Borjomi-Kazbegi fault.

Since the Borjomi-Kazbegi fault is also considered to be a major crustal structure, a multidisciplinary approach-geomorphological, geological, geodetic was used during the investigation. Precise GPS instrumentation was used to map multiple local geologic and geomorphologic markers across the proposed line of the fault, while gravimetric and magnetic surveys were used to map deeper structures. The results showed no evidence of the strike slip fault. Localized markers, which included lithologic contacts, structural units, Quaternary lava flows and diabasic sills continue uninterrupted across the proposed fault zone. Gravimetric and magnetic data also show no discontinuity at the proposed fault line. In addition, the new geophysical data agrees with the results of gravity and magnetic surveys carried out during the Soviet period. Current field observations support a model suggesting that active shortening in the Borjomi and Kazbegi regions are accommodated predominantly by thrust faulting. There are no geological, tectonic, geomorphologic, topographic etc data showing the existence of the so-called Borjomi-Kazbegi fault.

შესავალი

თემის აქტუალობა

კაცობრიობისათვის კარგად არის ცნობილი ლითოსფეროს სწრაფი, მყისიერი დეფორმაციების კატასტროფული გამოვლინებები მიწის ზედაპირზე: მიწისძვრები, ვულკანიზმი. ასეულ ათასობით ადამიანთა მსხვერპლი, უზარმაზარი მატერიალური ზარალი, გარემოს გაჩანაგება—ასეთია სტიქიური ბუნებრივი მოვლენების შედეგები. მიწისძვრები გლობალური გავრცელებით სარგებლობს, თუმცა მისი კერები მკაცრად არის ლოკალიზებული ლითოსფერული ფილების საზღვრებთან, ამიტომ მიწისძვრის წყაროს—სავარაუდო რღვევის არსებობის დადგენა, გამოკვლევა და დაზუსტება აქტუალურია არამარტო თეორიული, არამედ პრაქტიკული თვალსაზრისით: წყალსაცავების და კაშხლების (მაგ.ჯვარის- მდ.ენგური, ჟინვალის- მდ.არაგვი და სხვა), ნავთობის და გაზის მილსადენების, დასახლებული პუნქტების და ა.შ. სეისმური უსაფრთხოება და რისკების შეფასება. მით უმეტეს სეისმურად ისეთი აქტიური რეგიონისათვის, როგორიცაა კავკასია, კერძოდ კი საქართველო.

საქართველოსა და მიმდებარე ქვეყნებში გაირჩევა სეისმური თვალსაზრისით აქტიური რღვევების სამი ძირითადი მიმართულება, რომელთა შორის გაბატონებულია ჩრდილოეთის მიმართების კუმშვითი სტრუქტურები. ესენია სუბგანედური (დჩდ) ან განედური (დ—ა), ჩა—სდ და ჩდ—სა. სტრუქტურების ე.წ. „კავკასიონური“ მიმართულებები კუმშვითია: შესხლეტვები და ძლიერ შეკუმშული რღვევაგანვითარებადი ნაოჭები. მათგან განსხვავებით გარდიგარდმო რღვევები ასევე კუმშვითი სტრუქტურებია სხვადასხვა სიდიდის ნაწევური კომპონენტით. ჩა—სდ მარცხენა ნაწევები მთავარი სეისმოაქტიური სტრუქტურებია საქართველოში.

კავკასიის რეგიონი დიდი ხანია განიხილება სოლური ტექტონიკის ერთ-ერთ მაგალითად. სეისმოაქტიური სტრუქტურებიდან კავკასიის რეგიონისა და მიმდებარე ტერიტორიისათვის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანესს, არაერთი მკვლევარის თვალსაზრისით, წარმოადგენს ე.წ. “ბორჯომი-ყაზბეგის” რღვევა (ბყრ), რომელიც დაწყებული თურქეთიდან, გადაკვეთს მთელ ამიერკავკასიას და მთავრდება ჩრდილო კავკასიაში. ბორჯომი—ყაზბეგის მარცხენა ნაწევი მიჩნეულია აქტიურად შემოჭრილი არაბეთის სოლის დასავლურ საზღვრად (Philip et al. 1989; Rebai et al. 1993).

კვლევის მიზანი და ძირითადი ამოცანები

კვლევის მიზანს წარმოადგენს საქართველოს სეისმურად აქტიური სტრუქტურების კვლევის მეთოდების შერჩევა, დახვეწა და მათი გამოყენება კონკრეტული სტრუქტურების დეტალური შესწავლის მიზნით, ამ მეთოდებით ე.წ. “ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევის” შესწავლა, დადგენა იმისა თუ რამდენად რეალურია ამ რღვევის არსებობა, მითუმეტეს, რომ ეს რღვევა, თუ იგი რეალურია, გადაკვეთს ბაქო-ჯეიჰანის ნავთობის და შახდენიზის გაზის სადენებს, აგრეთვე რუსეთ-სომხეთის გაზსადენს. ამისათვის საჭირო გახდა საკვლევი ტერიტორიის ტექტონიკური აგებულების, დეფორმაციების ასაკის და კინემატიკური პროცესების მექანიზმის დადგენა. ამოცანები ეტაპობრივად განხორციელდა:

- რღვევების (მათ შორის ე.წ. “ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევის”) შესახებ არსებული ლიტერატურის მოძიება, გაცნობა, კრიტიკული ანალიზი;
- საკვლევი რეგიონის, ანუ სავარაუდო რღვევის ხაზის გასწვრივ ორივე მხარის კომპლექსური მეთოდებით: გეოფიზიკური (Δg და ΔT ანომალიები, სიღრმული აგებულება), საველე-გეოლოგიური, გეომორფოლოგიური, გეოდეზიური GPS, სეისმური ტომოგრაფიული, სეისმოლოგიური კვლევა;
- გეოდინამიკური პირობების რეკონსტრუქციის საფუძველზე რეგიონის სეისმოლოგიური საშიშროების შეფასება და საჭირო რეკომენდაციების გაკეთება.

საკვლევი ობიექტის განსაზღვრა და პრობლემების ფორმულირება

საკვლევი ობიექტი მოიცავს მთელ საქართველოს ტერიტორიას, უფრო კონკრეტულად კი სავარაუდო “ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევის” ხაზის მომცველ საკმაოდ ფართო ზოლს. საკვლევი ობიექტის შერჩევა განაპირობა შემდეგმა ფაქტორებმა:

1. საქართველოს და მთლიანად კავკასიის ტექტონიკა და გეოლოგიური ევოლუცია არსებითად განპირობებულია მდებარეობით ევრაზიის და აფრიკა-არაბეთის ლითოსფერულ ფილებს შორის, კონტინენტური კოლიზიის და დეფორმაციის ვრცელ ზონაში.

2. კავკასიასა და კერძოდ საქართველოში სეისმოაქტიური თვალსაზრისით არაერთი მნიშვნელოვანი სტრუქტურა არსებობს, რომლებიც იმსახურებენ სპეციალურ კომპლექსურ, კარგად კოორდინირებულ შესწავლას გეოლოგიური, გეოფიზიკური, გეომორფოლოგიური და გეოდეზიური მეთოდებით.

კითხვები, რომლებიც ეხება საკვლევი ტერიტორიის აგებულებას და კინემატიკას შემდეგია: (1) როგორია საკვლევი რეგიონის დეფორმაციის სტრუქტურული სტილი; (2) როგორია დეფორმაციის კინემატიკა; 3) რამდენად დასაბუთებულია რღვევის არსებობა;

კვლევის მეთოდოლოგია

კვლევის დროს გამოყენებულია:

- გეოლოგიური რუკების ანალიზი;
- არსებული გეომორფოლოგიური, სეისმოლოგიური, გეოდეზიური, გრავიმეტრიული, სეისმური ტომოგრაფიის და სტაციონარული GPS სადგურების მონაცემების ინტერპრეტაცია.

ნაშრომის მეცნიერული სიახლე და ძირითადი შედეგები

- ნაშრომში გეომორფოლოგიური, გეოდეზიური, გეოლოგიური, გეოფიზიკური და სეისმოლოგიური ახალი მონაცემების საფუძველზე დაზუსტებულია საკვლევი ტერიტორიის აგებულების, დეფორმაციების ასაკის და კინემატიკური პროცესების თავისებურებები.
- ეს მონაცემები კითხვის ქვეშ აყენებენ რღვევის არსებობას. კომპლექსურმა კვლევამ არ გამოავლინა არავითარი მონაცემები აღნიშნული რღვევის არსებობის თაობაზე. ყველა ტოპოგრაფიული მარკერი გრძელდება უწყვეტლივ აღნიშნული “რღვევის” აქეთ-იქით. ასევე, არცერთი სტრუქტურა არ იძლევა არავითარ ნიშანს მათი ნაწევის ტიპის “რღვევით” გადანაცვლების სასარგებლოდ.

ნაშრომის თეორიული მნიშვნელობა

“ბორჯომი-ყაზბეგის” რღვევის შესწავლის შედეგი ნათლად მეტყველებს, რომ მიწისძვრის წყაროს–სეისმოაქტიური სტრუქტურის რეალობის დასადასტურებლად საჭიროა სტრუქტურის კომპლექსური გამოკვლევა, გეომორფოლოგიური,

გეოდეზიური, სტრუქტურულ-გეოლოგიური, სეისმოლოგიური, ლითოსფეროს სიღრმული აგებულების გრავიტაციული და მაგნიტომეტრული მეთოდებით გამოკვლევა. ნაწევური სტრუქტურების იდენტიფიკაციის თვალსაზრისით განსაკუთრებით ეფექტურია მდინარეული ქსელის ტოპოგრაფიული ანალიზი, სამარკირო გეოლოგიური სტრუქტურების (რღვევა, ნაოჭთა ღერძები, ლითოლოგიური და სხვ. საზღვრები) მსხვილმასშტაბიანი კარტირება, ჰორიზონტული გადაადგილების მიმართულების და სიდიდის გაზომვა GPS ტექნოლოგიების გამოყენებით, მიწისძვრის ეპიცენტრების ხაზოვანი განლაგების და მიწისძვრის კერის მექანიზმების მონაცემთა გათვალისწინება.

ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა

პრაქტიკული თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა აქვს საკვლევ რეგიონში სავარაუდო რღვევის რეალურობის დადგენას, რადგან აქტიური რღვევის არსებობას ყოველთვის თან ახლავს მიმდებარე ტერიტორიის გაძლიერებული სეისმურობა. თავის მხრივ, სეისმური აქტივობა ერთ-ერთი ძლიერი ბუნებრივი მოვლენაა, რომელიც იწვევს ადამიანთა მსხვერპლს და მატერიალურ დანაკარგს; მეორეს მხრივ, ძლიერი მიწისძვრები ხელს უწყობენ მეწყრული და ზვავური პროცესების წარმოქმნას, დაჩქარებას და პროვოცირებას. ამიტომ, ამ სავარაუდო რღვევის არსებობა-არარსებობის დამტკიცება მეტად მნიშვნელოვანია ამ რეგიონის სეისმური საშიშროების დასადგენად.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა

ნაშრომი წარმოადგენს 105 ნაბეჭდ გვერდს (ციტირებული ლიტერატურის გარდა). შედგება შესავლის, 7 ძირითადი თავის, დასკვნების და ციტირებული ლიტერატურის ჩამონათვალისაგან.

კვლევის შედეგების აპრობაცია

დისერტაციის ძირითადი დებულებები მოსმენილი და განხილული იყო: მ.ნოდუას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის სემინარებზე; შავი ზღვის რეგიონის II საერთაშორისო სიმპოზიუმზე (ანკარა, თურქეთი, 2009); შავი ზღვის რეგიონის გეოლოგიის III

საერთაშორისო სიმპოზიუმზე (ბუქარესტი, რუმინეთი, 2011); საქართველოს საპატრიარქოს წმ.ანდრია პირველწოდებულის სახელობის საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე (თბილისი, საქართველო, 2011); ევროპის გეომეცნიერებების კავშირის გენერალურ ანსამბლეაზე (ვენა, ავსტრია, 2012); ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის პირველ საფაკულტეტო სამეცნიერო კონფერენციაზე ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში (თბილისი, საქართველო, 2013); კონფერენციაზე NATO-ს პროგრამა მეცნიერების და უსაფრთხოებისათვის (ივ.ჯავახიშვილის სახ.თსუ, საქართველო, 2013, 1-2 აპრილი); კონფერენციაზე „მცირე კავკასიონის რეგიონული გეოლოგია, გეოდინამიკა და მეტალოგენია“; თანამედროვე კვლევები და ახალი შედეგები კონფერენციაზე (ივ.ჯავახიშვილის სახ.თსუ, საქართველო, 2013,16-18 აპრილი); დარიუსის პროგრამის თბილისის შეხვედრაზე:“ადმოსავლეთი შავი ზღვის და კავკასიის რეგიონის პრაქტიკული კონფერენცია“(თბილისი, საქართველო, 24-25 ივნისი); ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის I საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკულ კონფერენციაზე:“კავკასიის აქტიური ტექტონიკა, მაგმატიზმი-ბუნებრივი საფრთხეები და რესურსები“ (თბილისი, საქართველო, 2013,29 აგვისტო-3 სექტემბერი); ამერიკის გეოლოგიური სამსახურის 125 წლისთავისადმი მიძღვნილ კონფერენციაზე (ა.შ.შ. დენვერი, 2013); საერთაშორისო გეომეცნიერებათა პროგრამის IGCP 610 მეორე პლენარულ კონფერენციაზე (ბაქო 12-20 ოქტომბერი, 2014 წ.).

პუბლიკაციები

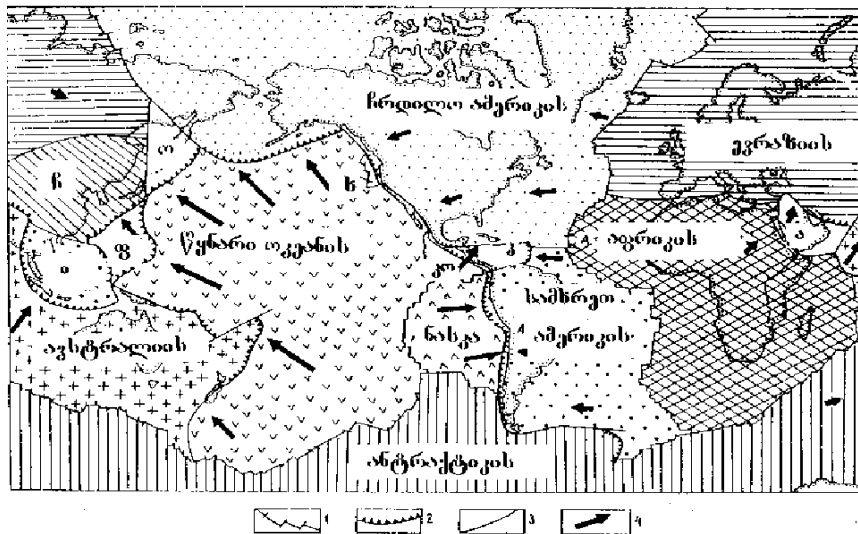
საკვალიფიკაციო თემასთან დაკავშირებით გამოქვეყნებულია და გადაცემულია გამოსაქვეყნებლად 5 ნაშრომი, აქედან-2 იმპაქტფაქტორიან და მაღალრეიტინგულ რეფერირებად და რეცენზირებად საზღვარგარეთულ და საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალებში და საერთაშორისო კონფერენციის შრომათა კრებულში, 3- ადგილობრივ გამოცემებში:

1. Н.Лурсманашвили. (2013). Реальность Боржоми-Казбегского разлома (На примере Боржомского ущелья). Институт геофизики им.М.З.Нодиа. Труды, т. LXIV. Стр. 46-53.

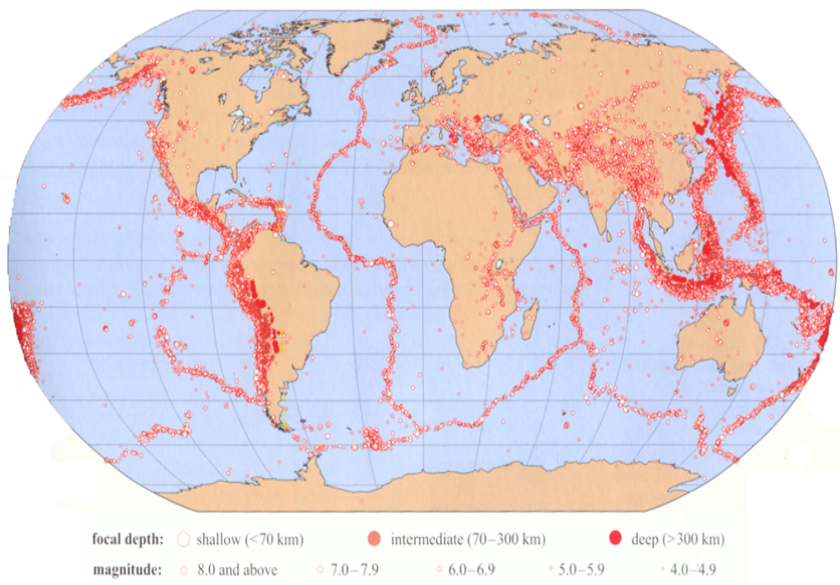
2. ნ. ლურსმანაშვილი.. (2014). რღვევითი სტრუქტურების სეისმოაქტიურობის კვლევის მეთოდика (ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევის“ მაგალითი). საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, Georgian Engineering News. N1, vol.69. გვ.72-77.
3. ნ. ლურსმანაშვილი. (2015). საქართველოს და მიმდებარე არეების მიწისძვრების წყაროების-რღვევების გეომეტრია, კინემატიკა, აქტიური ტექტონიკა. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, Georgian Engineering News. N1. Vol. 73. გვ.91-93.
4. Adamia, Sh., Chkhotua, T., Gvartadze, T., Lebanidze, Z., Lursmanashvili, N., Sadradze, N., Zakaraia, D., Zakariadze, G., (2015). Tectonic setting of Georgia-eastern black sea: a review. Geological Society, London, Special Publications (იმპაქტ-ფქტორი).
5. Adamia, Sh., Alania, V., Tsereteli, N., Varazanashvili, O., Sadradze, N., Lursmanashvili, N., Gventsadze, A., (2015). Post-Collisional Tectonics and Seismicity of Georgia. Proceedings Volume on SW Asian Geology for the Manuel Berberian GSA Session, Denver, USA (in print. იმპაქტ-ფქტორი).

1. მიწისძვრა როგორც მოვლენა, მისი გამომწვევი მიზეზები

დედამიწა, რომელიც წარმოშობიდან დაახლოებით 5 მილიარდ წელს ითვლის, დღესაც აქტიურ პლნეტას წარმოადგენს, რაც მის ზედაპირზე ვლინდება უპირატესად მიწისძვრების, ვულკანიზმის აქტიურობით და სხვა გეოდინამიკური პროცესების სახით. დედამიწის ზედაპირი, უფრო ზუსტად რომ ვთქვათ—ლითოსფერო, დაყოფილია მეტ-ნაკლები ზომის ფილებად, რომლებიც ურთიერთის მიმართ გადაადგილდებიან ძალიან მცირე სიჩქარით—რამდენიმე სანტიმეტრის სიდიდით წელიწადში (სურ.1ა,ბ).



ა.

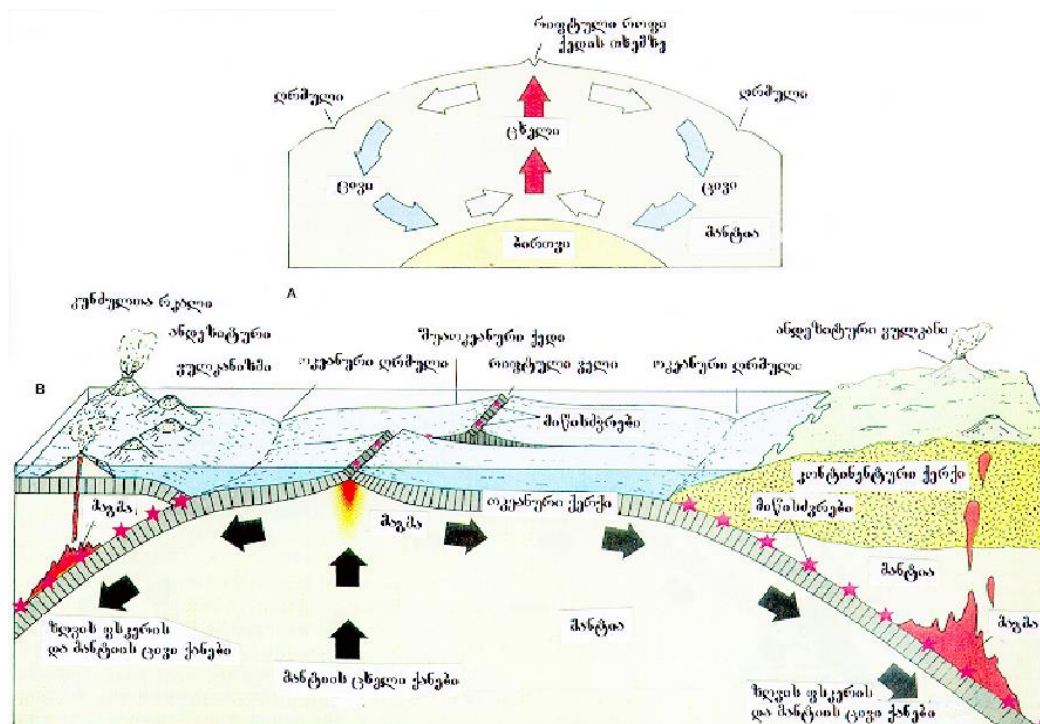


ბ.

სურათი 1.ა.ბ. (ა).ლითოსფერული ფილები; (ბ).წყნარი ოკეანის და ხმელთაშუა ზღვა—
ჰიმალაების სეისმოაქტიური სარტყლები (ადამია და სხვ. 2000; Blake et al. 2007).

ფილები ურთიერთთან მჭიდროდ არიან შერწყმული–შეკავშირებული. მათი გადაადგილებისათვის უდიდესი ძალებია საჭირო. დამაბულობები ფილების საზღვრებთან ათეული–ასეული წლების განმავლობაში გროვდება და შეჭიდულობის ზღვარის მიღწევითანავე ხდება ლითოსფეროს გაგლეჯვა და გაადგილება, წარმოიქმნება ბიძგები, რომლებიც დედამიწის ზედაპირზე მიწისძვრის სახით გამოვლინდება მით მეტი სიმძლავრით, რაც უფრო მეტი ენერგია გამოთავისუფლდება ბიძგის შედეგად.

ლითოსფეროს ფილათაგან წყნარი ოკეანის ფილა ერთ–ერთი უდიდესია. იგი რამოდენიმე სანტიმეტრის სიჩქარით მოძრაობს ჩრდილო–დასავლეთისკენ. მისი დასავლეთი საზღვრებია: კუნძულები–ახალი ზელანდიის, ინდონეზიის, ფილიპინების, ტაივანის, იაპონიის და კურილების, აგრეთვე კამჩატკის ნახევარკუნძული; ჩრდილო საზღვარია–ალეუტის კუნძულები და ალიასკა; აღმოსავლეთი საზღვარი მიუყვება ჩრდილო ამერიკის, ცენტრალური და სამხრეთი ამერიკის წყნაროკეანურ სანაპიროს. წყნარი ოკეანის ფილის საზღვარი ჩამოთვლილ კუნძულებთან, აგრეთვე ჩრდილო–და სამხრეთ ამერიკის კონტინენტებთან აღიარებულია როგორც გეოდინამიკურად ყველაზე უფრო აქტიური ჩვენს პლანეტაზე. ამ საზღვრებთან არის დაკავშირებული თანამერდოვე ვულკანები, რის გამო გეოლოგები მას „ცეცხლოვან რკალს“ უწოდებენ, ხოლო გეოფიზიკოსები და გეოლოგები–წყნარი ოკეანის ტიპის აქტიურ საზღვარს, აგრეთვე–სეისმოფოკალურ ზონას, ვინაიდან იქ არის მოქცეული უძლიერესი მიწისძვრების კერები, დაწყებული მიწის ზედაპირიდან 700კმ. სიღრმემდე (სურ.1.2).



სურათი 1.2. სეისმოგეოკალური ზონები წყნარი ოკეანის აზიასა და ჩრდილო ამერიკასთან საზღვრებზე. ვარსკვლავები—მიწისძვრის კერები (ადამია და სხვ.2000).

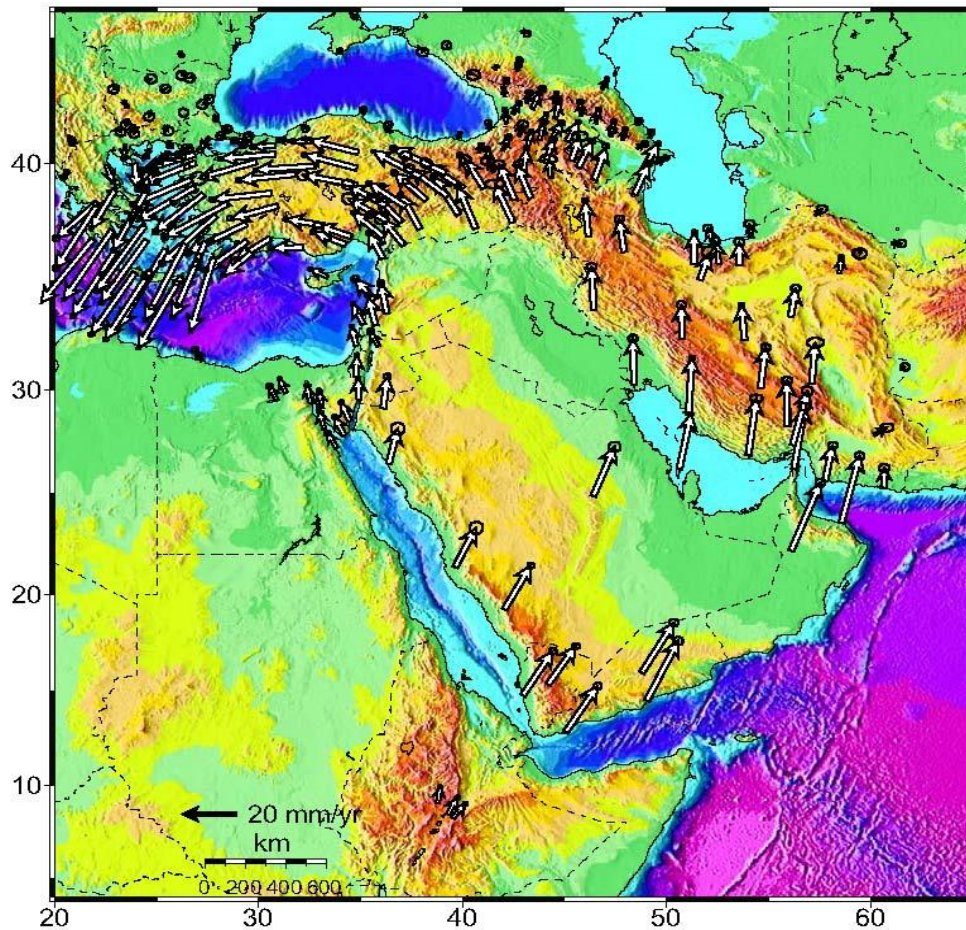
მიწისძვრების და ვულკანური ამოფრქვევების თვალსაზრისით ძალზე აქტიურია აგრეთვე ინდოეთის ოკეანის აღმოსავლეთი საზღვარი ანუ ინდო-ავსტრალიური ფილის ევრაზიურ ფილასთან საზღვარი. ოკეანის ქერქის გადაადგილება აქ აღმოსავლეთით ხდება რამდენიმე სანტიმეტრი/წელიწადში სიჩქარით. ოკეანური ქერქი იძირება ზემოთ აღნიშნული კუნძულების ქვეშ. დაგროვილი ენერგიის განმუხტვა დროდადრო ხდება ბიძგებით, რასაც გვაუწყებს მიწისძვრები. საყოველთაოდ არის ცნობილი სუმატრის 2004წ. 26 დეკემბრის 9.1 მაგნიტუდის სიმძლავრის მიწისძვრა და მისი შედეგები: 230 000 ადამიანის დაღუპვა გამოწვეული მიწისძვრით და ზღვისძვრით (ცუნამი). მიწისძვრა თავის-თავად არ კლავს ადამიანს, მსხვერპლის და ზიანის მომტანია მის მიერ გამოწვეული მეორადი მოვლენები. განსაკუთრებით საშიშია ცუნამი, რომელიც, როგორც წესი, თანსდევს ოკეანური ფილების საზღვრებთან მომხდარ მიწისძვრებს, იწვევს ძალზე დიდ ნგრევას სანაპიროებზე, მსხვერპლს, უდიდეს მატერიალურ ზარალს. საცხოვრებელი და ადმინისტრაციული შენობების, დიდი საინჟინრო ნაგებობების და სხვათა ნგრევა, ხანძარი, ფერდობების ჩამონგრევა, მეწყერი და სხვა მსგავსი კატასტროფები ძლიერი მიწისძვრების თანმხლები მოვლენებია.

სხვა ტიპისაა ე.წ. ალპურ-ჰიმალაური სეისმოაქტიური სარტყელი, გადაჭიმული (როგორც სახელიდან ჩანს) ევროპიდან ინდოჩინეთამდე (იხილე სურ.1,ბ). ამ სარტყელის

ნაწილია შავი ზღვა-კასპიის ზღვის რეგიონი: კავკასია (ჩრდილო კავკასია, საქართველო, სომხეთი, აზერბაიჯანი) და მეზობელი ქვეყნები : საბერძნეთი, რუმინეთი, თურქეთი, ირანი, უფრო აღმოსავლეთისკენ კი ცენტრალური აზიის სახელმწიფოები: ავღანეთი, პაკისტანი, ინდოეთი, ჩინეთი, ოკეანის კუნძულები.

სეისმურად აქტიური ეს სარტყელიც ევრაზიის და აფრიკა-არაბეთის ლითოსფერულ ფილებს შორის საზღვარს წარმოადგენს. ამ ტიპის საზღვრებს კოლიზიურს უწოდებენ, წარმოშობილია კონტინენტების შეჯახების შედეგად. გეოლოგიურ წარსულში, დაახლოებით 60 მილიონი წლის წინ, ასეულობით მილიონი წლის განმავლობაში, ზემოთ აღნიშნულ კონტინენტებს ერთმანეთისაგან ოკეანური აუზები ჰყოფდა. კონტინენტების გადაადგილების შედეგად ყოფილი ოკეანე თანდათან დავიწროვდა და ბოლოს თითქმის მთლიანად დაიხურა, დარჩა მხოლოდ მცირე ვიწრო ნაწილი რელიქტის სახით-ამჟამინდელი ხმელთაშუა ზღვა.

ალპურ-ჰიმალაური კოლიზიური საზღვარი მიწისძვრების თვალსაზრისით მნიშვნელოვნად განსხვავდება წყნარი და ინდოეთის ოკეანეების სეისმოაქტიური სარტყლებისაგან. აქ არ არის ცნობილი ზედრმა (ასეული კმ) მიწისძვრები და მათი სიძლიერეც ბევრად ნაკლებია. თუმცა იმის გამო, რომ აფრიკა-არაბეთის ლითოსფერული ფილა ამჟამადაც მოძრაობს ჩრდილოეთისაკენ დაახლოებით 2-3 სმ/წ სიჩქარით (სურ. 1.3), ადგილი აქვს დედამიწის ქერქის დეფორმაციებს, რღვევების წარმოშობას და, აქედან გამომდინარე, მიწისძვრებს და სხვა ბუნებრივ კატასტროფებს.



სურათი 1.3. ისრებით ნაჩვენებია აფრიკა-არაბეთის ლითოსფერული ფილის მოძრაობის მიმართულება და სიჩქარე (Reilinger et al. 2006).

ევრაზია-აფრიკა (არაბეთი) კონტინენტებს შორის კოლიზიური სარტყელი არ არის სეისმურად ერთგვაროვანი, ვინაიდან აქ ერთმანეთს ენაცვლებიან გეოლოგიურად-რეოლოგიურად განსხვავებული ერთეულები: მყიფე-მსხვრევადი (მიკროკონტინენტების, კუნძულთა რკალების რელიქტები) და პლასტიური (ოკეანეების-პროტოტეთისის, პალეოტეთისის, ნეოტეთისის რელიქტები). შედარებით უფრო ძლიერი მიწისძვრები დამახასიათებელია აღნიშნული ზონის სამხრეთი ნაწილისათვის, ნაკლებად ძლიერი-ჩრდილო ნაწილისათვის, მათ შორის საქართველოსათვის. ასე მაგალითად, თურქეთში 1998-2002წწ განმავლობაში 7 მაგნიტუდაზე უფრო ძლიერი 2 მიწისძვრა მოხდა იზმიტი-გიოლჯუკის $M=7,7$ 1999წ 17 აგვისტოს და დიუსჯე-კაინაშის $M=7,4$ 1999წ 12 დეკემბერს, ხოლო 6,0-6,5 მაგნიტუდის 3 მიწისძვრა. 1974წ იზმიტის მიწისძვრის შედეგად პატარა ქალაქი, განლაგებული მარმარილოს ზღვის პირას, დაიმეწყრა და ზღვის წყლის ქვეშ აღმოჩდა. დიდი იყო მსხვერპლი-30 000 დაღუპული, ეკონომიკურმა ზარალმა 10 მილიარდ აშშ დოლარს გადააჭარბა, ზოგიერთი გათვლით კი 20 მილიარდს

მიაღწია. მსგავსმა მიწისძვრამ ($M=7,3$), რომელიც მოხდა საქართველო–თურქეთის საზღვრის სამხრეთით, ე.წ. ჩალდარანის რღვევაზე, 1976წ. 24 ნოემბერს გამოიწვია ნაგებობების ნგრევა 2 000 კვ.კმ ტერიტორიაზე. $M=7$ და უფრო ძლიერი არაერთი მიწისძვრა მოხდა ირანში ისტორიულ პერიოდში. ამის მაგალითებია: 1780წ. 8 იანვრის $M=7.4$ სიმძლავრის თავრიზის, 1777წ. 21 მარტის ხორგუსის მოვლენები, დაკავშირებული შესაბამისად თავრიზის და ზაგროსის რღვევებთან. ნგრევა და მსხვერპლი ძალზე დიდი იყო.

კავკასიაში დაახლოებით ბოლო 26 წლის განმავლობაში $M\sim 7,0$ სიმძლავრის 2 მიწისძვრა მოხდა, (1) 1988წ 7 დეკემბერს სომხეთში (სპიტაკის მიწისძვრა), რის შედეგად 25 000 ადამიანი დაიღუპა, უამრავი დაშავდა, დაინგრა ადმინისტრაციული და საცხოვრებელი შენობები; (2) საქართველოში 1991წ 29 აპრილის რაჭა–იმერეთის ($M=7,0$), რომლის ეპიცენტრი რაჭის რღვევას ემთხვევა, კერა 2–12 კმ სიღრმეზე მდებარეობდა. უფრო ძლიერი მიწისძვრა საქართველოში აღნიშნული არ არის (სურ.1.4. ა,ბ,გ,დ).



ა



ბ



ბ



დ

სურათი 1.4. ა,ბ,გ,დ- სპიტაკის და რაჭის მიწისძვრების შედეგები.

ცნობილია ისიც, რომ მიწისძვრების გამომწვევი მიზეზები დედამიწის შიგნეთშია და არა მის გარეთ. მთვარის, სხვა პლანეტების და ციური სხეულების დედამიწის მიმართ მდებარეობა, მათი გადანაცვლება არ ახდენს არსებით გავლენას მიწის შიგნეთში მიმდინარე პროცესებზე. მიწისძვრის და სხვა ბუნებრივი სტიქიური მოვლენების გარდაუვალობა სრულიადაც არ ნიშნავს, რომ კაცობრიობას არ ძალუძს მათთან გამკლავება, საზიანო შედეგების თავიდან აცილება ან/და შემსუბუქება. საამისოდ მრავალი საშუალება და დიდი გამოცდილება არსებობს: უაღრესად სახიფათო ადგილებში შეიძლება არ დასახლდეს ადამიანი, ან არ ააგოს დიდი და სარისკო შენობები, ან ააგოს სეისმომედეგი მშენებლობის ნორმების და სტანდარტების სრული დაცვით; იცოდეს თუ როდის როგორ უნდა მოიქცეს, იქონიოს საჭირო მოწყობილობა—დანადგარები, ეფექტურად გამოიყენოს მატერიალური და ინტელექტუალური რესურსები. არსებობს საკმაოდ მდიდარი გამოქვეყნებული მასალა თუ როგორი მიდგომა არსებობს ასეთი პრობლემების გადაჭრისათვის ისეთ ქვეყნებში, როგორიცაა ამერიკის შეერთებული შტატები და კანადა, ავსტრალია, იაპონია, ევროპის რიგი სახელმწიფო (მაგ. იტალია, საფრანგეთი). მიწისძვრებს დ ამით გამოწვეულ საგანგებო მოვლენებს საქართველოშიც ექცევა სათანადო ყურადღება. კვლევა—ძიებითი საქმიანობა მიმდინარეობს ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ.ნოდუას გეოფიზიკის ინსტიტუტში, აგრეთვე სამშენებლო მექანიკის და

[illegible]

22

რუკაზე ნაჩვენებია აგრეთვე ნავთობის და ბუნებრივი აირის მილსადენები: რუსეთ-სომხეთის, ბაქო-სუფსის, ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის და შახდენიზის, აგრეთვე ე.წ. ბორჯომი-ყაზბეგის ნაწევის სავარაუდო არე.

2. მიწისძვრების ლოკალიზაცია დროსა და სივრცეში

მიწისძვრა წარმოადგენს რღვევის არსებული ზედაპირების გასწვრივ მთის ქანების ცალკეული უბნების გადაადგილების ან სიღრმეში მთის ქანების მასივების მთლიანობის დარღვევის შედეგს. მიწისძვრების დიდი უმრავლესობის კერები ღრმად არიან განლაგებული. ზედა ფენებში და მნიშვნელოვან სიღრმეებში მიმდინარე პროცესებს შორის კავშირი არსებობს, ასეთი კავშირის დამამტკიცებელია მიწისძვრების ეპიცენტრების ლოკალიზაცია ლითოსფერული ფილების დივერგენტულ, კონვერგენტულ და ტრანსფორმულ საზღვრებთან (იხ. სურ. 1.1ა,ბ).

მიწისძვრები დაკავშირებულია გარკვეულ ზონებთან-ე.წ. სეისმოფოკალურ ზონებთან:

1. სეისმურობის წყნარი ოკეანის ზონა-კონვერგენტული საზღვარი. მის ფარგლებში ხდება ყველა მიწისძვრათა 80%, მათ რიცხვში კატასტროფულ მიწისძვრათა უმეტესობა, ბევრი შუალედური (სიღრმის მიხედვით) და ყველა ღრმაკერიანი მიწისძვრა.
2. კონტინენტი-კონტინენტის კოლიზიის ზონა, მაგ. ალპურ-ჰიმალაური ოროგენი; მის ფარგლებში ხდება ბევრი, სიღრმის მიხედვით შუალედური მიწისძვრა, ხშირია დამანგრეველი მიწისძვრები.
3. სეისმურობის მეორეხარისხოვანი ზონები დაკავშირებული ფილების დივერგენტულ საზღვრებთან, მაგ. შუა ოკეანური ქედები.

წყნარი ოკეანის სეისმოაქტიური ზონა იწყება კამჩატკის აღმოსავლეთ ნაპირებთან, შემდეგ ალეუტის კუნძულებზე გავლით მემართება ალიასკისაკენ. აქ სეისმურობა მეტად მაღალია. მიწისძვრები ხშირია, ხდება კატასტროფულიც. სამხრეთით, კალიფორნიის რგოლის გამოკლებით, სეისმურობა უმნიშვნელოა. შემდეგ ეს ზოლი მიემართება მექსიკისაკენ. ცენტრალურ ამერიკაში მისგან განშტოვდება კარიბის ან ანტილიის მარყუჟი. შემდეგია წყნარი ოკეანის და სამხრეთ ამერიკის სანაპიროს გასწვრივი სარტყელი, რომელიც მთავრდება სამხრეთ ანტილიის მარყუჟით, იგი მიემართება ამერიკის სამხრეთ კიდიდან ფოლკლენდის და სამხრეთ გიორგის კუნძულებზე გავლით ანტარქტიდისკენ.

წყნარი ოკეანის აზიურ სანაპიროებთან სეისმოაქტიური ზონა გაივლის კურილიისა და შემდეგ იაპონიის კუნძულების გასწვრივ და ცენტრალურ იაპონიაში იყოფა დასავლეთ და აღმოსავლეთ შტოებად. დასავლეთი გადის რიუ-კიუს, ფორმოზას

და ფილიპინის კუნძულებზე, აღმოსავლეთით შტო კი მიემართება სამხრეთი მარიანის კუნძულებისაკენ, სადაც მეტად ხშირია მიწისძვრები კერის შუალედური სიღრმით.

ღრმა კერების შემცველი სეისმოფოკალური ზონა მიემართება იაპონიიდან მანჯურიისაკენ, რის შემდეგ უხვევს სწორი კუთხით და გადის აზიის კონტინენტის მახლობლად, ძირითადად აღმოსავლეთი შტოს პარალელურად. დასავლეთი შტო ფილიპინებიდან მიემართება მოლუკის კუნძულებისაკენ, შემდეგ უვლის ბანდის ზღვას და ზონდის კუნძულებზე გავლით მიჰყვება ნიკობარის და ანდამატის კუნძულებს. შესაძლებელია ბირმაზე გავლით ეს შტო უერთდებოდეს ტრანსაზიურ ზონას.

აღმოსავლური შტო გადის კუნძულ გუამზე. შემდეგ იგი გრძელდება აღმოსავლეთისაკენ კუნძულ იაპამდე, რის შემდეგაც მკვეთრად უხვევს სამხრეთისაკენ და გადის ტონგას და სამოას კუნძულებს შორის, ახალ ზელანდიაზე გავლით; მაკ-კუარის კუნძულების სამხრეთით იგი უხვევს და ქმნის მარყუჟს, რომლის სამხრეთით რგოლი მიემართება აღმოსავლეთისაკენ. ამ ადგილების სეისმურობის შესახებ ცნობები არასაკმარისია. შეიძლება დავუშვათ, რომ პასხის კუნძულებით ეს ზოლი შეერთებულია სამხრეთ ამერიკის სეისმოაქტიურ რგოლთან.

ევრაზია-აფრიკა/არაბეთის ზონა იწყება ძალიან ფართო ზოლით, რომლის სამხრეთი ნაწილი მოდის ბირმაზე და მიემართება მისი მთის რკალების პარალელურად. პამირის მიმართულებით ზონა ვიწროვდება და შემდეგ კვლავ ფართოვდება, იერთებს რა ბელუჯისტანს და ირანს. შემდეგ იგი კვლავ ვიწროვდება და მცირე აზიაზე გავლით შედის ხმელთაშუა ზღვის აუზში. ევროპაში ეს ზონა იღუნება, მოიცავს კვიპროსს, კრეტას, ეგეოსის ზღვას და გადის ბალკანებზე. ალპები და კარპატები ნაკლებ სეისმურია, რუმინეთის აქტიური კვანძის გამოკლებით (ჩრდილოეთის განედის 46° , აღმოსავლეთის გრძედის 26°), სადაც არაერთგზის მომხდარა ძლიერი მიწისძვრა დაახლოებით 150 კმ. კერის სიღრმით (ვრანჩის მიწისძვრები რუმინეთში). უნდა აღინიშნოს ზონის აპენინის განშტოება და პირინეის ნახევარკუნძული, რომელიც ნაკლებ სეისმურია, თუმცა მიწისძვრების წყარო თვით აზორის კუნძულებამდე გრძელდება.

ჩრდილო-აღმოსავლეთით ევრაზია/აფრიკა არაბეთის სეისმოაქტიური ზონის ზედა-ჩრდილოური შტო შესაძლოა დაკავშირებული იყოს ლენის შესართავით არქტიკულ ზონასთან.

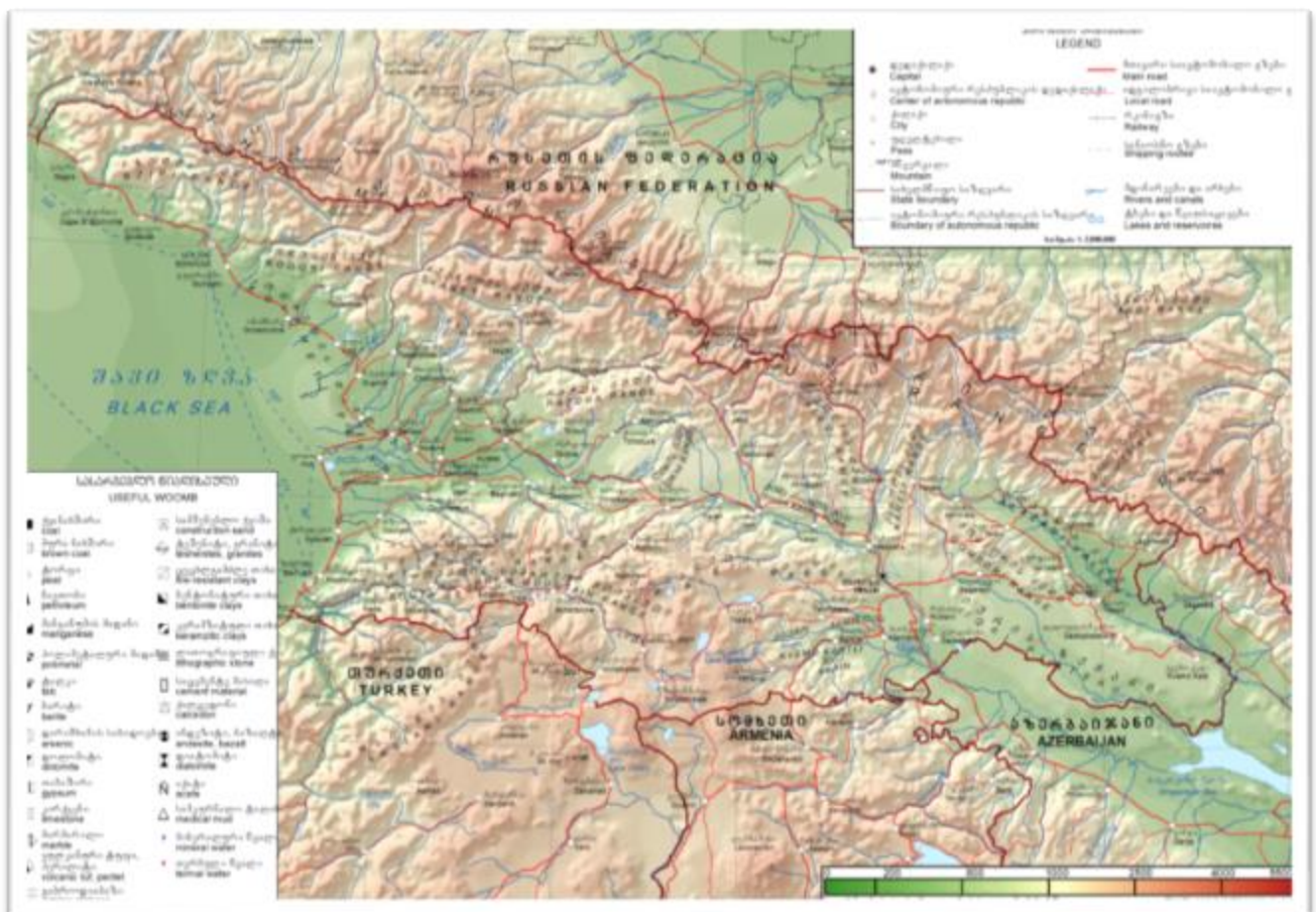
არქტიკის და ატლანტიკის სეისმოაქტიური ზოლი იწყება მდინარე ლენის შესართავის შედარებით იშვიათი მიწისძვრებიანი რაიონიდან, შემდეგ ის მიჰყვება ლომონოსოვის წყალქვეშა ქედს, შპიცბერგენს, იან-მაიენისს და ისლანდიის კუნძულებს. შემდეგ იწყება ზოლის ატლანტიკური ნაწილი, რომელიც გრძელდება ატლანტიკის შუაოკეანური ქედის გასწვრივ. უდიდესი სეისმურობა აღინიშნება ამ ქედის მოსახვევზე ეკვატორთან. შემდეგ ზოლი მიემართება სამხრეთისაკენ და იკარგება ტრისტან დ'აკუნიას კუნძულებთან.

ინდოეთის ოკეანის სეისმოაქტიური ზოლი იწყება არაბეთის სამხრეთით და მიდის ფსკერის ამოწვევის მიმართულებით, რომელიც მას ორ ნაწილად ყოფს, შემდეგ კი სამხრეთით ანტარქტიკისაკენ მიემართება. ეს ზოლი შესაძლებელია შეერთებული იყოს წყნარი ოკეანის შუაოკეანურ ქედთან სამხრეთ ანტილიის მარყუჟის საშუალებით. აფრიკის აღმოსავლეთი კიდის გასწვრივ ვრცელდება შიგაკონტინენტური სეისმური ზოლი, რომელიც დაკავშირებულია აღმოსავლეთ აფრიკის გრაბენებთან.

3.საქართველო სეისმურად აქტიური გლობალური სარტყლის ნაწილი

3.1.ლანდშაფტი

საქართველო ხასიათდება ბუნებრივი გარემოს განსაკუთრებული მრავალფეროვნებით და სიმდიდრით—კონტრასტული რელიეფით, სხვადასხვა კლიმატური ზონის განსხვავებული ლანდშაფტებით, ჰიდროგენული რეჟიმებით, სასარგებლო წიაღისეულით, თერმული და მინერალური წყაროებით და სხვ. საქართველოს ძირითადი მორფოლოგიური ერთეულებია კავკასიონის და მცირე კავკასიონის მთაგრებილები გაყოფილი ერთმანეთისაგან შავი ზღვა—რიონის (კოლხეთი) და მტკვარი—სამხრეთ კასპიის მთათაშუა დაბლობებით (სურ.3.1).



სურათი 3.1. საქართველოს ფიზიკურ-გეოგრაფიული რუკა.

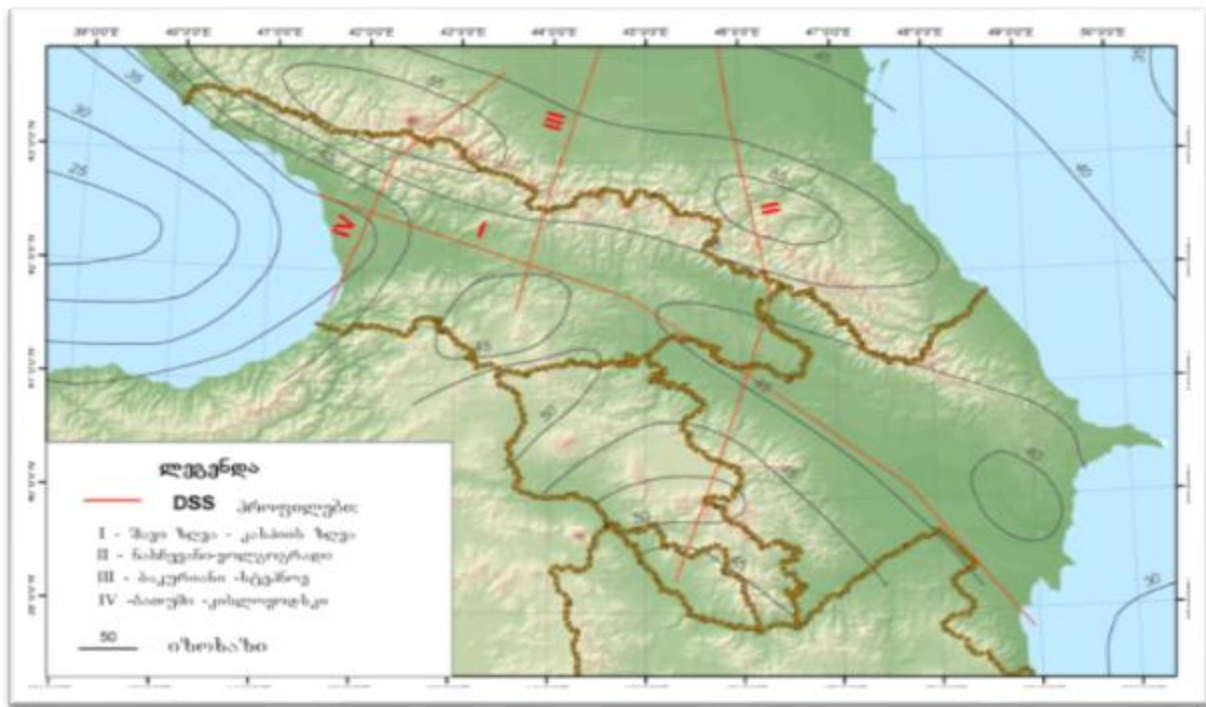
3.2.ტექტონიკური პოზიცია

საქართველოს და მთლიანად კავკასიის ტექტონიკა, სეისმოტექტონიკა და გეოლოგიური ევოლუცია განპირობებულია მისი პოზიციით ამჟამადაც კონვერგირებად ევრო—აზიურ და აფრიკა—არაბულ ლითოსფერულ ფილებს შორის. ამ მხარის ფანეროზოულ დროში განვითარება გასული ბოლო ათწლეულების განმავლობაში განიხილება მრავალ პუბლიკაციაში. რიგი

ავტორის თანახმად შავი ზღვა–კასპიის ზღვის რეგიონი გვიან პროტეროზოურში, მეზოზოურში და ადრე კაინოზოურში ამჟამად გამქრალი ოკეანე ტეთისს და მის ევრაზიურ, აგრეთვე აფრიკა–არაბულ/გონდვანურ სანაპიროებს მიეკუთვნებოდა. ამ კონვერგენტული ზონის ფარგლებში კუნძულთა რკალების და რკალსუკანა აუზების სისტემა არსებობდა. ისინი დამახასიათებელი იყო კოლიზიურამდელი გვიანპროტეროზოური–ადრეკაინოზოური სტადიისათვის. კონტინენტურმა კოლიზიამ, დაკავშირებულმა გვიან ალპური ტექტონიკური ციკლის სინკოლიზიურ (ოლიგოცენი–შუა მიოცენი) და პოსტკოლიზიურ (გვიანი მიოცენი–მეოთხეული) სტადიებთან, გამოიწვია რელიეფის ინვერსია. შესაბამისად, რკალსუკანა აუზების ადგილზე შეიქმნა ნაოჭა–რღვევითი სარტყელები: კავკასიონის და მცირე კავკასიონის, ხოლო ამიერკავკასიის უდრეკი ბლოკების (მიკროკონტინენტები, კუნძულთა რკალები) ადგილზე ამიერკავკასიური მთათაშუა დებრესია. კოლიზიამდელი ზღვიური აუზები შეცვალა ნახევრად ჩაკეტილმა ევქსინური ტიპის აუზებმა (პარატეთისი), შემდგომში კი (გვიანი მიოცენი, ~9–7მ.წ) შიდაკონტინენტურმა აუზებმა სედიმენტაციის სუბაერული და სანაპირო ზღვის პირობებით (Adamia et.al.2011).

3.3. ძირითადი ტექტონიკური ერთეულები

საქართველო დანაწევრებულია რამდენიმე ტექტონიკურ ერთეულად, რომლებიც განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან მათი სტაბილურობა–ლაბილურობის ხარისხით. (სურ.3.2). არჩევენ უდრეკ (სუბ–პლატფორმა, ქვაზი–პლატფორმა) და ნაოჭა–რღვევით ერთეულებს. სკვითური (კავკასიონის წინა) პლატფორმის სამხრეთით წარმოდგენილია შემდეგი ტექტონიკური ერთეულები: კავკასიონის ნაოჭა–რღვევითი მთიანი სარტყელი (GC); ამიერკავკასიის მთათაშუა დაბლობი განლაგებული სტაბილურ ერთეულებზე (საქართველოს ბელტი,GB); აჭარა–თრიალეთის ნაოჭა–რღვევითი მთიანი სარტყელი (AT); ართვინ–ბოლნისის (AB) სუბ–პლატფორმული ერთეული და ლოქი–ყარაბაღის აკრეციული ზონა (LG). ნეოგენ–მეოთხეული კონტინენტური ვულკანური ქანები აგებენ ზეგნებს და ჩამქრალი ვულკანების რამოდენიმე ცენტრს სამხრეთ საქართველოში და კავკასიონზე.



სურათი 3.3. მიწის ქერქის რუკა (Adamia et.al.2013).

3.6. თანამედროვე გეოდინამიკა

საქართველოს და შავი ზღვა-კასპიის ზღვის რეგიონების თანამედროვე გეოდინამიკა, მთლიანობაში, განპირობებულია მისი მდებარეობით ჯერ კიდევ კონვერგირებად ევრაზიურ და აფრიკა-არაბულ ფილებს შორის. გეოდეზიური მონაცემების თანახმად კონვერგენციის სიჩქარეა ~30 მმ/წ, რომლის 2/3, როგორც ჩანს, იხარჯება მცირე კავკასიონის (სევან-აკერის) ოფიოლიტური ნაკერის სამხრეთით, უმეტესად სომხეთში, ნახჩევანში, ჩდ ირანსა და აღმოსავლეთ თურქეთში. ლითოსფერული ფილების დანარჩენი ს-ჩ მიმართული შეფარდებითი გადაადგილება იხარჯება სამხრეთ კავკასიაში ქერქის დეფორმაცია-შემოკლებაზე (იხ.სურ.1.3).

3.7. სეისმურობა

მაგნიტუდის რაჭის მიწისძვრა, უძლიერესი ოდესმე აღნიშნული რეგიონის მაღალი გეოდინამიური აქტიურობა გამოხატულია მრავალი პალეოსეისმოდისლოკაციით, კონტრასტული ნეოტექტონიკური მოძრაობებით და სეისმური აქტიურობით. ორი დამანგრეველი მიწისძვრა მოხდა სამხრეთ კავკასიაში ბოლო 27 წლის განმავლობაში. პირველია 1988წ. 7 დეკემბრის 6,9 მაგნიტუდის სპიტაკის მიწისძვრა სომხეთში, საქართველო-სომხეთის საზღვართან. მეორე სეისმური მოვლენა იყო 1991წ. და 29 აპრილის 7 საქართველოსთვის (იხ. სურ.1.4 ა,ბ,გ,დ).

3.8.სეისმოაქტიური სტრუქტურები

რეგიონის სეისმოაქტიური სტრუქტურების რუკა და კატალოგი, მასშტაბით 1:500000, მოიცავს ტერიტორიას მოქცეულს დაახლოებით ასეთ კოორდინატებში: $41^{\circ}15'N-44^{\circ}30'N$ და $40^{\circ}00'E-46^{\circ}30'E$. რუკა ფარავს საქართველოს ტერიტორიას მთლიანად და შავი ზღვის აუზის აღმოსავლეთ ნაწილს. რუკა არის შედგენილი შესატყვისი მასშტაბის გეოლოგიური და ტექტონიკური რუკების, სეისმოლოგიური (მიწისძვრის კატალოგები და მიწისძვრის კერის მექანიზმები) და გეოდეზიური (GPS გაზომვები) მონაცემებზე დაყრდნობით (იხ. სურ. 1.5).

სეისმოაქტიური სტრუქტურები იდენტიფიცირებულია ძირითადად რეგიონის ნეოტექტონიკური სტრუქტურების და მიწისძვრების კორელაციის საფუძველზე. კორელაცია ემყარება იმ მონაცემებს, რომელთაც იძლევა 3-განზომილებიანი გეოლოგიური და სეისმოლოგიური ობიექტები (რღვევები, მიწისძვრის კერები). ამ კვლევის უშუალო შედეგია, უმთავრესად, მიწისძვრის წყაროების იდენტიფიცირება და მათი პარამეტრიზაცია (Adamia et al. 2008, 20015; Varazanashvili et al. 2011).

აფრიკა-არაბეთის ფილის ჩრდილოეთისაკენ მიმართული მოძრაობის შედეგად პოსტოლიგოცენურ დროში რეგიონი გადაიქცა შიდაკონტინენტური ნაოჭა-მთების ნაგებობად. მისი დღევანდელი სტრუქტურის და რელიეფის ფორმირების პროცესი განსაკუთრებით გაძლიერდა გვიანი მიოცენიდან (გვიანი სარმატი, ~7მ.წ.). კავკასიის პოსტოლიგოცენური სუბჰორიზონტული დამოკლება, გამოწვეული აფრიკა-არაბეთის ფილის ჩრდილოეთისაკენ გადაადგილებით, იზომება ასეული კილომეტრებით. მიწის ქერქის ასეთი მნიშვნელოვანი დავიწროება განხორციელდა რეგიონში რამოდენიმე გზით: 1. ქერქის დეფორმაცია-კუმშვითი სტრუქტურების ფართე განვითარებით (ნაოჭები, შესხლეტვები, ტექტონიკური ზეწრები); 2. ბლოკების დაბრეცვა და გადაადგილება აზეგებით, ჩაზნექვით და ერთმენეთზე შეჯდომით (პროცესი, რომელსაც ეძახიან "კონტინენტურ სუბდუქციას"); 3. ლატერალური გასხლტომით.

აქტიური რღვევების სამი ძირითადი მიმართულება (თავსებადი გაბატონებული ს-ჩ კუმშვით დამაბულობებთან, რაც გამოწვეულია არაბეთის ფილის ჩრდილოეთისაკენ მოძრაობით) შეიძლება გავარჩიოთ რეგიონში: განედური (დჩდ ან დ-ა) და ორი გარდიაგარდმო (ჩა-სდ და ჩდ-სა). სტრუქტურების პირველი ჯგუფი, რომელთაც აქვთ ე.წ. „კავკასიონური“ მიმართებები, წარმოდგენილია კუმშვითი სტრუქტურებით:

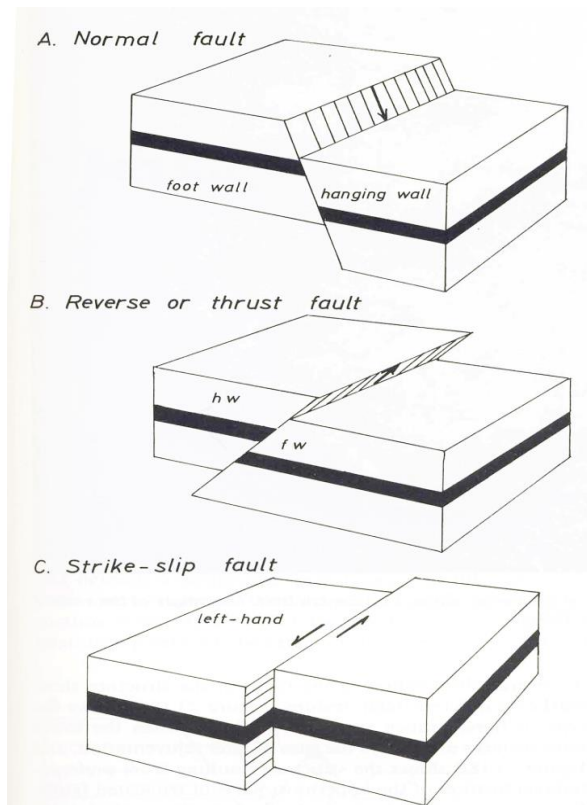
რევერსიული რღვევებით, ტექტონიკური ქერცლებით, მათთან დაკავშირებული რღვევა–განვითარებადი ნაოჭებით. მათგან განსხვავებით გარდი–გარდმო რღვევები ასევე შეკუმშვითი სტრუქტურებია, თუმცა აქვთ რამდენადმე მნიშვნელოვანი ნაწევური შემადგენელი. ჭიმვითი ბუნება სუბმერიდიანული რღვევების შემთხვევაში დასტურდება ნეოგენ–მეოთხეული ინტენსიური ვულკანიზმით. ეს კავშირშია სამხრეთი საქართველოს ჭიმვით რღვევებთან. ჩა–სდ მარცხენა ნაწევები უმთავრესი სეისმოაქტიური სტრუქტურებია ჩა თურქეთში, საქართველოს სამხრეთსა და სომხეთში. მარჯვენა ნაწევები და ნაწევური რღვევის ზონები განვითარებულია აღმოსავლეთ საქართველოში (იხ.სურ.1.5).

საქართველოს რიგი ძლიერი მიწისძვრის კერის მექანიზმის ანალიზი უჩვენებს, რომ ქერქული ბლოკები, მდებარე ჯავახეთის ჩამქრალი ვულკანების სუბმერიდიანული მწკრივის დასავლეთით, განიცდიან გასხლტომას დასავლეთსაკენ, ხოლო ქერქული ბლოკები მდებარე ამ მწკრივის აღმოსავლეთით მოძრაობენ ასა მიმართულებით. ეს მონაცემები თანხმობაშია GPS გაზომვების მონაცემებთან.

3.9.მიწისძვრის წყაროები–რღვევები, წყვეტები

წყვეტილი სტრუქტურები წარმოადგენენ ქანების დეფორმაციის შედეგს, როდესაც ადგილი აქვს მათი მთლიანობის დარღვევას, დაშლას. ამგვარი დაშლა ხდება იმ შემთხვევაში, როდესაც დაძაბულობა გადააჭარბებს ქანების სიმტკიცეს. წყვეტით სტრუქტურებს ძალზე ფართო გავრცელება აქვთ ლითოსფეროში და ნაოჭა სტრუქტურებთან ერთად განსაზღვრავენ მის შინაგან აგებულებას და გარეგნულ იერსახეს. წყვეტები ეწოდება ქანების ისეთ აშლილობას, რომლის დროსაც ადგილი აქვს წყვეტის სიბრტყის მიმდებარე ქანების (ბლოკების) ურთიერთგადაადგილებას. ლითოსფეროში გლობალური და რეგიონული მასშტაბის წყვეტით აშლილობებს რღვევებს/წყვეტებს უწოდებენ. გამოყოფენ წყვეტების შემდეგ ძირითად მორფოლოგიურ–კინემატიკურ სახეობებს: ნასხლეტი, შესხლეტვა–შეცოცება, ნაწევი, განაწევი და სხვა. ნაწევი წრმოადგენს წყვეტის ისეთ სახეობას, რომელშიც გადაადგილება ხდება ჰორიზონტული მიმართულებით, წყვეტის სიბრტყის გასწვრივ. ეს სიბრტყე შეიძლება იყოს ვერტიკალური ან დახრილი გარკვეული კუთხით. ამის მიხედვით გამოიყოფა ვერტიკალური, ციცაბო, და დამრეცი ნაწევები. ქანების მიმართებისადმი ნაწევი შეიძლება იყოს გასწვრივი, განივი (გარდიგარდმო) და ირიბი

(დიაგნალური). ნასხლეტი (ან ნორმული სხლეტვა) ეწოდება ისეთ დისლოკაციას, რომელშიც წყვეტის (რღვევის) სიბრტყის გასწვრივ დაწეულია ზედა ბაგე, ანუ წყვეტის სიბრტყე დაქანებულია დაწეული ბაგისაკენ. წყვეტის სიბრტყის დაქანების კუთხის მიხედვით ნასხლეტი შეიძლება იყოს დამრეცი ან ციცაბო . შრეების მიმართებასთან დამოკიდებულების მიხედვით იქნება გასწვრივი, განივი (გარდიგარდმო) და ირიბი (დიაგნალური), შრეებრივობის ზედაპირთან ურთიერთობის მიხედვით – შეთავსებული (თანხმობითი) და შეუთავსებელი (უთანხმო). წყვეტის სიბრტყის ზედაპირი შეიძლება იყოს ბრტყელი, გაღუნული და რკალური, ხოლო მათი ზედაპირის გაყოლებით ჩნდება ღრუები, რომლებიც შემდეგ შეიძლება ამოივსოს ძარღვებით ან ნამსხვრევი მასალით. შესხლეტვა ეწოდება წყვეტას , რომლის შემთხვევაში ზედა ბაგე გადაადგილებულია ზევით, ანუ წყვეტის სიბრტყე დაქანებულია აწეული ბაგის მხარეს. ასე რომ, შესხლეტვა ნასხლეტის საწინააღმდეგო სტრუქტურაა და მისი წარმოშობა ძირითადად შეკუმშვითი ძალებით ხდება. შესხლეტვები, ნასხლეტების მსგავსად, შეიძლება იყოს ციცაბო, დამრეცი, შეთავსებული და შეუთავსებელი, ანუ თანხმობითი და უთანხმო. განაწევი ეწოდება ისეთ წყვეტით სტრუქტურას, რომელშიც ბაგეების გადაადგილება ხდება წყვეტის სიბრტყის მართობული მიმართულებით. შეცოცებები თავისი ბუნებით ახლო დგანან შესხლეტვებთან, მაგრამ მათგან განსხვავებით წყვეტის სიბრტყის შედარებით მცირე დახრილობით და გადაადგილების მეტი ჰორიზონტული ამპლიტუდით ხასიათდებიან (სურ.3.4 ა,ბ,გ).



სურათი 3.4. A,B,C. რღვევების სამი ძირითადი ტიპის გეომეტრიული ნიშნები: A-ნასხლეტი, B-შესხლეტა, C-ნაწევი (Ramsay&Huber, 1987).

რაც შეეხება სიღრმულ რღვევებს, ისინი წარმოადგენენ დიდი ხაზობრივი გავრცელების (ასეული კმ.), ხანგრძლივი განვითარების (ათეული მლნ. წელი) და მნიშვნელოვანი სიღრმული ჩასახვის (ათეული კმ.) წყვეტით სტრუქტურებს. ისინი ერთმანეთისგან ჰყოფენ მიწის ქერქის გეოლოგიურად განსხვავებულ ნაწილებს, მაგალითად, ნაოჭა მთიან სისტემებს მთათაშუა მასივებისაგან. სიღრმული რღვევები განსაზღვრავენ რელიეფის ძირითადი ფორმების (ქედები, დაძირვები) და ტექტონიკური სტრუქტურების გავრცელებას. კინემატიკური თვალსაზრისით არჩევენ სიღრმულ ნასხლეტებს, შესხლეტვებს, შეცოცებებს და ნაწევებს, რომელთა ბუნება ისეთივეა, როგორიც იმავე ტიპის ელემენტური წყვეტებისა, მხოლოდ მასშტაბებია უფრო მნიშვნელოვანი.

4.საქართველოს სეისმურად აქტიური სტრუქტურები: ბორჯომი–ყაზბეგის რღვევა, მისი გამოყოფის და კვლევის ისტორია

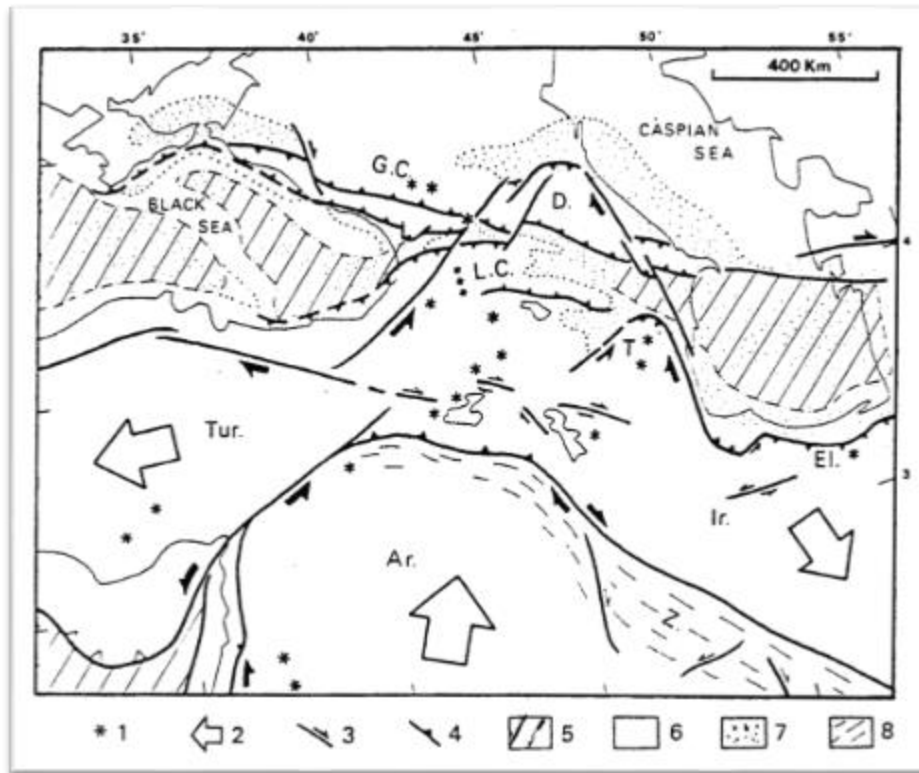
ინტერესი კავკასიის ლითოსფეროს აგებულების და მისი ფორმირების შესახებ ადრეც იყო მკვლევართა ყურადღების საგანი,თუმცა ამ საკითხისადმი ინტერესი ბოლო წლებში საგრძნობლად გაიზარდა,მათ შორის რეგიონის სეისმოტექტონიკისადმი, რაზეც მოწმობს ამ პრობლემისადმი მიძღვნილი არაერთი საერთაშორისო პროექტი და მრავალი პუბლიკაცია. სეისმოაქტიური სტრუქტურებიდან კავკასიის რეგიონისა და მიმდებარე ტერიტორიისათვის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანესს, არაერთი მკვლევარის თვალსაზრისით, წარმოადგენს ე.წ. “ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევა” (ბყრ) (სურ.4.1).



სურათი 4.1. “ბორჯომი–ყაზბეგისრღვევა”(ბყრ)–მარცხენაწვერი. ბყრ განიხილება როგორც ჩასდ მიმართების ნაწევი, რომელიც იწყება თურქეთში, გადაკვეთს მთელ საქართველოს და გრძელდება ჩრდილო კავკასიაში (Philip et al.,1989).

“ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევა“, დაწყებული თურქეთიდან, გადაკვეთს მთელ კავკასიას და მთავრდება ჩრდილო კავკასიაში. რღვევის სამხრეთი ნაწილი--ბორჯომის რღვევა, გამოყო ჰ.აბიხმა (Abich,1899), ცნობილმა ავსტრიელმა გეოლოგმა. რღვევის ჩრდილო ნაწილის ავტორია ე. მილანოვსკი (Милановский,1964), რომელმაც სტრუქტურის ჩა ნაწილს ცხინვალი-ყაზბეგის რღვევა უწოდა.“ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევა“, როგორც მარცხენა ნაწევი 60კმ. ჰოროზონტული ამპლიტუდით, მოხსენიებულია მოსკოველი გეოფიზიკოსის ლუკინას მიერ 1985 წელს. განსაკუთრებული მნიშვნელობა ბყრ-ს

მიენიჭა Philip et al.(1989). პუბლიკაციის შემდეგ, სადაც მისი ჰორიზონტული ამპლიტუდა განისაზღვრა~90კმ-ით (სურ.4.2).

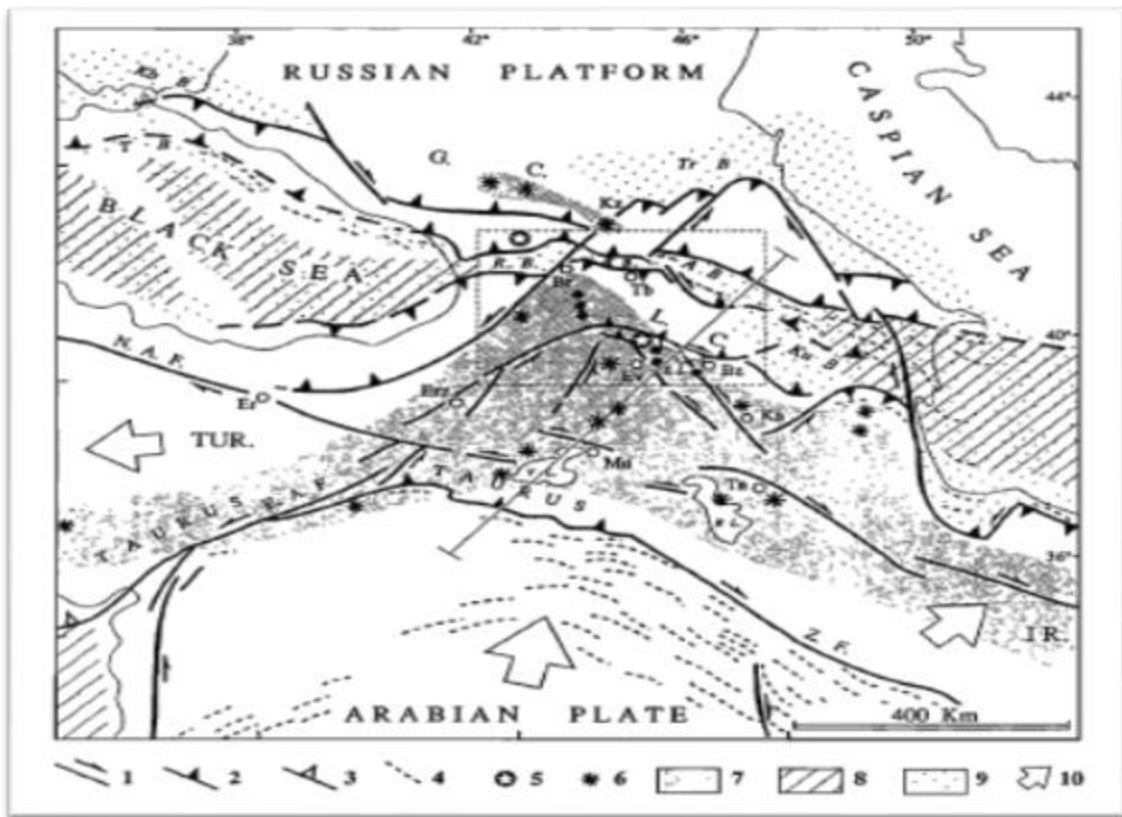


სურათი 4.2. “ზორჯომი-ყაზბეგის რღვევა” მარცხენა ნაწევი.

1-ახალგაზრდა ვულკანები; 2-ფარდობითი მოძრაობა ევრაზიის მიმართ; 3-ნაწევის ძირითადი ტიპური რღვევები; 4-შესხლეტვის ძირითადი რღვევები; 5-ოკეანური ან გარდამავალი ქერქი; 6-კონტინენტური ქერქი; 7-ძირითადი სედიმენტური აუზები; 8-არაბეთის ფილის თანამედროვე საზღვრის თანმხლები დანაოჭება; G.C.-კავკასიონი; D- დაღესტანი; LC-მცირე კავკასიონი; T-თალიში; El-ელბურსის მთები; Ir-ირანის ბლოკი; Tur-თურქეთის ბლოკი; Ar - არაბეთის ფილა; Z-ზაგროსის მთები; K - ყაზბეგის ვულკანი; E-იალბუზის ვულკანი (Philip et al. 1989).

Philip et al. (1989) მიხედვით ბერ ყოფს კავკასიას გეოლოგიურად ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავებულ დასავლურ და აღმოსავლურ ნაწილებად, კვეთს მთელ ქერქს , M ზედაპირსაც, წარმოადგენს მარცხენა ნაწევს, რღვევიდან დასავლეთი მხარე გადაადგილებულია სამხრეთისაკენ - 90კმ-ით. გადაადგილება მოხდა ბოლო 5.0-3.5 მილიონი წლის განმავლობაში, ე.ი. მას შემდეგ რაც დამთავრდა კავკასიის ძირითადი სტრუქტურული ერთეულების ჩამოყალიბება: კავკასიონის ნაოჭა-რღვევითი მთიანი სარტყელის,საქართველოს ბელტის, აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-რღვევითი მთიანი სარტყელის. გადაადგილების სიჩქარეა 1.8-2.5 სმ-წელიწადში (Philip et al. 1989).

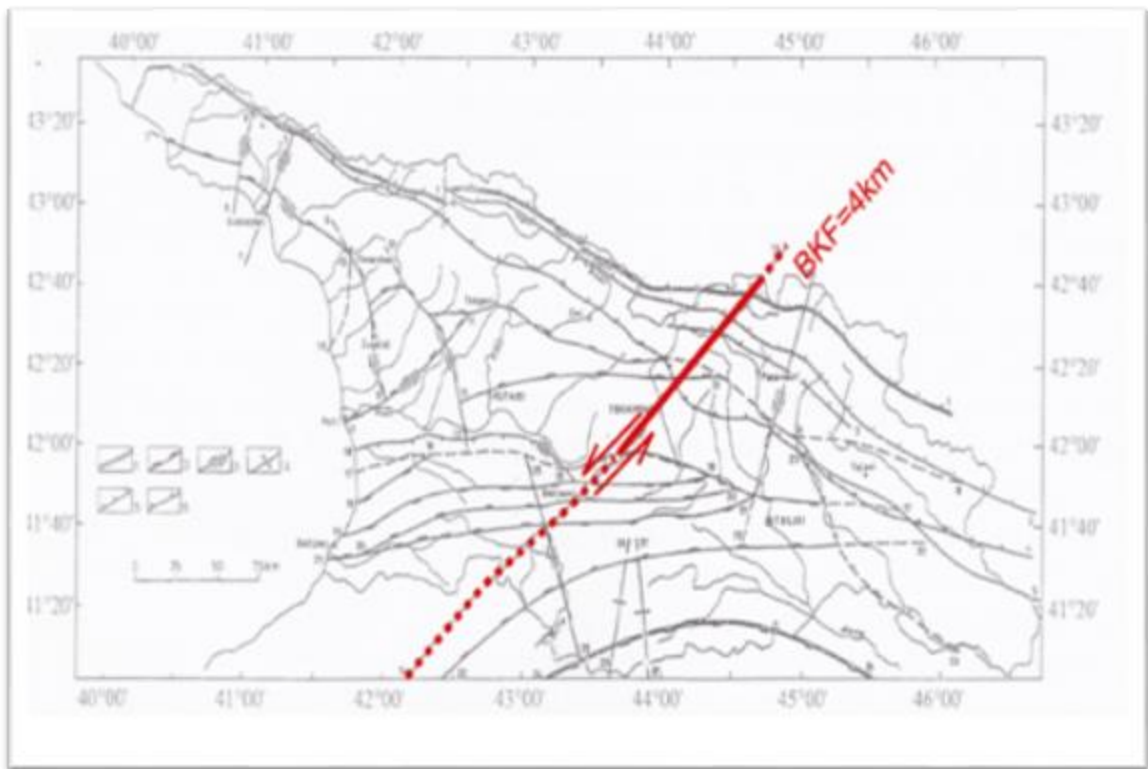
ბერ-ის იქეთ-აქეთა მხარეები განსხვავებულია სეისმური თვალსაზრისითაც, ასე ფიქრობენ (Philip et al. 1989). რეზაის და სხვ. მიხედვით (Rebai et al. 1993) გადაადგილება ბერ-ის გასწვრივ 70-120 კმ-ია (სურ.4.3).



სურათი 4.3. 70–120 კმ-იანი სავარაუდო მარცხენა ნაწევი (Rebai et al.1993) .

1.დიდი ნაწევები; 2.დიდი რღვევები; 3.სუბდუქციის ღრმული; 4. ახალგაზრდა დანაოჭება; 5.სპიტაკის (7დეკემბერი,1988) და რაჭის-ჯავის (27 აპრილი 1991) მიწისძვრების ეპიცენტრული ზონა; 6. ჩამქრალი ვულკანები;7. პლიოცენ-მეოთხეული ვულკანური ზონები; 8.ოკეანური და გარდამავალი ქერქი; 9.ნეოგენური და მეოთხეული მთავარი აუზები; 10.ბლოკების შედარებითი მოძრაობა ევრაზიის მიმართ.

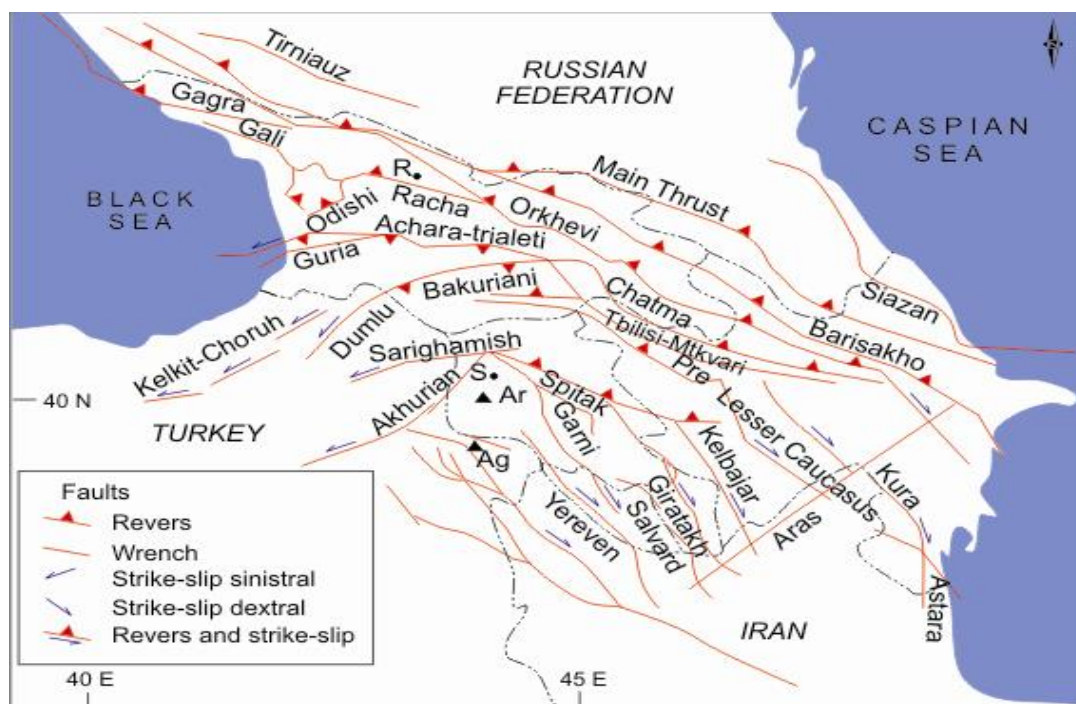
Philip et al.(1989), Rebai et al.(1993)მიიჩნევენ, რომ ბერ დასავლეთიდან შემოსაზღვრავს არაბეთის ქიძს . ეს მოსაზრება გაზიარებულია რიგი მკვლევარის მიერ , რომელთა თანახმად ბერ ლევანტის ტრანსფორმული რღვევის და აღმოსავლეთი ანატოლიის რღვევის უშუალო გაგრძელებას წარმოადგენს. ბერ, როგორც მნიშვნელოვანი სტრუქტურა, ნაჩვენებია ქართველი მეცნიერების პუბლიკაციებშიც (მაგ. Gamkrelidze et al, 1998; Caputo, Gamkrelidze et al. 2000; სურ.4.4).



სურათი 4.4. წერტილებით აღნიშნულია სავარაუდო გადაადგილება ბყრ-ის გასწვრივ. (Gamkrelidze et al., 1998; Caputo et al., 2000).

5. ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევის არსებობის რეალობა

როგორც ადგილობრივმა, ასევე უცხოელმა არაერთმა მკვლევარმა არ ჩათვალა სარწმუნოდ მონაცემები ბერ რეალობის შესახებ. ბერ-ს არსებობა უარყო ISTC (მეცნიერების და ტექნოლოგიის საერთაშორისო ცენტრი) პროექტი GA-651 CauSIN -ის (კავკასიის სეისმურობის საინფორმაციო ქსელი) მონაწილეთა ერთმა ნაწილმა, რის გამოც ამ პროექტის ანგარიშში წარმოდგენილია სეისმოაქტიური რუკის 2 ვარიანტი: ბერ-ით და მის გარეშე (სურ. 5.1).



სურათი 5.1. კავკასიის სეისმოაქტიური რღვევების რუკის შ.ადამიას ვერსია (Adamia et al. 2011).

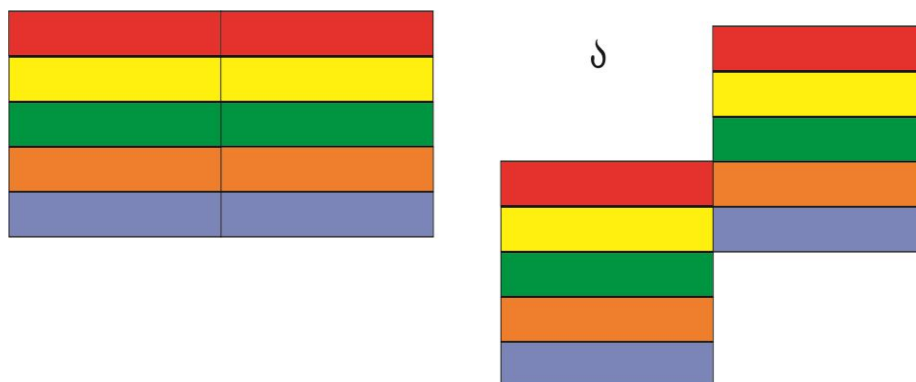
ერთ-ერთი ძირითადი არგუმენტი ბერ-ის არარსებობის სასარგებლოდ არის გეოლოგიური აგებმის მასალები, ასახული სხვადასხვა მასშტაბის სახელმწიფო გეოლოგიურ რუკებზე. მაგალითად: დასავლეთ კავკასიის 1:1000000 K-(37),(38), 1982; საქართველოს 1:600000, 1964; 1:500000, 2003, 2004; კავკასიის 1:500000, 1976, 2003 და 2004; ასევე საქართველოს 1:200000 და სხვა უფრო მსხვილი მასშტაბის გეოლოგიური რუკები:

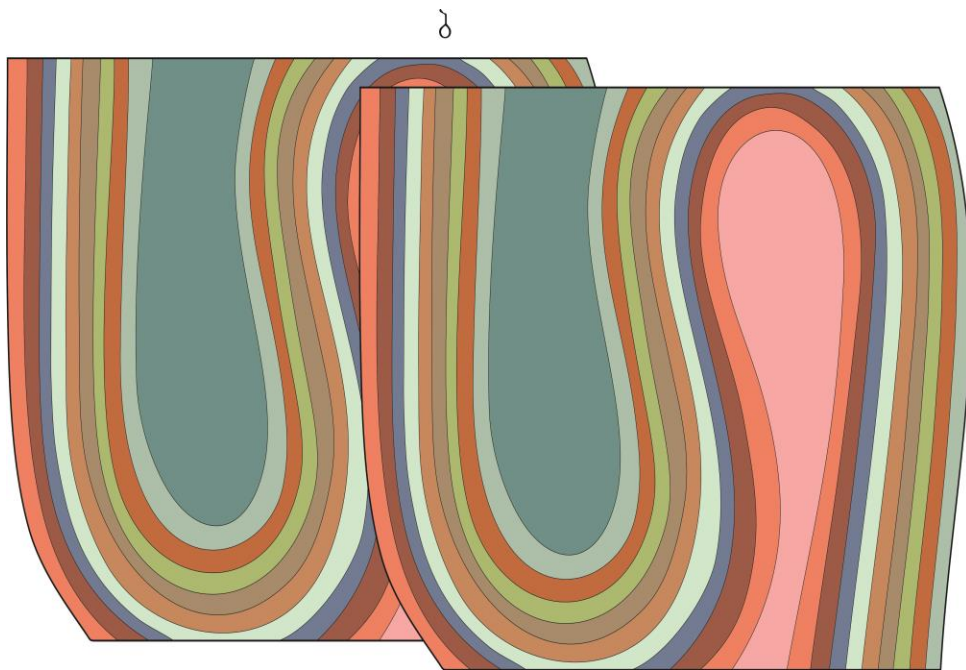
- ახალციხე-ბორჯომის, 1: 200 000 K-38-XX, პ.გამყრელიძე, 1957;
- ძირულის მასივის, 1:200000 K-38- XIV, ნ.კანდელაკი და ი.კახაძე, 1958;
- ცხინვალი-ყაზბეგის, 1:200 000 K-38- XV, ნ.კანდელაკი, ი.კახაძე, 1956;

- ყაზბეგის რაიონის, 1:100000 K-38-53, ი.ვაშაკიძე, 2005.

ყველა დასახელებულ რუკაზე კარგად ჩანს, რომ არ არის ღნიშნული ხაზოვანი ერთეულების არავითარი გადაადგილება.წ. ბერ-ით. გადაადგილება არ აღინიშნება აგრეთვე სიღრმული აგებულების არსებულ რუკებზე, მაგ. M ზედაპირის რუკაზე. არ აღინიშნება მიწისძვრების ეპიცენტრების თავმოყრა ბერ-ის გასწვრივ ბორჯომის ხეობაში, არც ქართლის ვაკესა და კავკასიონის სამხრეთ ფერდზე (ცხინვალი-ყაზბეგი). კერის მექანიზმები, განსაზღვრული ე.წ. ბერ-ის ხაზზე, არ მიუთითებს იქ სდ-ჩა მიმართულების მარცხენა ნაწევის არსებობაზე (მაგ. Triep et al, 1995). ჯავის 1991წ. მიწისძვრის აფტერშოკის კერის მექანიზმი მიუთითებს ჩრდილო-დასავლეთი-სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულების შესხლეტვაზე (Fuenzalida et al. 2007) და არა მარცხენა ნაწევზე.

ამრიგად, არსებული გეოლოგიური და გეოფიზიკური მასალა დაუპირისპირდა რიგი მკვლევარის დებულებას ბერ-ის რეალობის შესახებ. საჭირო გახდა დამატებითი სპეციალური გამოკვლევა, გამომდინარე იმ ფაქტიდან, რომ მნიშვნელოვანი ჰორიზონტული გადაადგილების ნაწევი ნაოჭა-რღვევით სტრუქტურებში არ შეიძლება დარჩეს შეუმჩნეველი გეოლოგიური თვალსაზრისით დამაკმაყოფილებლად შესწავლილი რეგიონისათვის (სურ.5.2 ა,ბ). სწორედ ასეთს წარმოადგენს საქართველო, კერძოდ მისი ის ნაწილი, სადაც იგულისხმება ბერ.





სურათი 5.2ა,ბ. (ა) თარაზული შრეების ნაწევით გადაადგილების მოდელი; (ბ) დანაოჭებული შრეების ნაწევით გადაადგილების მოდელი.

6. ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევის რეალობის დასადგენად შერჩეული მეთოდები

ბორჯომი-ყაზბეგის სათუო რღვევის რეალობის დასადგენად საჭირო გახდა სხვადასხვა მეთოდის კომპლექსური გამოყენება, არსებული მონაცემების სწორად შეფასებისა და, შემდგომ, დასაბუთებული დასკვნის გაკეთებისათვის. ამ რღვევის დასადგენად გამოვიყენეთ კომპლექსური მიდგომა-გეომორფოლოგიური, გეოდეზიური, გეოფიზიკური, გეოლოგიური, სტრუქტურული და სეისმური.

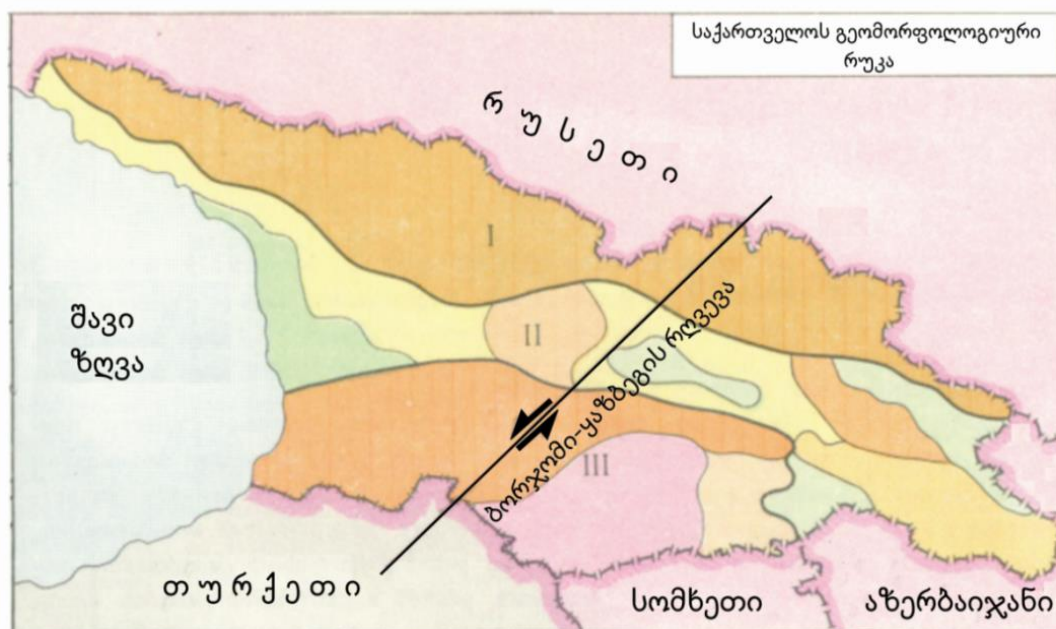
6.1. გეომორფოლოგიური მეთოდი.

გეომორფოლოგიური მეთოდი გამოიყენება რელიეფის აგებულების, მისი გენეზისის, ფორმირების გზებისა და თანამედროვე დინამიკის შესწავლისათვის. საქართველო გეომორფოლოგიური კონტრასტების ქვეყანაა. იგი გამოირჩევა რთული რელიეფით, რასაც პირველ რიგში განაპირობებს მისი გეოტექტონიკური მდებარეობა, აგებულება და რთული გეოლოგიური ისტორია. მის რელიეფში შერწყმულია ნაირ-ნაირი ჰიფსომეტრიული და მორფოგრაფიული თავისებურებების მატარებელი ელემენტები. კავკასია შეიძლება მივაკუთნოთ ისეთ რეგიონებს, სადაც სავსებით გამართლებულია ნეოტექტონიკის ტრადიციული განსაზღვრა-ნეოტექტონიკა, უახლესი ტექტონიკა, მიოცენის შემდგომი ტექტონიკა (Толковый словарь, Glossary, 1978; Геологический словарь, т.2, 1978), რომლის შედეგადაა შექმნილი რეგიონის თანამედროვე რელიეფის ძირითადი ერთეულები. ამის დადასტურებაა ამიერკავკასიის მთათაშორისი დეპრესიის და ჩრდილო კავკასიის მთისწინა ზოლის აკუმულაციური ნალექების, ვულკანური წარმონაქმნების და სტრუქტურების ნეოგენ-მეოტხეული ასაკი (Схиртладзе, 1958., Маисурадзе 1990, 2004). გეომორფოლოგიური ეტაპი მოიცავს დროს გვიან სარმატიდან მეოტხეულის ჩათვლით. ამ პერიოდში ტექტონიკური ფორმების სტრუქტურული და მორფოლოგიური ფორმირების პროცესი სინოროგენულია, შესაბამისად, აზევება კონეროზიულია, დაძირვა კი კონსედიმენტაციური (მესხია და სხვ. 2003). კავკასიისათვის ნეოტექტონიკური სტადიის დასაწყისად შეიძლება მიჩნეულ იქნეს ოლიგოცენური დრო (მაგ. Милановский и Хаин 1963, Геология СССР, т.10, 1964 და სხვა.), ან გვიანი სარმატი, როდესაც იწყება ოროგენეზისის მკვეთრი გაძლიერება, განპირობებული ოკეანე ტეთისის ჩრდილოური

შტოს დახურვით და აფრიკა-არაბეთის ლითოსფერული ფილის კოლიზიით (შეჯახებით) ევრაზიულ ფილასთან (Adamia et al 2011), კავკასიონის აზეცება მიმდინარეობდა გასწვრივი ფლექსურებითა და სიღრმული რღვევებით გართულებული და შემოსაზღვრული ერთიანი დამრეცი თაღის სახით, რომლის მაქსიმალური ამპლიტუდა 4-5 კმ-ია, საშ. 2,5 კმ.(Милановский и Хаин 1963; Цагарели, Кулошвили, 1984).

მცირე კავკასიონის მთიანი სარტყელი ხასიათდებოდა კავკასიონთან შედარებით ნაკლები ჯამური აზეცების ამპლიტუდით (მაქსიმალური + 3,5 კმ, საშ. 1,8 კმ). ამიერკავკასიის მთათაშუა დებრესია მიოცენის დასასრულიდან (~7 მლნ. წელი) დაწყებული ყალიბდება ერთიანი მთათაშუა დაძირვის სახით. ძირულის აზეცებამ დაანაწევრა იგი ორ მთისწინა დაძირვად: რიონის და მტკვრის.

საქართველოს ტერიტორია გეომორფოლოგიური თვალსაზრისით შეიძლება დაიყოს 3 ძირითად ოლქად: I - კავკასიონი; II - ამიერკავკასიის მთათაშუა ჩადაბლება; III-სამხრეთ საქართველოს მთიანეთი (საქართველოს გეოგრაფიული ატლასი,1964) (სურ.6.1).



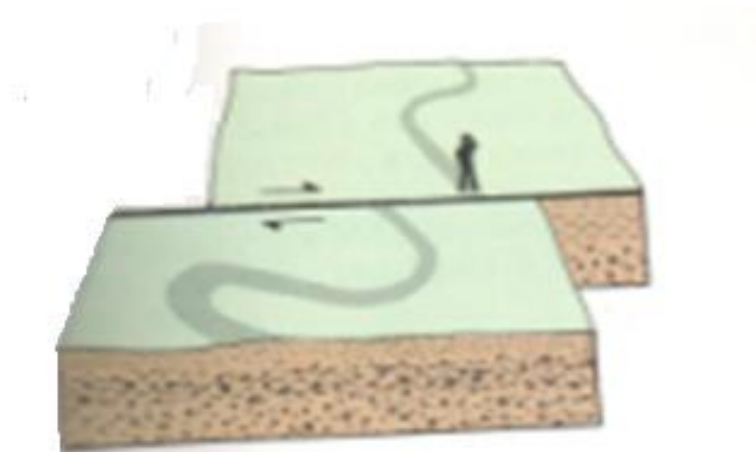
სურათი 6.1. საქართველოს გეომორფოლოგიური რუკა (АТЛАС ГССР 1964г.) და ე.წ. ბორჯომი-ყაზბეგის მარცხენა ნაწევი.

ბე რღვევით ათეული კმ სიდიდით გადაადგილების შემთხვევაში საქართველოს ძირითადი მორფოლოგიური ერთეულების საზღვრები მნიშვნელოვნად უნდა იყოს შეცვლილი. მაგრამ როგორც გეომორფოლოგიური რუკიდან კარგად ჩანს, მთავარი გეომორფოლოგიური ერთეულების საზღვრები არ არის დარღვეული და ნაწევით გადაადგილებული (იხ.სურ.6.1).

6.2. ტოპოგრაფიის ანალიზის მეთოდი

ცნობილია, რომ ნაწევი ჩვეულებრივ იწვევს გარემოს ტოპოგრაფიის, განსაკუთრებით მდინარეული ქსელის შესაბამის ცვლილებებს. მდინარეები სხვადასხვა სახის ნაკადების მსგავსად, სამი სახის მუშაობას აწარმოებენ : ეროზიას, ნაშალის გადატანას და მის დაგროვებას(ცხოვრებაშვილი. 1980). ეროზია–ესაა მდინარის მიერ დინების გზაზე წარმოებული ხაზობრივი ნგრევითი მოქმედება, რასაც შედეგად მოსდევს კალაპოტის ჩაჭრა და ხეობის თანდათანობითი გარღმავება–გაფართოება, ე.ი. რელიეფის ესოდენ გავრცელებული „უარყოფითი“ ფორმის შექმნა. ეროზიის ერთ–ერთი სახეა სათავის ანუ უკუსვლითი ეროზია, რომელსაც მდინარის უკუსვლის გამო წყალგამყოფის თანდათანობითი გადაადგილება მოსდევს შედეგად. მდინარეული ეროზიის მნიშვნელოვანი შედეგი არის ხეობის განვითარება. საქართველოში დღეს ცნობილი დიდი ხეობები მრავალი ათასეული წლის წინ არიან შექმნილები. მაგრამ, ეხლაც შესამჩნევია ისეთი ხეობები, რომლებიც დაბადების მდგომარეობაში არიან. შეიძლება იყოს ისეთი შემთხვევა, როდესაც ზევით არის ძველი ნამდინარევი დავაკება, წინ მას ბექობი საზღვრავს და სწორედ ამ ბექობში ჩაჭრილია ახალი ხეობის ჩანასახი. ხრამი ძირში ფართოა და ღრმად შეჭრილი, ზევითკენ კი თანდათან მიილევს და ზედა დავაკებაზე მისი კვალიც აღარ ჩანს. გვერდით მეორე ხრამია, უფრო განვითარებული. მისი ზემო წვერი ვაკეზე შეჭრილა და საკმაოდ შორს წასულა აღმა მიმართულებით. ბოლოს ისიც მიილევს. ეს ხევიც ისე დაწყებულა, როგორც მის გვერდით მდებარე სხვა ხრამი. ისიც თანდათანობით შეიჭრა ზემოთ, სათავისკენ მდებარე დავაკებაში, ქვემო საზღვარი კი რჩება უცვლელი, ანუ ახალგაზრდა ხევი აღმა, სათავისკენ იზრდება. სწორედ ესაა უკუსვლითი ეროზია ანუ ხეობის აღმა განვითარება (ჯანელიძე 1968). ამრიგად ხეობა უკუსვლითი ეროზიის გამო მიბმულია ეროზიის ბაზისს, ანუ ზღვიურ–ტბიურ და ა.შ. აუზს, მდინარეთა შენაკადების შემთხვევაში მთავარ მდინარეს. ეროზიის ბაზისის გადაადგილების შემთხვევაში ხდება შესართავთან მდინარეული ქსელის

გეომეტრიის ცვლა, ხეობის გადაადგილების შესაბამისად (სურ.6.2). ამის ერთ-ერთი კარგად შესწავლილი მაგალითია სან-ანდრეასის ნაწევი (ტრანსფორმული რღვევა) ა.შ.შ-ში. (სურ.6.3), ეროზიის ბაზისის გადაადგილების შესაბამისად მდინარეული ქსელის გეომეტრიის ცვლა, შესართავის გადაადგილება ნაწევის მიმართულებით.

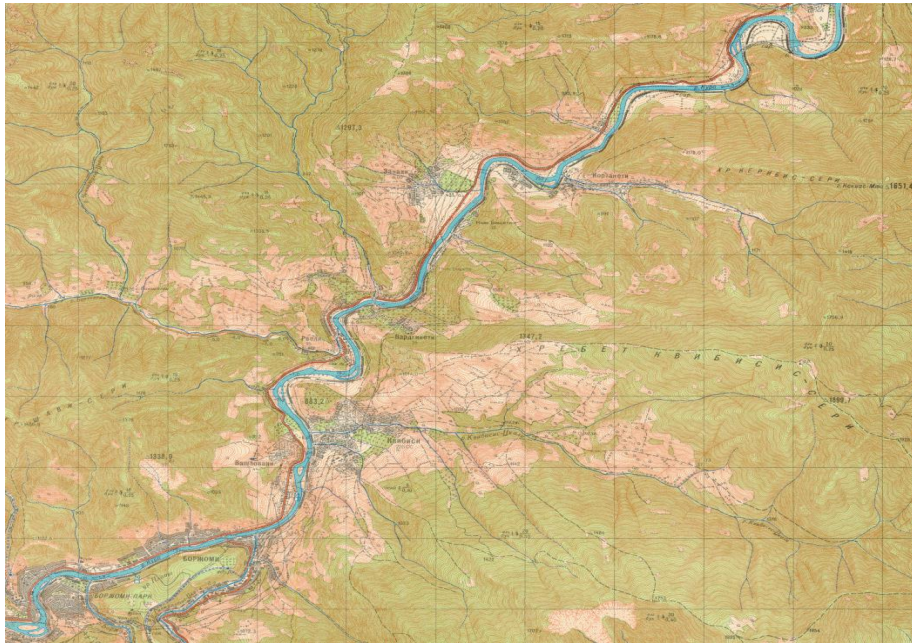


სურათი 6.2. რღვევით მდინარის ხეობის გადანაცვლება. ისრები რღვევის ორივე მხარეს მიანიშნებს ნაწევით შეფარდებით გადაადგილებას.(Plummer,McGeary.1993).



სურათი 6.3. მდინარე უოლესის (ცენტრალური კალიფორნია, კარიზოს დაბლობი) დეტალური რუკა. მდინარის არხის (ნარინჯისფერი) და ალუვიური ნალექების ზედა ნაწილის (მწვანე) გალუნვა 130–170 მეტრით გადაადგილების შესაბამისად მიგვითითებენ, რომ ჰოლოცენში სან-ანდრეასის რღვევის გადაადგილება უდრიდა 34 ± 3 მმ/წ. (Living, 2003).

ჩვენს შემთხვევაში ბორჯომის და თერგის ხეობების დეტალური ტოპოგრაფიული რუკების ანალიზი არ უჩვენებს რაიმე გადაადგილებას ბერ-ის გასწვრივ , არც ოროგრაფიული და არც მდინარეული ქსელი არ არის დარღვეული ე.წ. ბერ-ით (სურ. 6.4-6.6).



სურათი 6.4. მტკვრის ხეობის აწყურის მონაკვეთის 1:25000 მასშტაბის ტოპორუკა (K-38-75-V-გ).

ჰიდროგრაფიული ქსელი არ ადასტურებს აქ მარცხენა ნაწევის არსებობას.



სურათი 6.5. მტკვრის ხეობის ბორჯომი-კორტანეთის მონაკვეთის 1:25000 მასშტაბის ტოპორუკა (K-38-75-B-გ).

ხეობის ამ მონაკვეთის ოროჰიდროგრაფია არ უჩვენებს რაიმე ნაწევური სტრუქტურის არსებობას.



სურათი 6.6. თერგის ხეობის კობი-ყაზბეგის მონაკვეთის 1:50000 მასშტაბის ტოპორუკა (K-38-54-A).

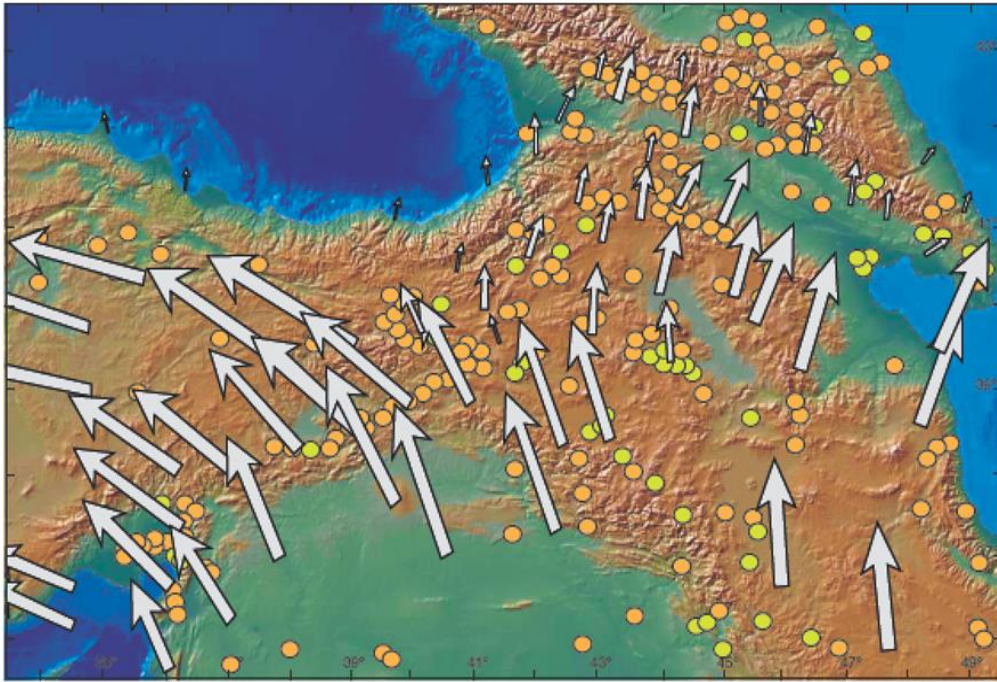
თერგის არცერთი შენაკადის გეომეტრია არ მიგვანიშნებს მდინარის გასწვრივ ნაწევის ტიპის რღვევის არსებობაზე.

6.3. გეოდეზიური – GPS მეთოდი

სატელიტური სანავიგაციო სისტემა GPS (Global Positioning System) თავდაპირველად აშშ-ში იყო დამუშავებული სამხედროთათვის გამოსაყენებლად. სისტემის სხვა ცნობილი სახელწოდებაა “NAYSTAR”. საზოგადოდ ცნობილი სახელწოდება GPS წარმოადგენს Global Positioning System-ის შემოკლებას, რომელიც ითარგმნება როგორც „გლობალური სანავიგაციო სისტემა“. ეს სახელწოდება სრულად ახასიათებს სისტემის დანიშნულებას–ნავიგაციის უზრუნველყოფა დედამიწის სფეროს მთელ ტერიტორიაზე. GPS სისტემის კოსმოსური სეგმენტი შედგენილია თანამგზავრების ორბიტული ჯგუფისაგან, რომლებიც ასხივებენ სანავიგაციო სიგნალებს. თანამგზავრები განლაგებულია 6 ორბიტაზე დაახლოებით 20000კმ სიმაღლეზე. თანამგზავრების

ბრუნვის პერიოდი შეადგენს 12 საათს, სიჩქარე–დაახლოებით 3კმ/წმ. ამგვარად, დღე–ღამეში თითოეული თანამგზავრი დედამიწის ირგვლივ ორ სრულ ბრუნს შეასრულებს. არა მარტო ხმელეთზე, არამედ ზღვაზე და ჰაერშიც „GPS“ სისტემის სანავიგაციო სიგნალების გამოყებით ნებისმიერ მომხმარებელს შეუძლია მისი მიმდინარე ადგილმდებარეობის მაღალი სიზუსტით დადგენა. ამგვარი სიზუსტე მიღწეული იქნა 2000 წელს. მოდერნიზაციის პროცესში შემცირდა თანამგზავრების წონა, გაიზარდა სანდოობა. ამ დროიდან მოყოლებული GPS სისტემა გახდა ხელმისაწვდომი ღია სამოქალაქო მომხმარებლისათვის. ადრე შერჩევითი დაშვების (SA-Selective Availability) სპეციალური რეჟიმის საშუალებით გადასაცემ სიგნალში შეიტანებოდა დამახინჯება რომელიც იწვევდა პოზიციონირების სიზუსტის შემცირებას 70–100 მეტრამდე. 2000 წლიდან კი ზემოთხსენებული რეჟიმი გამართულ იქნა და სიზუსტე გაიზარდა 3–10 მეტრამდე. GPS თანამგზავრები გადასცემს სამ სანავიგაციო სიგნალს ორ სიხშირეზე L1 და L2. „სამოქალაქო“ სიგნალი, C/A, რომელიც გადაიცემა სიხშირეზე L1(1575.42 mhc), ხელმისაწვდომია ყველა მომხმარებლისათვის, და უზრუნველყოფს პოზიციონირების სიზუსტეს 3–10 მეტრამდე. მაღალი სიზუსტის „სამხედრო“ P-კოდი გადაიცემა სიხშირეებზე L1 და L2 (1227.60 mhc) და მისი სიზუსტე „სამოქალაქო“ სიგნალზე ბევრად მაღალია. ამჟამად სხვადასხვა ტიპის GPS მიმღებები აქტიურად გამოიყენება ადამიანის საქმიანობის ყველა სფეროში.

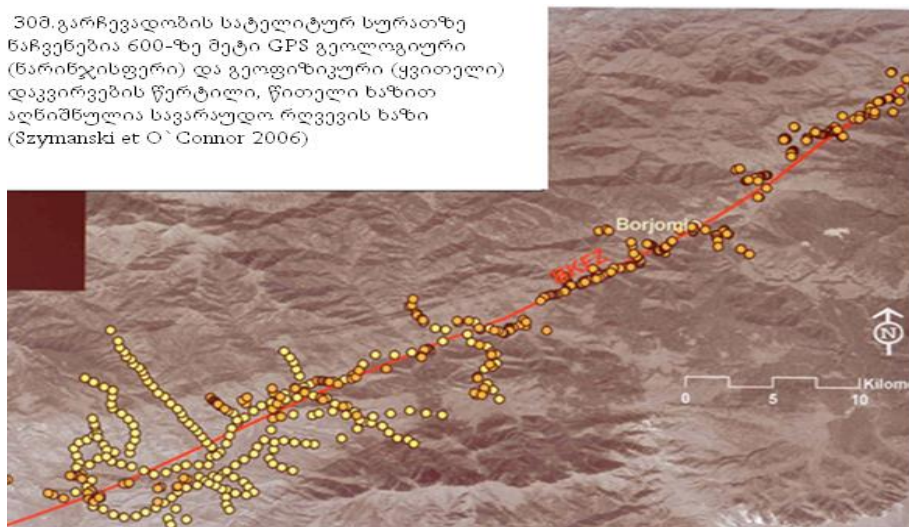
ჩვენ შემთხვევაში GPS გაზომვები საშუალებას გვაძლევს ვიმსჯელოთ საკვლევ არეალში ჩვენთვის საინტერესო ბერ არსებობა–არარსებობის შესახებ. როგორც ცნობილია, რეგიონის გეოტექტონიკური სურათი ასეთია: არაბეთის მიკროფილა ~30მმ/წელიწადში სიჩქარით მოძრაობს ჩრდილო–აღმოსავლეთისაკენ (იხ.სურ.1.3). კავკასიაში გადაადგილების სიდიდე/ტემპი მნიშვნელოვნად კლებულობს ჩრდილოეთისაკენ. თურქეთში ლითოსფეროს მოძრაობის მიმართულება დასავლური–ჩრდილოდასავლური ხდება. ფილების კონვერგენციის გამო კავკასიის ლითოსფერო იკუმშება, იმსხვრევა, ადგილი აქვს მიწისძვრებს (Albino et al, 2012) (სურ. 6.7). ამჟამად ე.წ. ბერ–ის ორივე მხარეს გადაადგილების სიდიდე და მიმართულება ერთნაირია . ე.ი. დღეს არ არსებობს ბერ–ის ნაწევით მხარეების ურთიერთსაწინააღმდეგო გადაადგილება.



სურათი 6.7. GPS მონაცემები უჩვენებენ, რომ ე.წ. ბერ-ის ორივე მხარეს საქართველოს ლითოსფეროს გადაადგილება ერთნაირია, დაახლოებით ჩრდილოეთური (Albino et al. 2013).

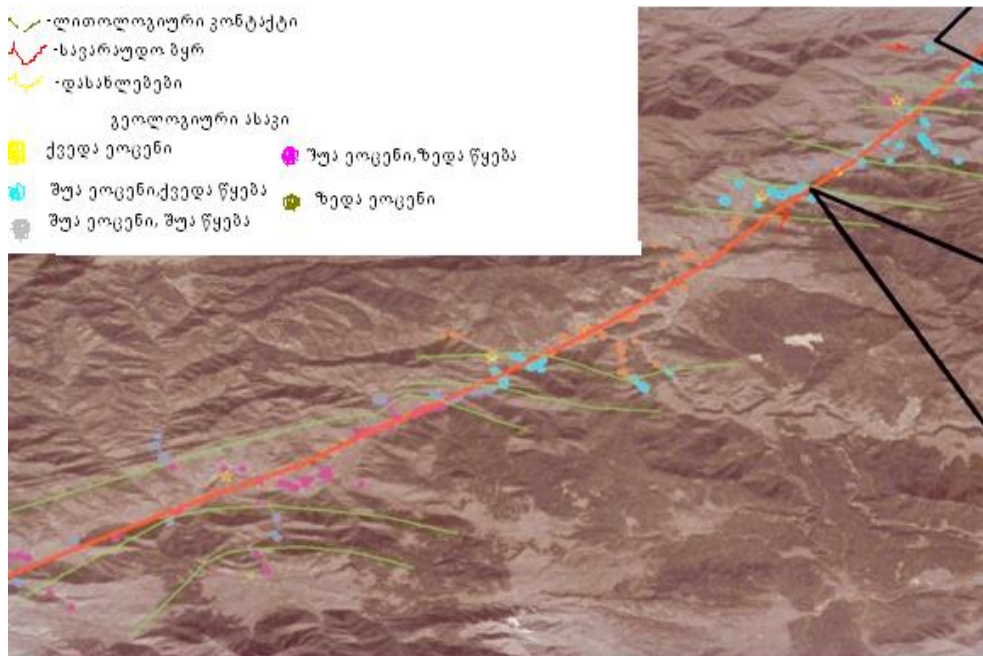
ზუსტი GPS მეთოდი იქნა გამოყენებული სავარაუდო რღვევის ხაზის გადამკვეთი მრავალრიცხოვანი ლოკალური გეოლოგიური სამარკირო ჰორიზონტების კარტირებისათვის (Krasovec et al. 2007; Adamia et al. 2009). შედეგები არ ადასტურებენ ნაწევის არსებობას. ლოკალური სანიშნო ჰორიზონტები, მაგალითად ლითოლოგიური და სტრატиграფიული საზღვრები, სტრუქტურული ერთეულები და კონტაქტები, მეოთხეული ლავური ნაკადები და მრავალი შრეპარღვი, გრძელდება უწყვეტად სავარაუდო რღვევის ზონის ორივე მხარეს (სურ.6.8.)

30მ. გარჩევადობის სატელიტურ სურათზე ნაჩვენებია 600-ზე მეტი GPS გეოლოგიური (ნარინჯისფერი) და გეოფიზიკური (ყვითელი) დაკვირვების წერტილი, წითელი ხაზით აღნიშნულია სავარაუდო რღვევის ხაზი (Szymanski et al. Connor 2006)



სურათი 6.8. GPS მეთოდით ლოკალური გეოლოგიური სამარკირო ჰორიზონტების კარტირების შედეგები (Krasovec et al. 2007; Adamia et al. 2009).

22–30 მ–იანი გაშლის სატელიტური გამოსახულება გვიჩვენებს 600–ზე მეტ გეოლოგიურ (ნარინჯისფერი) და გეოფიზიკურ(ყვითელი) GPS წერტილს. წითელი ხაზი უჩვენებს ბერ-ის სავარაუდო ტრენდს (Szymanski and O'Connor 2006) (სურ.6.9).



სურათი 6.9. სატელიტური გამოსახულება (Szymanski and O'Connor 2006).

6.4. გეოლოგიური მეთოდები

6.4.1. ტექტონიკური დარაიონების მეთოდი

საქართველოს, ისევე როგორც მთლიანად კავკასიის თანამედროვე სტრუქტურის და რელიეფის ჩამოყალიბება დაკავშირებულია გვიანი კაინოზოურის დროის ძირითად ტექტონიკურ მოძრაობებთან და მასთან დაკავშირებულ ენდოგენურ და ეგზოგენურ პროცესებთან, რომლებმაც უკანასკნელი ~10-15 მლნ. წლის განმავლობაში მოახდინეს რეგიონის არა მხოლოდ რთული რელიეფის, არამედ , როგორც მემკვიდრეობით გადმოსული, ასევე ახალგაზრდა სტრუქტურული ზონების მორფოლოგიის და ტექტონიკის ამჟამინდელი სახით ფორმირება.

გვიანი კაინოზოური (ოლიგოცენი-მეოტხეული) დრო საქართველოს და მიმდებარე ტერიტორიებისათვის ტრადიციულად განიხილება როგორც მისი გეოლოგიური ისტორიის ნეოტექტონიკური ეტაპი (მაგ. Геология ГССР, 1964).

მდიდარმა ფაქტობრივმა მასალამ, რომელიც ფართო მასშტაბით წარმოებული გეოლოგიური კვლევის შედეგად დაგროვდა, მნიშვნელოვნად შეცვალა წარმოდგენები კავკასიის გეოლოგიური აგებულებისა და ძირითადი ტექტონიკური ერთეულების ბუნების თაობაზე. ამასთან შესაძლებელი გახდა გეოტექტონიკური დარაიონების სქემის დეტალიზაცია. (ჯანელიძე, 1942; კახაძე, 1947; რუბინშტეინი, 1951; პ. გამყრელიძე, 1949, 1964; ადამია 1989, ადამია და სხვ. 2004, 2011, 2013, 2014; ე. გამყრელიძე, 2000; და სხვ.).

დღეისათვის კავკასიის ტერიტორიის თანამედროვე სტრუქტურაში ზოგი მკვლევარი გამოყოფს მაღალი რანგის ოთხ ერთეულს (მაგ. მრევლიშვილი, 1997):

I–იმერკავკასიის (სკვითური)ფილაქანი;

II –კავკასიონის ნაოჭა–შარიაჟული ნაგებობა;

III –ამიერკავკასიის მთათაშუეთი;

IV–მცირე კავკასიონის ნაოჭა–შეცოცებითი სისტემა;

I–სკვითური ბაქანი-ფილაქანი ეპიჰერცინული წარმონაქმნია და აგებულია კამბრიულამდელი და პალეოზოური მეტამორფული ქანებით, რომლებიც ქმნიან ამ გეოტექტონიკური ერთეულის სუბტრატს.

II–კავკასიონის ნაოჭა–შარიაჟული ნაგებობა (მეგანტიკლინორიუმი) გადაჭიმულია სუბგანედურად ტამანის ნახევარკუნძულიდან აფშერონის ნახევარკუნძულამდე, დაახლოებით 1300კმ–ზე, მისი სიგანე 50–150 კმ–ია. ის რთული ერთეულია, რომელიც ალპური ტექნოგენეზის პროცესში ჩამოყალიბდა.

III–ამიერკავკასიის მთათაშუეთი ხასიათდება ჰეტეროგენული აგებულებით. მასში მკვლევარები აერთიანებენ იმ ტერიტორიას, რომელიც მოთავსებულია კავკასიონის მეგანტიკლინორიუმსა და ანტიკავკასიონის ნაოჭა სისტემას შორის.

IV–მცირე კავკასიონის ნაოჭა–შეცოცებითი სისტემა აერთიანებს განსხვავებული ბუნების რამდენიმე ტექტონიკურ ერთეულს, რომლებიც ალპური ტექნოგენეზის პროცესშია ჩამოყალიბებული.

საქართველოს ტერიტორიის გეოტექტონიკური დარაიონების ე.გამყრელიძის ახალი სქემის მიხედვით (გამყრელიძე, 2000) ბორჯომი- ყაზბეგის სავარაუდო რღვევის ხაზი ჰკვეთს შემდეგ გეოტექტონიკურ ზონებს და ქვეზონებს.



სურათი 6.10. საქართველოს ტექტონიკური აგებულების სქემა პ. გამყრელიძის მიხედვით (1975).

I_1 – კავკასიონის მთავარი ქედის ზონა (ანტიკლინორიუმი): ეს გეოტექტონიკური ერთეული საკმაოდ ფართო ზოლის სახით გაიდევნება კავკასიონის მთავარი ქედის გასწვრივ. საქართველოს ტერიტორიაზე მხოლოდ მისი სამხრული ნაწილი ხვდება. იგი წარმოადგენს ასიმეტრიულ დიდ ჰორსტისებურ სტრუქტურას, რომელიც გადმოწო – ლილია სამხრეთისაკენ და შემოცოცებულია კავკასიონის სამხრული ფერდის ნაოჭა – შარიაჟულ სისტემაზე ე.წ. “მთავარი შეცოცების” გასწვრივ. “მთავარი შეცოცება” წარმოადგენს სიღრმულ რღვევას, რომელიც ჩაისახა ჯერ კიდევ პალეოზოურ ერაში, ხოლო ალპური ტექტოგენეზის პროცესში იგი გარდაიქმნა შესხლეტვა–შეცოცებების რთულ სისტემად. მთავარი ქედის ანტიკლინორიუმის ზონის სამი ქვეზონიდან ჩვენთვის ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევის საკითხთან დაკავშირებით საინტერესოა: I_2 – ადმოსავლური დამირვის ზონა, აგებული ქვედა–და შუალისური, ნაწილობრივ ზედალიასური ფიქლებისა და ქვიშაქვების დიდი სისქის წყებებით. მათი დანაოჭება ინტენსიურია–განვითარებულია იზოკლინური ნაოჭები გართულებული შესხლეტვებით.

II_1 – ყაზბეგ–ლაგოდეხის ზონა აგებულია ქვედა–და შუაიური ფიქლების მძლავრი სერიით; დანაოჭება ინტენსიურია, განსაკუთრებით ზონის დასავლურ ნაწილში, სადაც

განვითარებულია ძლიერ შემჭიდროებული ნაოჭები, რომლებიც შესხლეტვა-შეცოცხებითაა გართულებული.

II₂-მესტია-თიანეთის ზონა უშუალოდ ესაზღვრება სამხრეთიდან ყაზბეგი-ლაგოდეხის ზონას, აგებულია ზედა იურისა და ცარცის, ნაწილობრივ პალეოგენის, კარბონატული და ტერიგენული ფლიშით. ამიტომ ზონას მესტია-თიანეთის ფლიშურ ზონასაც უწოდებენ (ჭიაური-დიბრარის სინკლინორიუმი, Милановский и Хаин, 1963) დანაოჭება ინტენსიურია, ნაოჭები შეკუმშულია, ასიმეტრიული, სამხრეთისაკენ გადმოყირავებული დამრავალრიცხოვანი შეცოცხებითაა გართულებული.

II₃-ჟინვალ-გომბორის ალოქტონური ქვეზონა მესტია-თიანეთის ზონის სამხრეთულ ნაწილში. ამ ქვეზონაში მკვლევარებმა გამოჰყვეს შარიაჟები, მნიშვნელოვანი ჰორიზონტული გადაადგილებებით (გამყრელიძე, გამყრელიძე 1977).

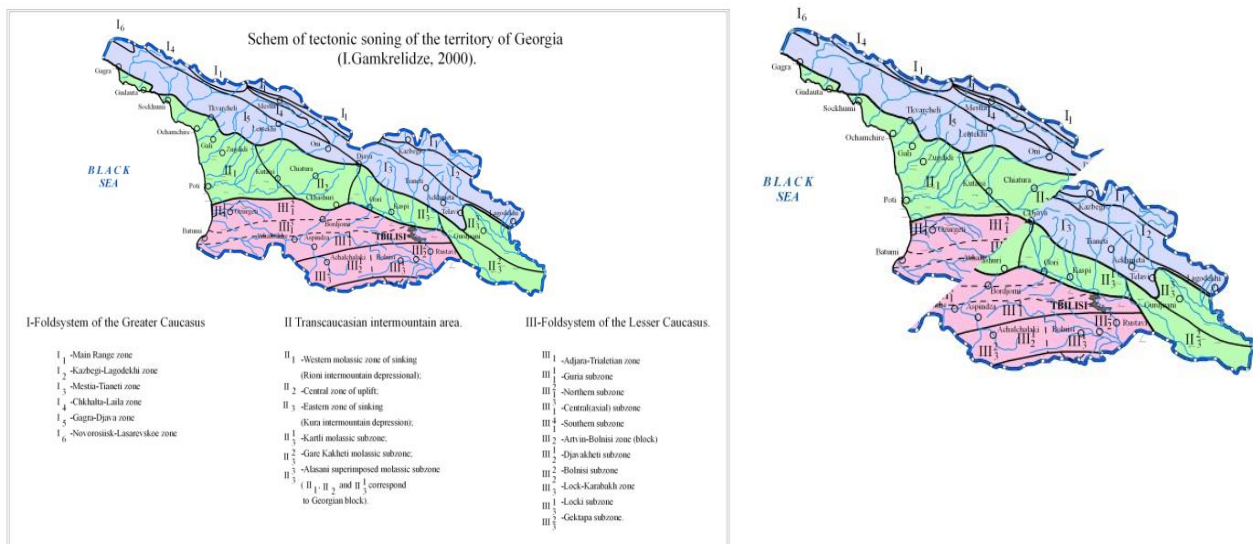
III-საქართველოს ბელტი-ამიერკავკასიის მთათაშუა საკმაოდ ჰეტეროგენული აგებულების მქონე არე, რომლის შემადგენლობაში გამოიყოფა რამდენიმე ქვეზონა, რომელთაგან ბერ-ის პრობლემის თვალსაზრისით საყურადღებოა.

III₃-აღმოსავლური დაძირვის (ქართლის) მოლასური ქვეზონა აგებული ოლიგოცენურ-ნეოგენური და მეოთხეული ნალექებით.

IV-აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონა მკაფიოდ შემოსაზღვრული ერთეული, როგორც ტექტონიკურად, ისე მორფოლოგიურად, აგებული ცარცული ვულკანოგენურ-დანალექი წყებებით, პალეოცენ-ქვედაეოცენური ტერიგენული „ბორჯომის“ ფლიშით, შუა ეოცენის ვულკანოგენურ-დანალექი სერიით, ზედა ეოცენის დანალექი და ვულკანოგენურ-დანალექი წყებებით და ოლიგოცენ-ქვედა მიოცენის ქვიშიან-თიხიანი ნალექებით. სისტემის ფარგლებში გასწვრივი სიღრმული რღვევებით გამოიყოფა ყველაზე მეტად აზევებული შემდეგი ქვეზონები: IV₁-ჩრდილო ქვეზონა; IV₂-ცენტრალური (დერბული) ქვეზონა; IV₃-სამხრეთი ქვეზონა.

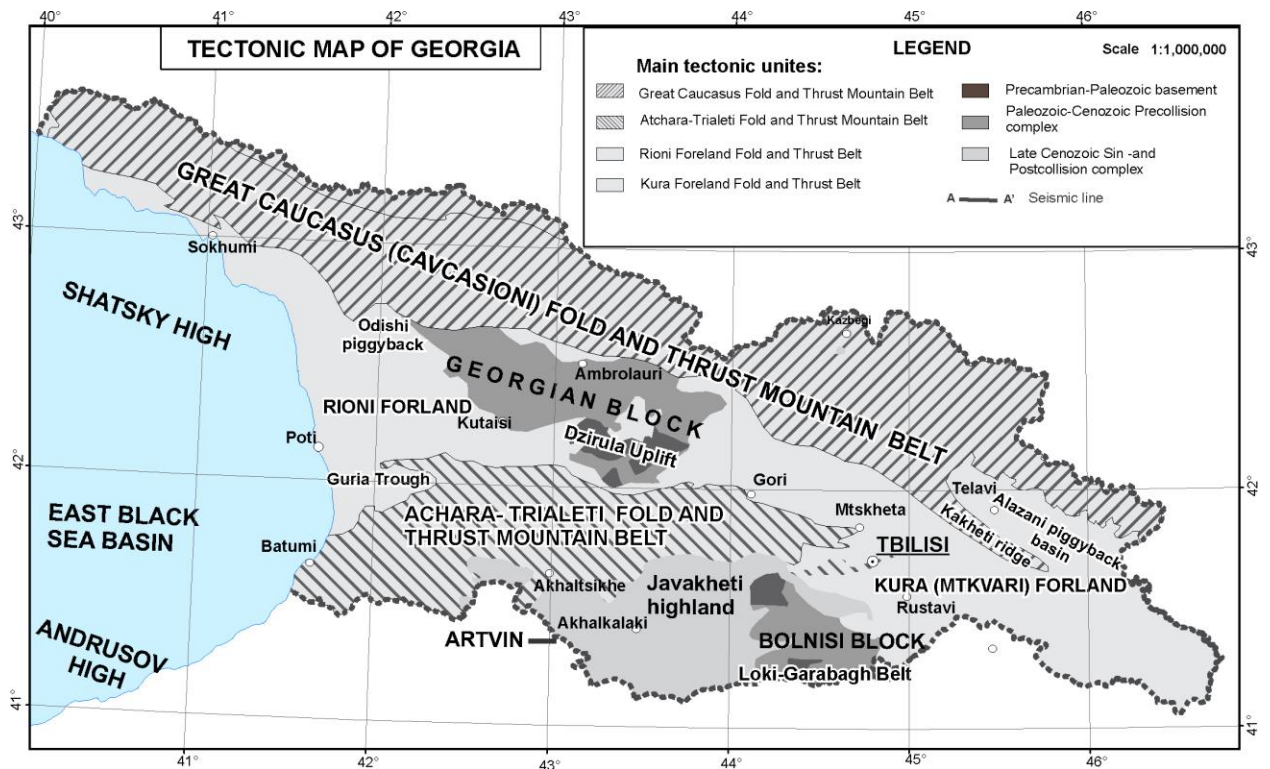
ჩვენს მიერ განხილული გეოტექტონიკური ერთეულების ზოგადი ქარგა ასახავს საქართველოს ტერიტორიის გეოლოგიური აგებულების დღევანდელ სურათს, მოცემულს ზემოთ ციტირებული ავტორების გამოქვეყნებულ შრომებში, მათ შორის იმ მკვლევარების პუბლიკაციებშიც, რომლებიც იზიარებენ ე.წ. „ბორჯომი-ყაზბეგის“ ნაწევის რეალობას. ცხადია ამ სტრუქტურების ჩამოყალიბება ერთბაშად არ მომხდარა და გეოლოგიური განვითარების ხანგრძლივი ისტორიის შედეგია. თუ დავაკვირდებით

ტექტონიკური ერთეულების, ზონების და ქვეზონების საზღვრებს დავინახავთ, რომ ეს ერთეულები არაა გადაადგილებული ან დარღვეული სავარაუდო „ბორჯომი–ყაზბეგის რღვევით“. „ბერ“-ით რაიმე გადაადგილება არ არის ნაჩვენები არც უფრო გვიან გამოცემულ 1:500000 მასშტაბის საქართველოს გეოლოგიურ და ტექტონიკურ რუკებზეც, რომლის ავტორია გ.გუჯაბიძე (2003), ხოლო პასუხისმგებელი რედაქტორი ე.გამყრელიძე (სურ.6.11).



სურათი 6.11ა,ბ.(ა) საქართველოს ტექტონიკური ზონირების სქემა (I. Gamkrelidze.2000). (ბ) როგორც უნდა იყოს იგივე სქემა ნაწევით გადაადგილების შემთხვევაში.

ბორჯომი–ყაზბეგის რღვევა–მარცხენა ნაწევი არ არის ნაჩვენები საქართველოს ტექტონიკური დარაიონების არც სხვა მკვლევარების მიერ შედგნილ რუკებზე (მაგ. სურ 6.12, ალანია 2012).



სურათი 6.12. საქართველოს მთავარი ტექტონიკური ერთეულების რუკა (ალანია 2012).

6.4.2. გეოლოგიური აგეგმვის (კარტირების) მეთოდი

გეოლოგიური აგეგმვა წარმოადგენს რეგიონული გეოლოგიური კვლევის ძირითად კომპლექსურ მეთოდს და გეოლოგიურ-სადიებო პროცესის დამოუკიდებელ საფეხურს. ცნობილია, რომ გეოლოგიურ-სადიებო პროცესი შედგება შემდეგი საფეხურებისაგან: 1. გეოლოგიურ-აგეგმვითი და ძებნითი სამუშაოები; 2. ძებნა-ძიებითი სამუშაოები; 3. წინასწარი ძიება; 4. დეტალური ძიება. ამ რიგის მიხედვით გეოლოგიურ-აგეგმვა და სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების ზოგადი ძებნა წინ უსწრებს სხვა საფეხურებს. აგეგმვით სამუშაოებში იგულისხმება წიაღისეულის საბადოების ძებნა და პროგნოზირება. ამ სახელწოდებით ერთიანდება როგორც საშუალო მასშტაბიანი (1:200000) სახელმწიფო აგეგმვა, რომელიც ფაქტობრივად საქართველოში უკვე დასრულებულია, ისე მსხვილმასშტაბიანი (1:50000 და 1:25000) აგეგმვა.

გეოლოგიურ-აგეგმვითი სამუშაოების ძირითადი მიზანია მეცნიერების და მეურნეობის (წარმოების) უზრუნველყოფა სისტემატიზირებული გეოლოგიური ინფორმაციით, მათ შორის კარტოგრაფიულით, საგანგებო ბუნებრივი მოვლენების პროგნოზით და მინერალური ნედლეულით, რომლის საფუძველზე ვითარდება

გეოლოგიური მეცნიერება, სამთო-მოპოვებითი მრეწველობა. ამ სამუშაოთა ძირითადი ამოცანებია:

1. ტერიტორიის გეოლოგიური აგებულებისა და განვითარების ისტორიის შესწავლა;
2. სხვადასხვა მასშტაბების, დანიშნულებისა და შინაარსის გეოლოგიური რისკების შედგენა, გამოსაცემად მომზადება და გამოცემა;
3. სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების გამოვლენა, საერთო ძებნითი სამუშაოების ჩატარება და პროგნოზული რესურსების შეფასება;
4. წინასწარი ძიებისათვის ობიექტების შერჩევა;
5. საგანგებო მოვლენების ადგილის და ძალის პროგნოზირება.

საველე გეოლოგიური კვლევის მთავარი პროდუქტი არის გეოლოგიური რუკა, რომელიც წარმოადგენს ადგილის გეოლოგიური აგებულების გრაფიკულ გამოსახულებას სიბრტყეზე, სადაც პირობითი ნიშნებით ამა თუ იმ მასშტაბში დატანილია ასაკობრივად, შედგენილობით, დეფორმირების ხასიათით, ტიპით და გენეტიურად განსხვავებული ქანების გამოსავლები მიწის ზედაპირზე. ეს რუკა არსებითად წარმოადგენს ადგილის გეოლოგიური აგებულების სივრცით-დროით მოდელს. მისი შედგენის მთავარი პრინციპია ასაკობრივად დაყოფილი გეოლოგიური სხეულების ვერტიკალური პროექციის გამოსახვა ჰორიზონტულ სიბრტყეზე შემცირებული სახით, ანუ მასშტაბში.

გეოლოგიური რუკების ხარისხი დამოკიდებულია არა მარტო ადგილის გეოლოგიური შესწავლის დეტალურობაზე, არამედ იმ ტოპოგრაფიულ საფუძვლებზეც, რომლებზეც ხდება რუკის შედგენა. მის საფუძველს წარმოადგენს ტოპოგრაფიული რუკა ან ფოტოგემა, რომელიც ხშირად ორჯერ უფრო მსხვილი მასშტაბისაა, ვიდრე აგეგმვის მასშტაბი. არსებობს საველე გეოლოგიური რუკის შედგენის სამი ხერხი: 1. მარშუტული გადაკვეთა სტრუქტურების მიმართების მართობულად; 2. გეოლოგიური საზღვრების გადევნება მიმართებაზე; 3. გაშიშვლებული უბნების მთლიანი შემოკონტურება.

საველე გეოლოგიურ რუკაზე დაიტანება დაკვირვებების შედეგად მოპოვებული მასალა, რომელიც იძლევა ძირითადი გეოლოგიური საზღვრების გატარების საშუალებას. თავდაპირველად მასზე გამოიხატება არა იმდენად სტრატეგრაფიული დანაყოფები, რამდენადაც ლითოსტრატეგრაფიული ერთეულები (წყებები, ქვეწყებები, დასტები, შრეები). საველე გეოლოგიურ რუკაზე დასატანი ობიექტებია: 1. დაკვირვების

წერტილები; 2.ლითოლოგიური, სტრატეგრაფიული, ტექტონიკური და სხვ. გეოლოგიური საზღვრები; 3.ქანების განლაგების ელემენტები სათანადო პირობითი ნიშნებით; 4.ინტრუზიული ქანების გამოსავლების კონტურები; 5. დაიკები და მარღვები; 6.მადნიანი სხეულები; 7.ბურღილები და სამთო გამონამუშევრები; 8.მარშრუტთა ხაზები (სვლაგეზები) და სხვ.

გეოლოგიური რუკის ერთ ფურცელზე ასაკობრივად დაყოფილი ქანების გამოსავლების გარდა შეიძლება აისახოს ქანების გენეზისი, შედგენილობა, სტრუქტურა, წიაღისეულის გავრცელება და სხვა მონაცემები, მაგრამ ასეთ შემთხვევაში რუკა გადაიტვირთება გეოლოგიური სიმბოლოებითა და პირობითი ნიშნებით, რის გამოც ძნელი წასაკითხი გახდება. ამიტომ, გეოლოგიურ-აგეგმვითი სამუშაოების შესრულებისას ერთი და იმავე რაიონებისათვის ადგენენ შინაარსით, დანიშნულებითა და მასშტაბებით განსხვავებული რუკების ტიპებსა და სახეობებს.

გეოლოგიური რუკის ტიპები გაირჩევიან შინაარსის მიხედვით. ამ ნიშნით გამოყოფენ აუცილებელი და სპეციალური რუკების ტიპებს.

დანიშნულებისა და მასშტაბების მიხედვით გეოლოგიური რუკები იყოფა შემდეგ ხუთ სახეობად:

ა) მიმოხილვითი რუკები. ეს რუკები დგება მილიონიან (1:1000000) და უფრო წვრილ მასშტაბში. ისინი გამოისახებიან გამარტივებულ ტოპოგრაფიულ საფუძველზე (გაიშვიათებული იზოჰიპსებით), რომლებზეც მოცემულია ცალკეული სახელმწიფოების, კონტინენტების ან მათი ნაწილების, ოკეანეების ფსკერის ან მთელი დედამიწის ზედაპირის გეოლოგიური აგებულება. მიმოხილვითი რუკების დანიშნულებაა შექმნას ზოგადი წარმოდგენა მთლიანად დედამიწის ან ვრცელი ტერიტორიების გეოლოგიური აგებულების შესახებ.

ბ) რეგიონული რუკები. ეს რუკებიც წვრილმასშტაბიანია (1:1000000 და 1:500000) და წარმოდგენას იძლევიან ამა თუ იმ რეგიონის (მაგალითად, კავკასიის) ან სახელმწიფოს გეოლოგიური აგებულების შესახებ. ისინი გამოიცემა ცალკეულ ფურცლებად საერთაშორისო ტოპოგრაფიული რუკების ნომენკლატურის ფარგლებში.

გ) საშუალომასშტაბიანი სახელმწიფო რუკები. მათი მასშტაბებია: 1:200000 (მაგ. K-38-XXI) და 1:100000. ისინი დგება აგეგმვის შედეგად საერთაშორისო ნომენკლატურის ფურცლების ფარგლებში და გადმოგვცემენ რუკაზე ასახული ტერიტორიის

გეოლოგიურ თავისებურებებსა და წიაღისეულის საბადოს მთელი კომპლექსის გავრცელებას, იძლევიან მათი პროგნოზული შეფასების საშუალებას. ამ რუკების ტოპოსაფუძველიც გამარტივებულია. მათ თან ახლავთ სტრატეგრაფიული სვეტი, გეოლოგიური ჭრილები და რუკის განმარტებითი ბარათი ტექსტის სახით.

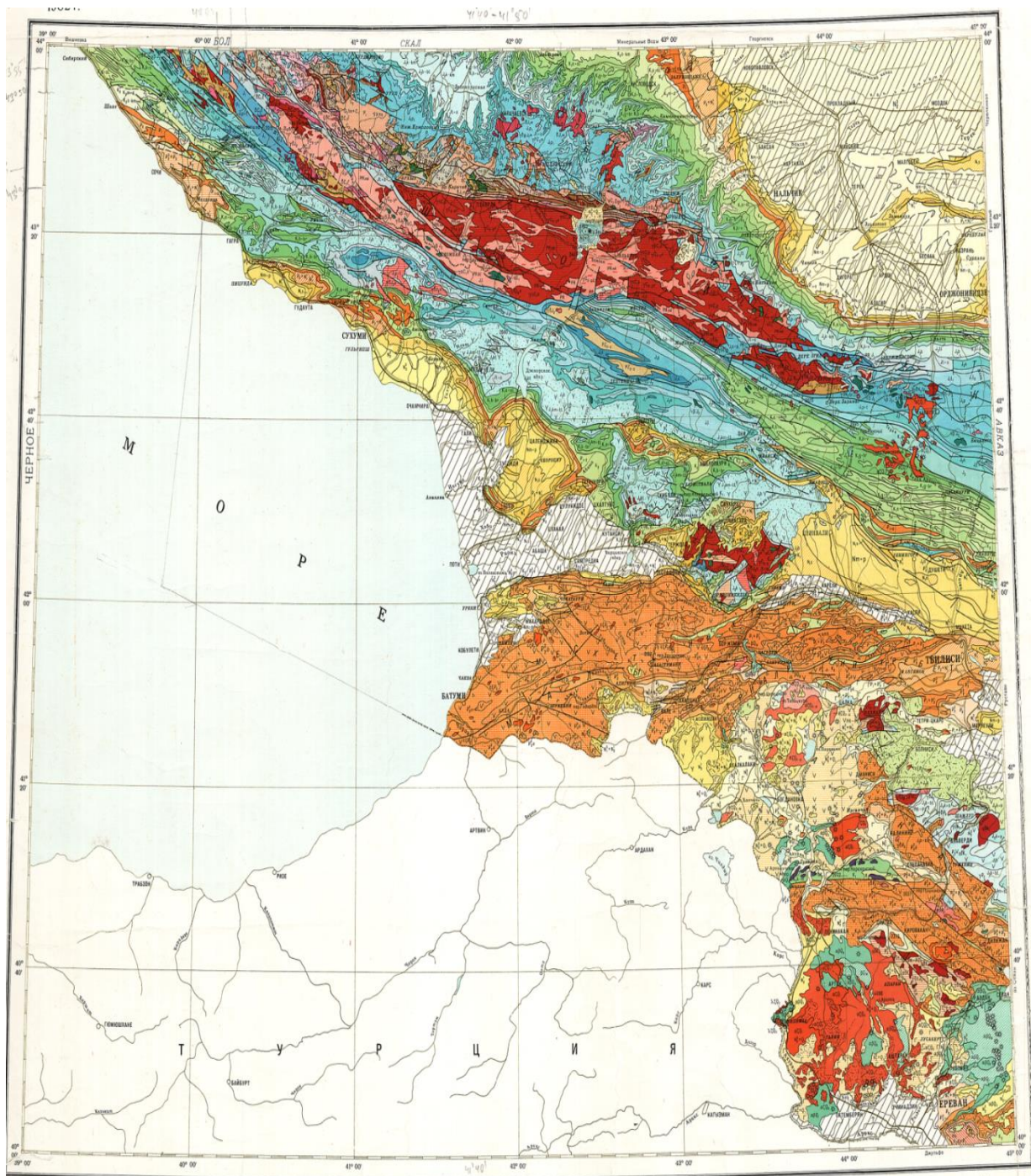
დ) მსხვილმასშტაბიანი სახელმწიფო რუკები. დგება ფურცლების მიხედვით 1:50000 და 1:25000 მასშტაბში ზუსტ ტოპოსაფუძველზე. მათი დანიშნულებაა სრულად ასახონ ადგილის გეოლოგიური აგებულება და მოგვცენ წარმოდგენა არა მარტო ზედაპირული, არამედ სიღრმული აგებულების შესახებაც. ასეთი რუკების მიხედვით შესაძლებელი ხდება პროგნოზული რესურსების შეფასება. ისინი გამოიყენებიან საამშენებლო ობიექტების დაპროექტებისას. მათაც თან ახლავს სტრატეგრაფიული სვეტი და გეოლოგიური ჭრილები, განმარტებითი ბარათი.

ე) დეტალური გეოლოგიური რუკები. მათი მასშტაბებია 1:10000 და ზოგ შემთხვევაში 1:25000. აიგებიან სპეციალურ ტოპოგრაფიულ საფუძველზე და დაწვრილებით ასახავენ ადგილის გეოლოგიურ აგებულებას, წიაღისეულის საბადოების განლაგებას. ისინი შესაძლებლობას გვაძლევენ განვსაზღვროთ მადნიანი სხეულების განლაგების კანონზომიერებები, მათი ფორმა და გამოვთვალოთ წიაღისეული მარაგები, გამოვყოთ ნაოჭა და რღვევითი სტრუქტურები, აღვნიშნოთ სხვადასხვა ენდოგენური ან/და ეგზოგენური საგანგებო ბუნებრივი პროცესებისადმი მოწყვლადი არეები და სხვ.

სხვადასხვა მასშტაბის და დანიშნულების რუკების შედგენისას ფართოდ გამოიყენება აერო-და კოსმოსურათები, ე.წ. დისტანციური ზონდირების მეთოდები.

6.4.3. საქართველოს სახელმწიფო გეოლოგიური რუკების ანალიზის შედეგები ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევის რეალობის შესახებ

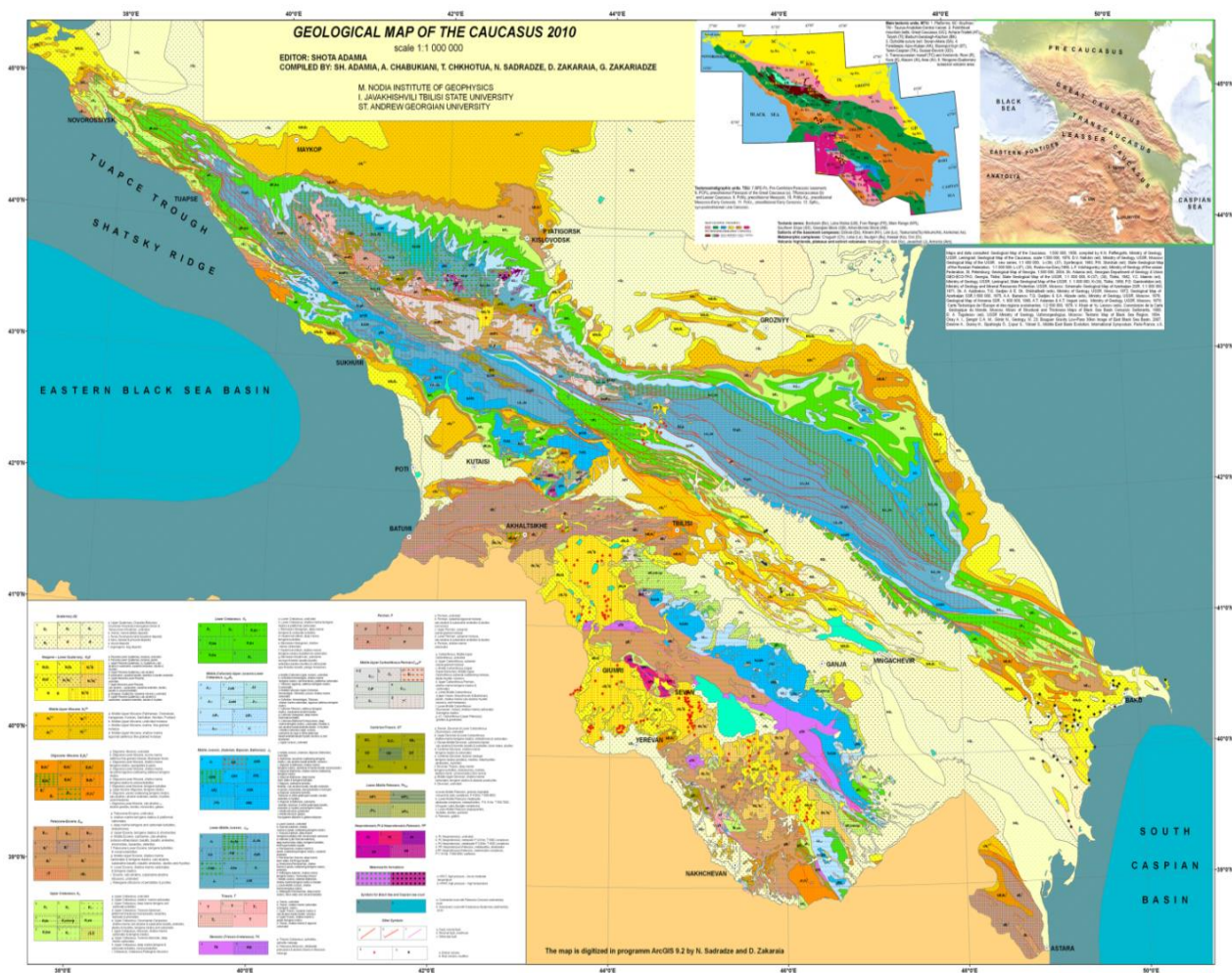
ბყრ-ის არსებობა-რეალობის შესამოწმებლად გამოვიყენეთ სახელმწიფო გეოლოგიური აგეგმვის შედეგად შედგენილი და გამოქვეყნებული 1:1000000 (სურ 6.13 და სურ.6.14) , 1:500000 (სურ. 6.15ა,ბ,გ), 1:250000 (სურ.6.16), 1:200000 (სურ 6.17 ა,ბ,გ,დ), 1:50000 (სურ.6.18ა), 1:50000(სურ.6.19ა), 1:25000 (სურ.6.18ბ,გ) და 1:10000 (სურ.6.18დ) მასშტაბის რუკები, შედგენილი გასული საუკუნის 50-იანი წლებიდან დაწყებული არაერთი თაობის გეოლოგების მიერ. ქვემოთ მოგვყავს ამ რუკების ფოტოასლები, აგრეთვე მათი ანალიზი და ამის შედეგად მიღებული დასკვნები ბყრ-ის შესახებ.



სურათი 6.13. კავკასიის 1:1000000 მასშტაბის გეოლოგიური რუკა, ფურცელი K-(37)-(38), 1982. ავტორები: ი.მაიმიანი, და სხვ., რუკის რედაქტორი ი.მაიმიანი (საკავშირო სამეცნიერო-კვლევითი გეოლოგიური ინსტიტუტი), გამოცემული სსრკ გეოლოგიის სამინისტროს სამეცნიერო-კვლევითი გეოლოგიური ინსტიტუტის მიერ.

1982 წ. 1:1000000 მასშტაბის სახელმწიფო გეოლოგიური რუკის K-(37)-(38) (სურ.6.13) ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ბერ-ის ნაწევის შემთხვევაში მას უნდა გადაეადგილებინა ურთიერთმიმართ მტკვრის ხეობის ახალციხე-ბორჯომი-ტაშისკარის მონაკვეთში შემდეგი გეოლოგიური ერთეულები (სამხრეთ-დასავლეთიდან-ჩრდილო-აღმოსავლეთისაკენ მიმდევრობით): P_2^3 -ზედა ეოცენური ტერიგენული კლასტოლითები;

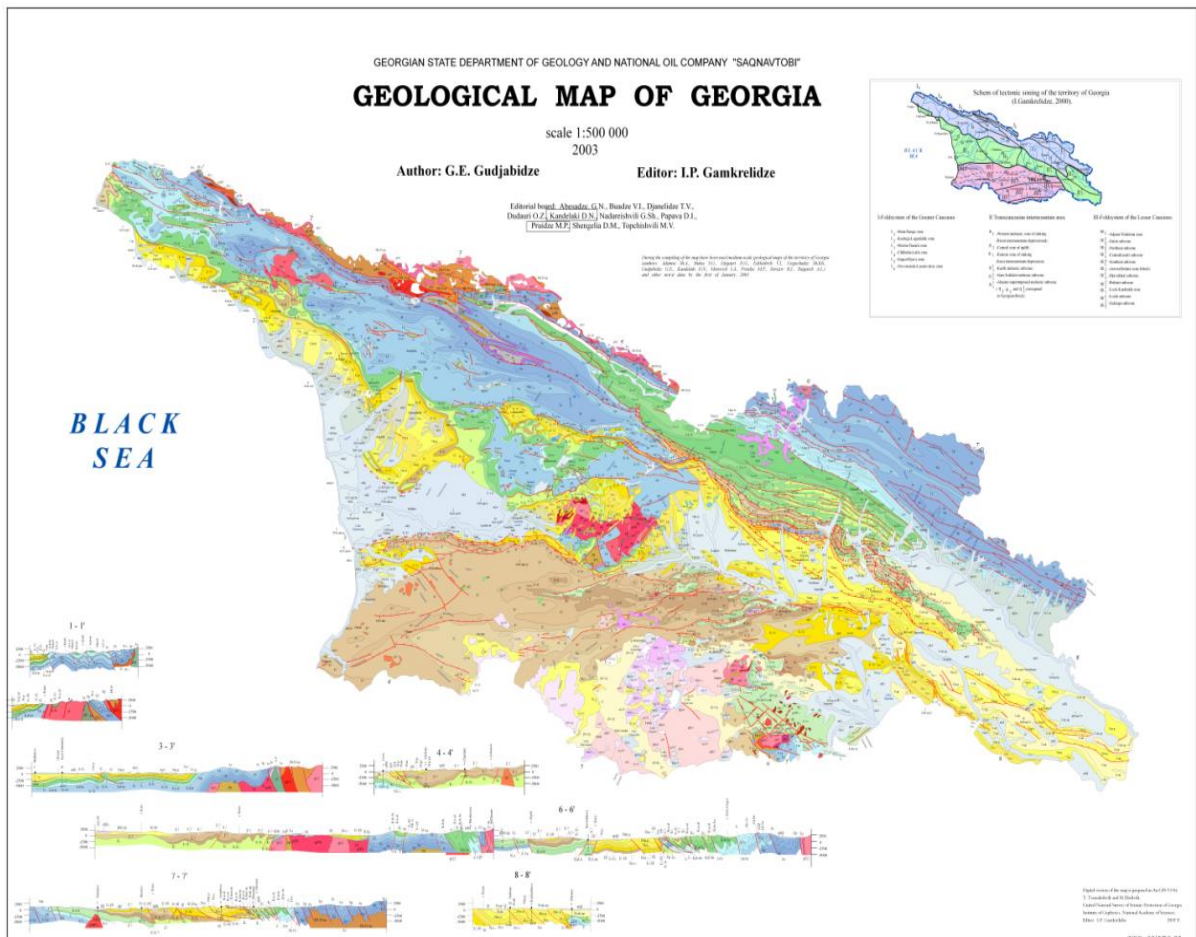
P_2^2 -შუა ეოცენის ვულკანურ-დანალექი ფორმაციის P_2^2a , P_2^2b და P_2^2c ქვედა, შუა და ზედა ქვეწყებები; P_{1+2} -პალეოცენურ-ქვედაეოცენური ტერიგენული კლასტოლითები, რომლებიც ბორჯომის მიდამოებში ანტიკლინური ნაოჭის გულში შიშვლდებიან. განხილულ რუკაზე არაფერი ამის მსგავსი არ არის ნაჩვენები-ხეობის გასწვრივ არ აღინიშნება რღვევა და ე.წ. ბერ-ის ორივე მხარეს ყველა წყება, ქვეწყება და სტრუქტურული ერთეულები (ანტიკლინები, სინკლინები, შესხლეტვები) უწყვეტივ გაიდევნება. ასეთივე სურათია კავკასიის 1:1000000 მასშტაბის ახალ (2010 წ.) რუკაზეც (იხ.სურ. 6.14). ამ რუკის თანახმად ბერ სავარაუდო ზოლის გასწვრივ არ ჩანს ნეოგენური წყებების არავითარი გადაადგილება ტირიფონის ველზე (ქართლის აუზი) და არც სხვა წყებების კავკასიონის სამხრეთი ფერდის ზონის ფარგლებში, სადაც ამ „რღვევის“ ორივე მხარეს უწყვეტივ გრძელდება (სამხრეთ-დასავლეთიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთისაკენ): P_2^3 -ზედა ეოცენური ტერიგენული და კარბონატული ნალექები; P_{1+2} –პალეოცენურ-ეოცენური ტერიგენული და კარბონატული ქანები; K_2 –ზედა ცარცული უპირატესად კარბონატული ქანები, K_{1a+al} -აპტურ-ალბური მერგელები, არგილიტები და ალევროლითები; K_{1g+br} -ჰოტრივული და ბარემული ქვიშაქვები და არგილიტები; K_{1b+v} ბერიასული და ვალანჟინური ტერიგენული კლასტოლითები; I_3 –ზედა იურული კარბონატული ქანები; I_{2a} -აალენური არგილიტები და ქვიშაქვები; I_{1t} -ტოარსული ქვიშაქვები და არგილიტები; I_{1p} -პლინსბახური არგილიტები და ქვიშაქვები; I_{1s+p_1} –სინემიურული და ქვედა პლინსბახური გრაველითები, ქვიშაქვები, არგილიტები და ვულკანოკლასტოლითები. ბერ-ის „ნაწევით“ არ არის გადაადგილებული არცერთი პლიკატიური თუ დიზუნქტიური სტრუქტურა, არ არის გადაადგილებული აგრეთვე ყელის და სტეფანწმინდის (ყაზბეგის) რაიონის ჩამქრალი ვულკანები და ლავური ნაკადები.



სურათი 6.14. კავკასიის 1:1000000 მასშტაბის გეოლოგიური რუკა, 2010.ავტორები: შ.ადამია, ა.ჭაბუკიანი, თ.ჩხოტუა, ნ.სადრადე, დ.ზაქარაია, გ.ზაქარიადე; რედაქტორი: შ.ადამია ; მ.ნოდის სხელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი.

1:1000000 მასშტაბის არცერთ სახელმწიფო გეოლოგიური რუკაზე არ არის გეოლოგიური ერთეულები გადაადგილებული, რაც აუცილებლად იქნებოდა შენიშნული იმ შემთხვევაში, თუ ნამდვილად იარსებებდა ე.წ ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევა, მითუმეტეს ისეთი დიდი ამპლიტუდით (ათეული კილომეტრებით), როგორცაა მითითებული ზემოთ მოყვანილ ზოგიერთ ნაშრომში (მაგ. Philip et al. 1989; Rebai et al. 1993).

მსგავსი შედეგი ჩანს საქართველოს და კავკასიის 1:500000 მასშტაბის სახელმწიფო გეოლოგიური რუკების ანალიზიდანაც (სურ.6.15 ა,ბ,გ).



სურათი 6.15ა. საქართველოს 1:500000 მასშტ. გეოლოგიური რუკა (გუჯაბიძე 2003). რუკის რედაქტორი ე.გამყრელიძე, გამოცემული საქართველოს გეოლოგიის სახელმწიფო დეპარტამენტისა და ნავთობის ეროვნული კომპანია "საქნავთობის" მიერ.

აღნიშნული რუკის დეტალური ანალიზი მოგვყავს ქვემოთ, ვინაიდან ამ რუკის პასუხისმგებელი რედაქტორი ბერ რეალობის ერთ-ერთი დამცველია. ე.წ. ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევის ფარგლებში ხვდება განსახილველი რუკის აჭარა-თრიალეთის ზონის შემდეგი გეოლოგიური ერთეულები: 1. $E_1-E_2^1$ -პალეოცენი და ქვედა ეოცენი. პელიტომორფული და კრისტალური კირქვები, მერგელები (დანური). ქვიშაქვა-ალევროლიტური და კლასტურ-კირქვული ფლიში: ქვიშაქვური, ალევროლიტური და კლასტურ-კირქვული ტურბიდიტები, ტეფროტურბიდიტები, პელაგური არგილიტები და მერგელები, ზოგან ჭრელი მერგელები, თიხები და ქვიშაქვები; 2. E_2^{2a} -შუა ეოცენის ქვედა ნაწილი. ძირითადად ბაზალტური, უფრო იშვიათად კი ტრაქიტული შემადგენლობის შრეებრივი ჭრელი ტუფების, არგილიტების, ტუფოარგილიტების, კირქვების და მერგელების მორიგეობა, იშვიათად სუბტუტე ბაზალტური, ზოგან

ტრაქიტული , ხოლო ზედა ნაწილში-დელენიტური განფენებით (ლიკანის და ქვაბისხევის წყება); 3. E_2^{2b} -შუა ეოცენის ზედა ნაწილი. სუბტუტე, ტუტე და კირ-ტუტე ბაზალტების, უფრო იშვიათად კი, ანდეზიბაზალტების, ანდეზიტების, დელენიტებისა და ტრაქიტების მასივური და სქელშრეებრივი ვულკანური ბრეჩიები, ტუფები და ლავური განფენები, ზოგან ტუფოკონგლომერატები, ოლისტოსტრომები, ტეფრო- და ქვიშაქვა-ალევიტური ტურბიდიტები. ზედა ნაწილში ზოგან ტუფები, გრაველიტები, ტუფოქვიშაქვები და მერგელები (ჭიდილის ან დვირის წყება); 4. E_2^2 --შუა ეოცენი. ტუფოქვიშაქვები, ტუფები, არგილიტები, იშვიათად მერგელების შუაშრეები, ზონის აღმოსავლეთ დაძირვაზე, ზედა ნაწილში ოლისტრომული წყება, სუბტუტე ბაზალტური და დაციტური განფენები და ვულკანური ბრეჩიები. 5. E_2^3 - ზედა ეოცენი. ფრამინიფერებიანი და ლიროლეპისიანი მერგელები, მსხვილმარცვლოვანი კვარც-არკოზული და გრაუვაკული ქვიშაქვები, თიხები (კარბონატული, ბიტუმინოზური, ფიქლებრივი, მაიკოპის ტიპის), კონგლომერატების, კონგლომერატ-ბრეჩიების შუაშრეები და დასტები, უფრო იშვიათად მერგელები და კირქვები.

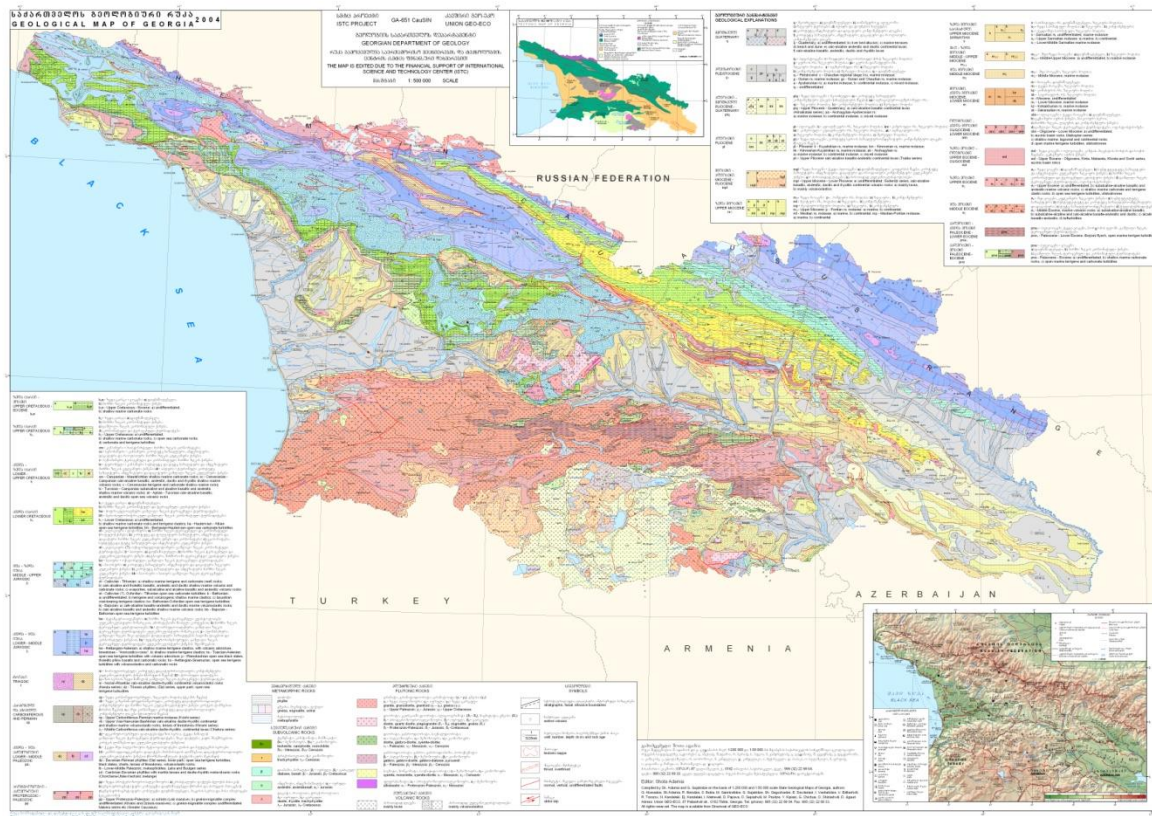
კავკასიონის სამხრეთი ფერდი: 1. $E_3 + N_1^1$ – ოლიგოცენი და ქვედა მიოცენი (მაიკოპის სერია). ზღვიური მოლასა: ქვიშაქვები, გრაველიტები, სუსტად კარბონატული თიხები მერგელების შუაშრეებით, ზოგან თაბაშირიანი თიხები და ქვიშაქვები; 2. მესტია-თიანეთის ზონა: $E_2^3 + E_3$ -ზედა ეოცენი და ოლიგოცენი. კონგლომერატები, ქვიშაქვები, ალევროლიტები, თაბაშირიანი თიხები, ოლისტოსტრომები (კინტის წყება); 3. E_2^3 -ზედა ეოცენი. ტერიგენული კლასტოლითები. ქვიშაქვა-ალევიტური ფლიში: ტურბიდიტები, პელაგური მერგელები და თიხები, ოლისტოსტრომები ფიქლებრივი თიხების, ქვიშაქვების, გრაველიტების და კონგლომერატების დასტებითა და შუაშრეებით; 4. $E_1 + E_2^2$ -პალეოცენი და ქვედა ეოცენი. ქვიშაქვა-ალევიტური ფლიში: ქვიშაქვური და ალევროლიტური ტურბიდიტები, პელაგური არგილიტები და მერგელები, კირქვები, კაჟიანი არგილიტები, ფტანიტები, ზოგან ბაზალური კონგლომერატები, კონგლომერატ-ბრეჩიები, ქვიშაქვები და ქვიშიანი კირქვები. 5. K_2 -ზედა ცარცი (დაუნაწევრებელი). ქვიშაქვა-ალევიტური (ქვედა ნაწილში) და კლასტურ-კირქვული (ზედა ნაწილში) ფლიში: ალევროლიტური, ქვიშაქვური, გრაველიტური და კლასტურ-კირქვული ტურბიდიტები, ოლისტოსტრომები, პელაგური მერგელები. კაჟიანი არგილიტები, ფტანიტები, ზოგან პელიტომორფული

კირქვების და მერგელების მორიგეობა; 6. $K_2km + m$ -კამპანური და მასტრისტული სართულები. კლასტურ-კირქვული ფლიში: კლასტურ-კირქვული ტურბიდიტები, პელაგური მერგელები და კარბონატული თიხები, ზოგან ლოდბრეჩიები და გრაველიტები. 7. $K_2km - m$ -ტურონული სართულის ზედა ქვესართული, კონიაკური, სანტონური, კამპანური და მასტრისტული სართულები. 8. K_{2s-st} –სენომანური, ტურონული, კონიაკური და სანტონური სართულები. კლასტურ-კირქვული და ქვიშაქვა-ალევროლიტური (ქვედა ნაწილში) ფლიში: კლასტურ-კირქვული, გრაველიტური და ალევროლიტური ტურბიდიტები, პელაგური მერგელები, არგილიტები, ფტანიტები, ლოდბრეჩიები, კონგლომერატები და ზოგან-პელიტომორფული კირქვების და მერგელების მორიგეობა. 9. $K_1a - al$ -აპტური და ალბური სართულები. მესტია-თიანეთის ზონა. ქვიშაქვა-ალევროლიტური ფლიში: ქვიშაქვური, გრაველიტური და ალევროლიტური ტურბიდიტები, პელაგური თიხები. არგილიტები და მერგელები; 10. $K_1h_2 - br$ -ჰოტრივული სართულის ზედა ქვესართული და ბარემული სართული. ქვიშაქვა-ალევროლიტური ფლიში: ქვიშაქვური- და ალევროლიტური ტურბიდიტები, პელაგური არგილიტები. 11. $K_1b - h_1$ -ბერიასული და ვალანჟინური სართულები და ჰოტრივული სართულის ქვედა ნაწილი. კლასტურ-კირქვული და ქვიშაქვური ტურბიდიტები, პელაგური მერგელები, კირქვები, არგილიტები და თიხაფიქლები; 12. J_3km+tt -კიმერიჯული და ტიტონური სართულები. კლასტურ-კირქვული, უფრო იშვიათად კი, ქვიშაქვა-გრაველიტური ტურბიდიტები, პელაგური თიხიანი კირქვები, მერგელები, და არგილიტები, ზოგან ოლითური კირქვები; 13. J_3O-tt -ოქსფორდული სართულის ზედა ქვესართული, კიმერიჯული და ტიტონური სართულები. კლასტურ-კირქვული ტურბიდიტების (ქვიშიანი, ბრეჩიისებრი) და პელაგური არგილიტების, ფიქლებრივი მერგელების და პელიტომორფული კირქვების ფლიშიდური მორიგეობა, ზოგან გრაველიტების შუაშრეები და ლინზები; 14. J_3O_2 - ოქსფორდული სართულის ზედა ქვესართული, კლასტურ-კირქვული ფლიში: კლასტურ-კირქვული, უფრო იშვიათად კი ქვიშაქვა-გრაველიტური ტურბიდიტები, პელაგური მერგელები და თიხაფიქლები; 15. J_3k+O_1 -კალოვიური სართული და ოქსფორდული სართულის ზედა ქვესართული. კლასტურ-კირქვული ფლიში: კლასტურ-კირქვული ტურბიდიტები, პელაგური მერგელები და თიხაფიქლები, ზოგან მერგელების და თიხაფიქლების მორიგეობა, ზონის აღმოსავლეთ

დაბოლოებაზე-ქვიშაქვა -ალევროლიტური ფლიში: ქვიშაქვური და ალევროლიტური ტურბიდიტები და პელაგური არგილიტები;

მთავარი ქედი, ყაზბეგ-ლაგოდეხის და ჩხალთა-ლაილას ზონები ;1. J_2 -შუა იურული (დაუნაწევრებელი). თიხიანი და თიხიან-ქვიშიანი ფიქლები, არგილიტები, ქვიშაქვები და ალევროლიტები, ტოლეიტ-ბაზალტური ლავები, იშვიათად ტუფები; 2. J_2b+bt -ბაიოსური და ბათური სართულები.თიხაფიქლები, კვარციანი და პოლიმიქტური ქვიშაქვები, ზოგან ქვიშიანი კირქვები; 3. J_2a -აალენური სართული. შავი თიხაფიქლები თიხიანი სიდერიტის კონკრეციებით და ქვიშაქვური ტურბიდიტების შუაშრეებით, ჭრილის ქვედა ნაწილში ზოგან ბაზალტები და მათი პიროკლასტოლითები, 4. J_1t -ტოარსული სართული. შავი თიხაფიქლები, ალევროლიტები, იშვიათად შიგაფორმაციული კონგლომერატების ლინზები და შუაშრეები, ზოგან-სქელშრეებრივი და მასივური კირქვების სქელი დასტები; 5. J_1p -პლინსბახური სართული. ასპიდური ფიქლები და თიხაფიქლები, ალევროლიტები, წვრილმარცვლოვანი ქვიშაქვების შუაშრეებით, შიგაფორმაციული კონგლომერატების ლინზები, ზოგან ტოლეიტბაზალტური ლავები (პილოულავები) და პიროკლასტოლიტები. ტრანსგრესიულად განლაგების შემთხვევაში (მთავარი ქედი, სვანეთი) ბაზალური კონგლომერატები და მსხვილმარცვლოვანი ქვიშაქვები. 6. J_1s -სინემურული სართული. მთავარი ქედის ზონა: ბაზალური კონგლომერატები და გრაველიტები, ქვიშაქვები, ალევროლიტები, ქვიშაქვური ტურბიდიტები, თიხაფიქლები, კვარციტები, ზოგან კირ-ტუტე რიოლითებისა და რიოდაციტების ლავები და პიროკლასტოლითები.

საქართველოს ბელტი , მტკვრის აუზი: 1. N_{m+p} -მეოტური და პონტური სართულები. ზღვიური და კონტინენტური მოლასა: კონგლომერატები, ქვიშაქვები, თიხები; 2. N_1s_3 -ზედა სარმატი.ზღვიური და კონტინენტური მოლასა: ქვიშაქვები, თიხები, კონგლომერატები, ზოგან მერგელები; 3. N_{1s1+2} -ქვედა და შუა სარმატული, ზღვიური მოლასა: თიხები, ქვიშაქვები, კონგლომერატები, მერგელები და კირქვები; 4. N_1^2 -შუა მიოცენი (თარხნული, ჩოკრაკული, კარაგანული და კონკური სართულები). ზღვიური მოლასა: თიხები, ქვიშაქვები, კონგლომერატები (ზოგან ბაზალური), მერგელები, ოოლითური და ქვიშიანი კირქვები;



სურათი 6.15.ბ. საქართველოს 1:500000 მასშტ. გეოლოგიური რუკა, ავტორები შ.ადამია და სხვ., 2004, გამოცემული ISTC პროექტი GA-651 CauSIN, გამომცემელი შ.ადამია.

საანალიზოდ აქ მოცემული 1:500000 მასშტ. რუკა საქართველოს გეოლოგია მრავალი თაობის მიერ განხორციელებული 1:200000 და 1:50000 მასშტ. სახელმწიფო რუკების საფუძველზეა შედგენილი. მასზე ბერ ზოლის ფარგლებში გამოიყოფა მრავალი გეოლოგიური ერთეული:

- აჭარა-თრიალეთის ზონა: 1.ზედა ეოცენი: მარჩხი ზღვის კარბონატული და ტერიგენული კლასტური ქანები; 2. შუა ეოცენი: ვულკანური ზღვიური ქანები: ა) სუბტუტე-ტუტე ბაზალტური; ბ) სუბტუტე-ტუტე და კირ-ტუტე ბაზალტური, ანდეზიტური და დაციტური; ც)ტუტე ბაზალტური-ანდეზიტური; დ)ტუფოტურბიდიტები; 3.პალეოცენი-ქვედა ეოცენი: ბორჯომის ფლიში, გაშლილი ზღვის ტერიგენული ტურბიდიტები;

- მტკვრის ფორლანდი (ტირიფონის ველი): 1. ზედა მიოცენი, ა) მეოტურ-პონტური მოლასა : ა) ზღვიური, ბ)კონტინენტური ; 2. ზედა მიოცენი,სარმატული: ზედა სარმატული მოლასა : ა) ზღვიური, ბ)კონტინენტური; ქვედა -შუა სარმატული ზღვიური მოლასა; 3. შუა მიოცენი, ზღვიური მოლასა; 4. ოლოგოცენი-ქვედა მიოცენი; ევქსინური აუზის ქანები, მაიკოპური სერია;

- კავკასიონის სამხრეთი ფერდის ზონა: 1. პალეოცენი-ეოცენი; გაშლილი ზღვის ტერიგენული კარბონატული ტურბიდიტები; 2. ზედა ცარცი; კარბონატული და ტერიგენული ტურბიდიტები; 3. ქვედა ცარცი; ჰორტივული-ალბური გაშლილი ზღვის ტერიგენული ტურბიდიტები; ბერიასული-ჰორტივული; გაშლილი ზღვის კარბონატული ტურბიდიტები; 4. შუა-ზედა იურა; ა)კალოვიური, ოქსფორდული-ტიტონური გაშლილი ზღვის კარბონატული ტურბიდიტები; ბ) ბათური-ოქსფორდული, გაშლილი ზღვის ტერიგენული ტურბიდიტები; 5. ქვედა-შუა იურა; ტოარსული-აალენური, გაშლილი ზღვის ტერიგენული ტურბიდიტები ვულკანოკლასტური მინარევით; 6.პლინსბახური; გაშლილი ზღვის შავი ფიქლები ტოლეიტური ბაზალტების ბალიშა ლავებით და კარბონატული ქანებით; 7. ჰეტანგური-სინემიურული, გაშლილი ზღვის ტერიგენული ტურბიდიტები ვულკანოკლასტური ქანების შუაშრეებით.

წარმოდგენილი რუკის ანალიზიც გვიჩვენებს, რომ „ბყრ“-ის გასწვრივ არავითარი ნაწევი არ არსებობს, არც სტრატეგრაფიული და ლითოლოგიური საზღვრები და არც ტექტონიკური სტრუქტურები არ არიან გადაადგილებული. არ არის ე.წ. ბყრ-ით გადაადგილებული არც ყელის პლატო-ქაბარჯინა-ყაზბეგის ვულკანური ცენტრების ლავური ნაკადები ნაწევის ტიპის რღვევით.

ამრიგად, გ.გუჯაბიძის და სხვ.(2003), შ.ადამიას და სხვ.(2004) 1:500000 მასშტაბის გეოლოგიური რუკების დეტალური განხილვის შედეგად შეგვიძლია ვთქვათ, რომ არცერთი მათგანის მიხედვით არ შეიმჩნევა გეოლოგიური ერთეულების გადაადგილება, რაც ნამდვილად იქნებოდა ნაჩვენები მნიშვნელოვანი ამპლიტუდის ნაწევის არსებობის შემთხვევაში .

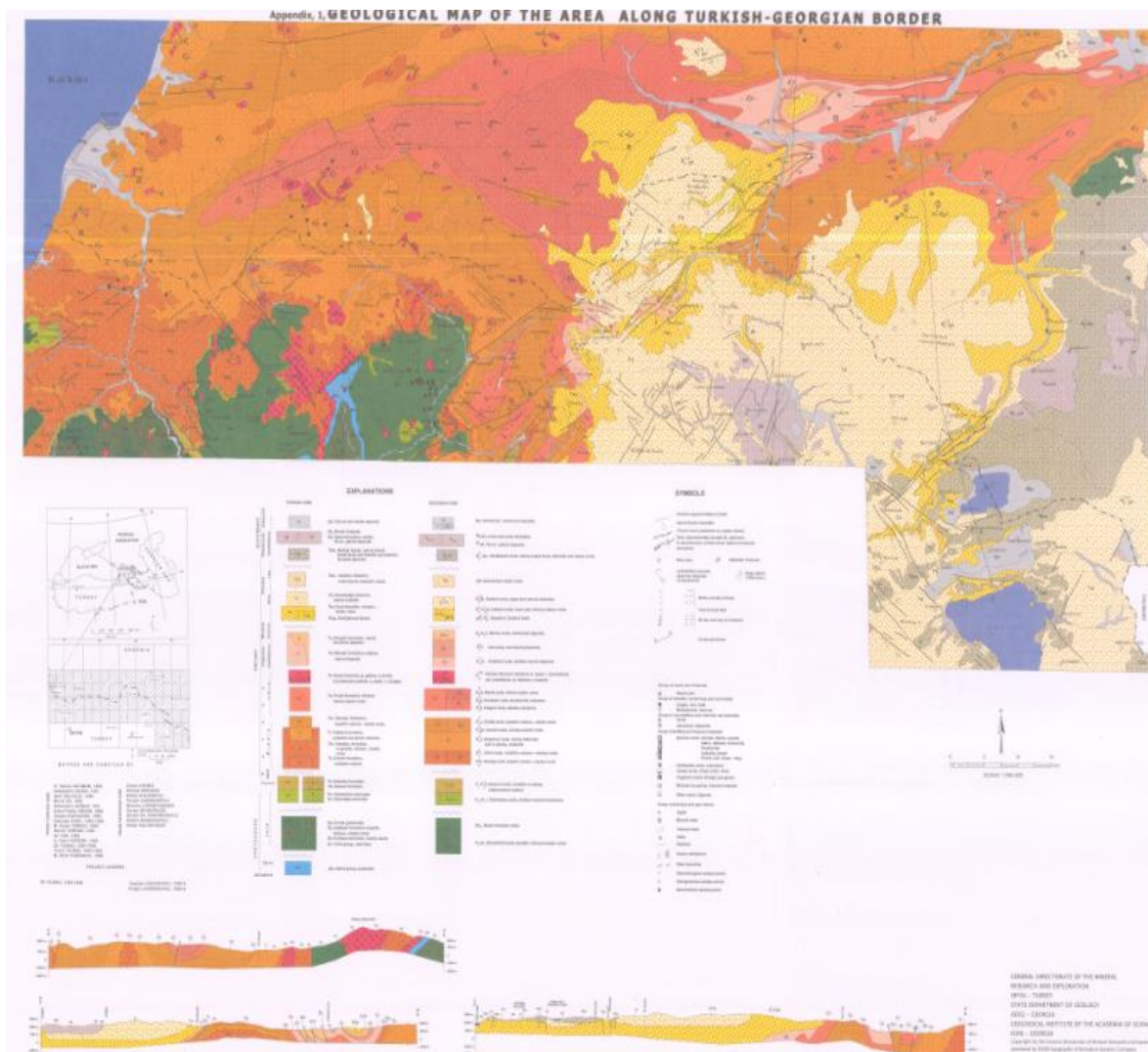
ბყრ ნაწევური სტრუქტურა არ არის ნაჩვენები 1: 500000 მასშტაბის არც სხვა რუკებზე (მაგ.Д.В.Наливкин, Геологическая карта Кавказа, 1976, სურ.6.15გ).



სურათი 6.15გ. კავკასიის 1:500000 მასშტ. გეოლოგიური რუკა, ფურცელი 5 (Наливкин и др. 1976).

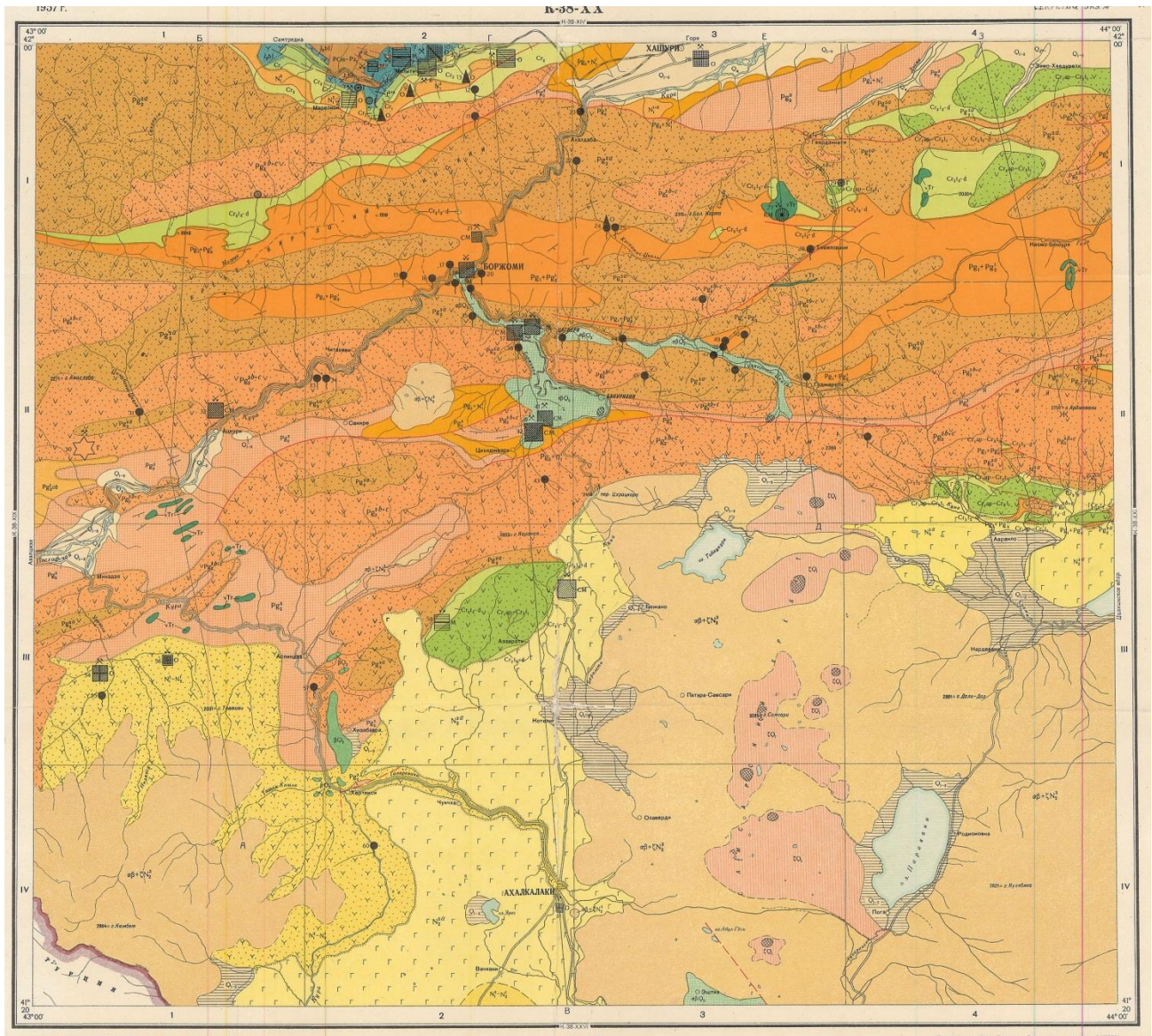
1993 წელს, ხელშეკრულების შესაბამისად, მადნების ძებნისა და ძიების გენერალურმა დირექტორატმა და საქართველოს გეოლოგიის სახელმწიფო დეპარტამენტმა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოლოგიური ინსტიტუტის მონაწილეობით განახორციელეს თურქეთ-საქართველოს სასაზღვრო ზოლის გეოლოგიური კარტირება. შესწავლილი რაიონი განლაგებულია ორი ქვეყნის სასაზღვრო ზოლის გასწვრივ, წარმოადგენს პონტიდები-ამიერკავკასიის სისტემის აღმოსავლეთ დაბოლოებას, რომელიც წარმოდგენილია აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონით-ჩრდილოეთით და ართვინ-ბოლნისის ბელტით-სამხრეთით. ჩატარებული კვლევების ერთ-ერთი მიზანი იყო რეგიონალურ კონტექსტში გადმოცემა სასაზღვრო ზოლის ძირითადი გეოლოგიური თავისებურებების დახასიათება და წარმოედგინა ერთობლივი კორელირებული 1:250000 მასშტ. გეოლოგიური რუკა (Geological studies, 2001). შესწავლილი რაიონი არის ამიერკავკასია-პონტიდების სისტემის ნაწილი. მაგრამ სასაზღვრო ზოლის გასწვრივ ამ სისტემის მხოლოდ ორი ერთეული იქნა

გამოკვლეული, სახელდობრ, ჩრდილოეთით-აჭარა-თრიალეთის ერთეული მტკვრის ხეობაში, აგებული პალეოცენურ-ქვედა ეოცენური ასაკის ბორჯომის ფლიშით, რომელსაც თანხმობით აგრძელებს შუა ეოცენი, წარმოდგენილი სამი წყებით: 1.ტურბიდიტული ქანების და ბაზალტური ვულკანოგენების მორიგეობა; 2.დელენიტური ვულკანოგენები; 3. ბაზალტური ვულკანო-კლასტური ქანები. ეს ჭრილი თანხმობით მთავრება გვიან ეოცენური შოშონიტური ვულკანოგენებით (Geological studies, 2001). არც ქართულ-თურქული ერთობლივი კვლევის შედეგად შექმნილი და გამოცემული რუკა არ ადასტურებს ზერ-ის არსებობას მდ. მტკვრის ახალციხე-ბორჯომის მონაკვეთზე (სურ.6.16).



სურათი 6.16. საქართველო-თურქეთის მოსაზღვრე ტერიტორიის 1:250000 მასშტ. გეოლოგიური რუკა (2001).

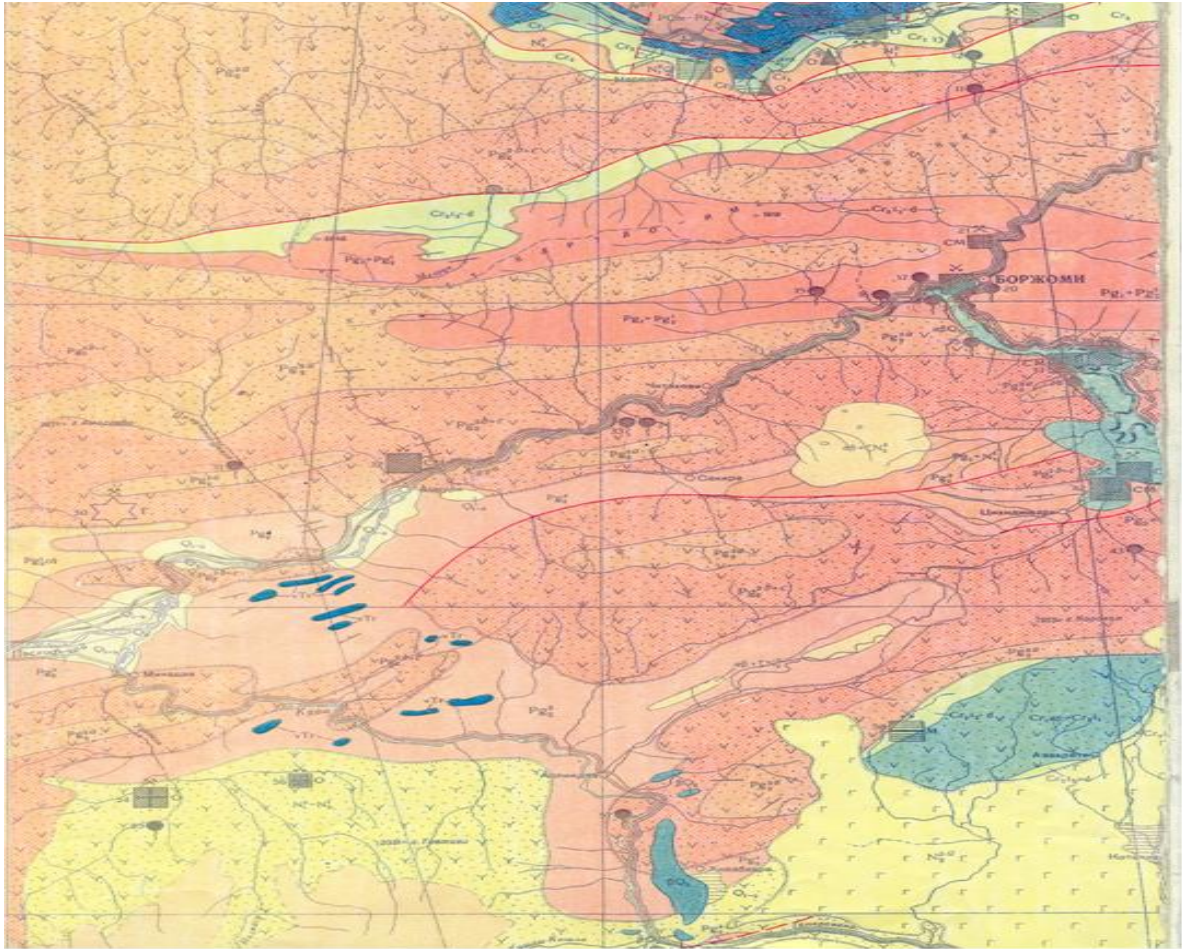
ბერ-ის არსებობა-არარსებობის თვალსაზრისით ძალზე ინფორმატიულია ამ ზოლის მომცავი 1:200000 მასშტ. სახელმწიფო გეოლოგიური და სასარგებლო ნამარხების რუკები მოცემული სურ.6.17ა,ბ,გ,დ,ე. დავიწყოთ მტკვრის ხეობის ახალციხე-ბორჯომი-ხაშურის მონაკვეთის K-38-XX სასარგებლო ნამარხების და გეოლოგიური რუკებით (სურ.6.17ა,ბ), რომელზეც ასახულია მტკვრის ხეობის ახალციხე-ხაშურის მონაკვეთის გეოლოგიური აგებულება.



სურათი 6.17ა. საქართველოს 1:200000 მასშტაბის სასარგებლო წიაღისეულის რუკა, 1957, ავტორი ბ.კალანდარიშვილი, რედაქტორი გ.თვალჭრელიძე, გამოცემულია საქართველოს გეოლოგიის სამმართველოს მიერ.

რუკაზე ბერ-ის გასწვრივ (სდ-ჩა მიმართულებით) წარმოდგენილია შემდეგი გეოლოგიური ერთეულები: 1. შუა ეოცენი. შუა და ზედა დასტები. უხეშ-და მასიურ

შრეებრივი ანდეზიტური ტუფბრექჩიები, ტუფქვიშაქვები, ტუფკონგლომერატები, ანდეზიტური განფენებით, იშვიათად ქვიშაქვები და მერგელები; 2. შუა ეოცენი. ქვედა დასტა. ფერადი თიხები, მერგელები, ტუფქვიშაქვები და ტუფები; 3 პალეოცენი და ქვედა ეოცენი. კირქვიანი თიხები და ქვიშაქვები, ტუფქვიშაქვები, მერგელები, კირქვები (ბორჯომის ფლიში); 4. შუა ეოცენი. ქვედა დასტა, ფერადი თიხები, მერგელები, ტუფქვიშაქვები, ტუფები;

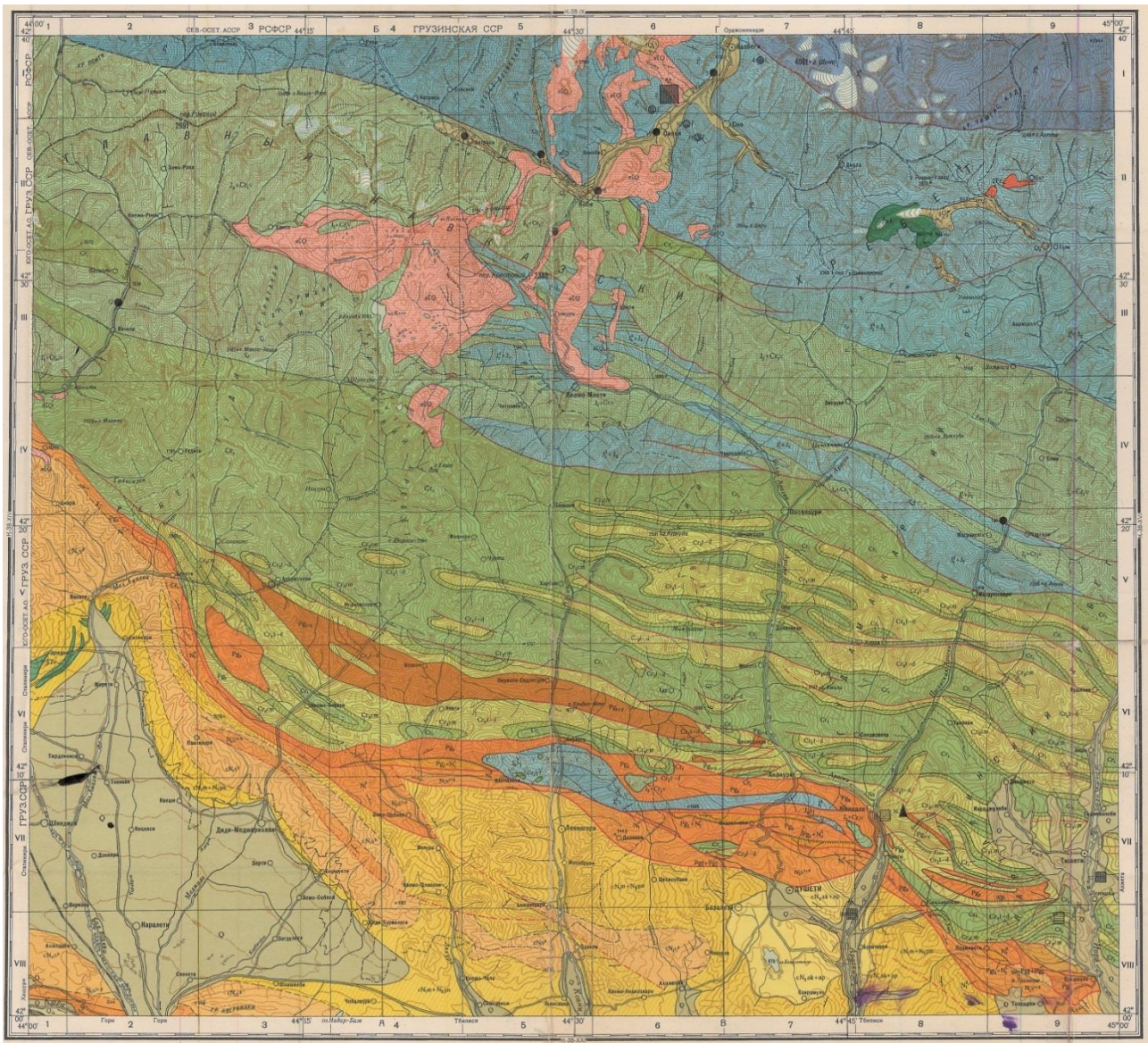


სურათი 6.17ბ. ბორჯომის და ახალქალაქის რაიონების (ფურცელი K-38-XX) 1:200000 მასშტ. გეოლოგიური რუკა ; 1957, ავტორები: პ.გამყრელიძე და ა.ცაგარელი, გამოცემული სსრკ გეოლოგიისა და წიაღის დაცვის სამინისტროს საქართველოს გეოლოგიის სამმართველოს მიერ.

სტანდარტული ინდექსებით აღნიშნულია: Q, მეოთხეული; $\alpha\beta Q_3$, მეოთხეული ანდეზიტური ლავა; $\alpha\beta\gamma N_2^3$, პლიოცენური ლავური ნაკადები; $N_2^3 a$, ზედა პლიოცენ-მეოთხეული ლავური ნაკადები; Pg_3^{ch} , ოლიგოცენი ხადუმის ჰორიზონტი; Pg_2^3 , ზედა ეოცენი; Pg_2^2 , შუა ეოცენი; $Pg_1 + Pg_2^1$, პალეოცენ-ქვედა ეოცენი; Cr_2 , ზედაცარცი; $Cr_2 t_2 - d$, ზედატურონი – დანიური; Cr_1 , ქვედაცარცი; $I_2 b j$, შუაიურა, ბაიოსი; J_1^{2+3} , ქვედაიურა.

არც ერთ რუკაზე არ არის ნაჩვენები ტექტონიკური რღვევა-მარცხენა ნაწევი, ანუ ბერ, არ ჩანს წყებების, ნაოჭა და რღვევითი სტრუქტურების ლატერალური-ჰორიზონტული გადაადგილება.

შემდეგი, ბერ-ის უფრო ჩა ნაწილი ხვდება რუკაზე K-38- XV, რომლის ავტორებია ნ.კანდელაკი და ი. კახაძე (სურ.6.17.გ)



სურათი 6.17გ.საქართველოს 1:200000 მასშტ. გეოლოგიური რუკა,(ფურცელიK-38-XV), 1956, ავტორები ნ.კანდელაკი და ი.კახაძე, რედაქტორი ვ.კუროჩკინი, გამოცემული სსრკ გეოლოგიის და წიაღის დაცვის სამინისტროს საქართველოს გეოლოგიის სამმართველოს მიერ.

ბერ ზოლის ფარგლებში ამ რუკაზე გამოიყოფა შემდეგი გეოლოგიური ერთეულები: 1. მეოტური და პონტური კონტინენტური კონგლომერატები თიხნარის და ქვიშების შუაშრეებით და რიყნარი; 2. სარმატული სართულის ზედა ქვესართული,

კონტინენტური თიხები, ქვიშაქვები, კონგლომერატები; 3. სარმატული სართულის ქვედა და შუა ქვესართულები: თიხები, ქვიშაქვები, მერგელები, კონგლომერატები, კირქვები; 4. შუა მოიცენური თიხები, ქვიშაქვები, კირქვები, მერგელები; 5. სენომანური, არგილიტები და ქვიშაქვები, ზოგჯერ კონგლომერატები, ზედა ნაწილში კაჟიანი ფიქლები და კაჟები; 6. ზედა ლიასური-შუა იურული: თიხაფიქლები, არგილიტები, ქვიშაქვები; 8. მეოთხეული ანდეზიტები და დაციტები-ყელის პლატო და სტეფანწმინდის (ყაზბეგის) ვულკანური არეები. როგორც რუკიდან ჩანს ნაწევის მსგავსი არავითარი სტრუქტურა აქ არ აღინიშნება.

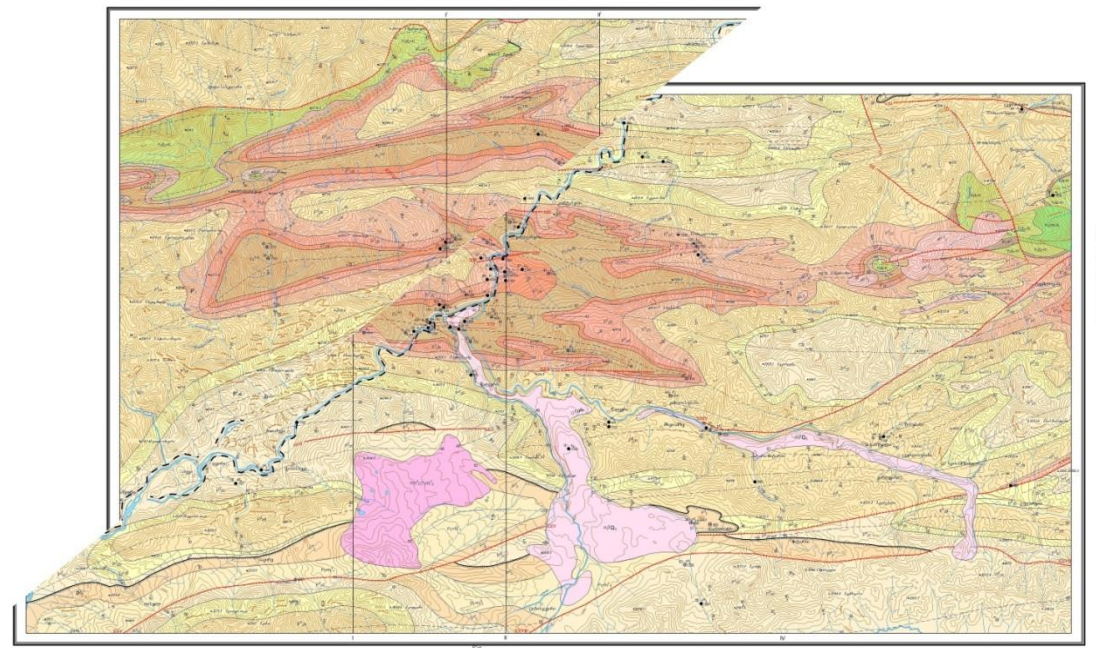
რუკა K-38- IX საქართველოსა და ჩრდილო კავკასიის სასაზღვრო ზოლს მოიცავს და მასზე ე.წ. ბორჯომი-ყაზბეგის მარცხენა ნაწევის მხოლოდ ჩა დაბოლოებაა ხვდება, რომლითაც, თითქოს, გადაადგილებულია ნაწევის აქეთ-იქით წარმოდგენილი შემდეგი ერთეულები: 1. შუა ოლიგოცენი-ქვედა მიოცენი-კონტინენტური ფერადი თიხები, ქვიშაქვები; 2. ქვედა ოლიგოცენი, ხადუმის ჰორიზონტი. თაბაშირიანი თიხები და ქვიშაქვები; 3. ზედა ეოცენი-თაბაშირიანი თიხები და ქვიშაქვები; 4. შუა ეოცენი-მერგელები და ტერიგენული კლასტოლითები.



სურათი 6.17დ. საქართველოს და ჩრდილო კავკასიის 1:200000 მასშტ. გეოლოგიური რუკა, (ფურცელი K-38-IX), 1984, ავტორები ა.გუბკინა და ბ.ერმაკოვი, რედაქტორი კ.როსტოვცევი, გამოცემული სსრკ გეოლოგიის და წიაღის დაცვის სამინისტროს „სევეკავგეოლოგიის“ მიერ.

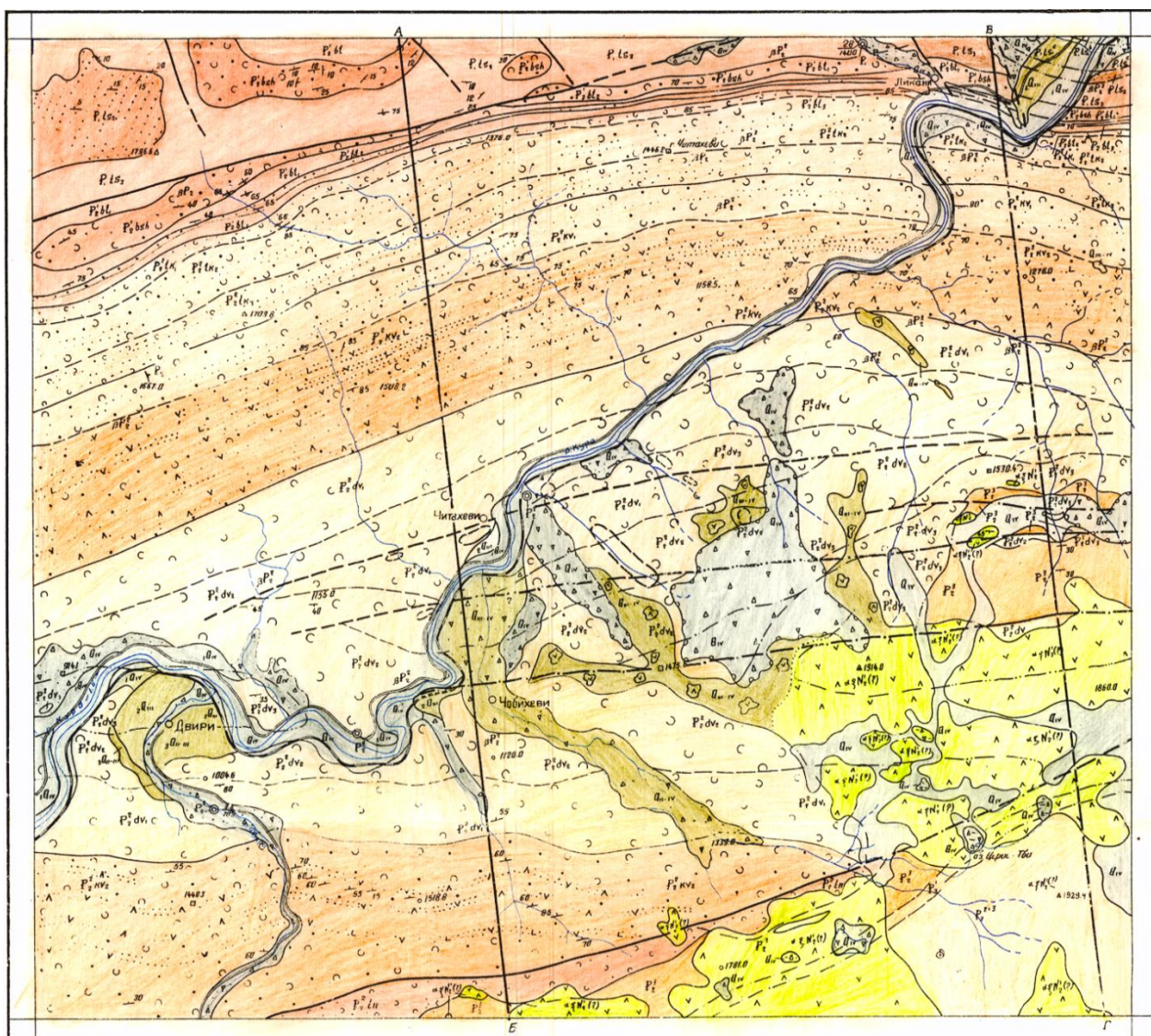
K-38- IX გეოლოგიური რუკის ანალიზის შედეგად ასეთია: არცერთი გეოლოგიური ერთეული არაა გადაადგილებული ნაწევით, რაც აუცილებლად გამოჩნდებოდა კარტირებით იმ შემთხვევაში, თუ იქნებოდა ნაწევი თუნდაც ჰორიზონტული გადაადგილების ასეული მეტრების ამპლიტუდით.

საქართველოს ის ნაწილი, სადაც იგულისხმება ბორჯომი-ყაზბეგის მარცხენა ნაწევის არსებობა, განსაკუთრებით კი ბორჯომის ხეობა- ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს რაიონი, აგრეთვე ის არე, სადაც გადის ბაქო-თბილისი ჯეიხანის და ბაქო-სუფსის ნახშირწყალბადების მილსადენები, კავკასიონის სამხრეთი ფერდი რუსეთი-სამხრეთი კავკასიის მილსადენით და სხვ. საინჟინრო ნაგებობით,

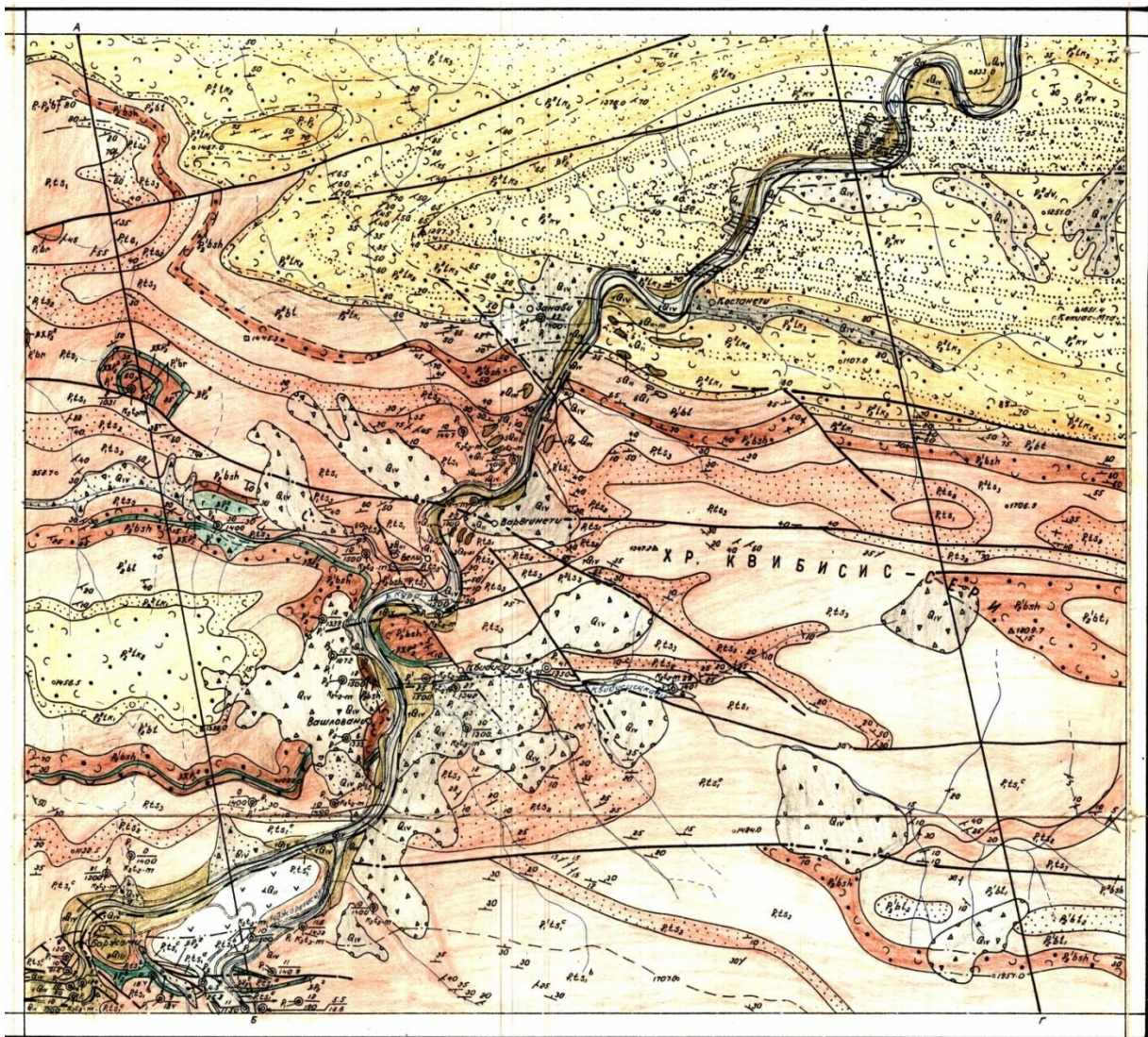
[illegible]

ბორჯომი-ახალციხის მონაკვეთზე ჩატარებული 1:50000 და 1:25000 მსხვილმას შტაბიანი გეოლოგიური აგეგმვა, შესრულებული რ. ბერაძის, გ.ლობჯანიძის, დ.ჩხაიძის,

ზ.ლებანიძის და სხვ.მიერ (საქართველოს გეოლოგიური სამმართველო), თვალსაჩინოს ხდის, რომ პალეოცენურ-ეოცენურ ნალექებში, რომლებიც აქ არაერთ ნაოქს, მათ შორის ბორჯომის ანტიკლინურ სტრუქტურას ქმნიან,არ აღინიშნება ნაწევით გადაადგილება, სტრატეგრაფიული,ლითოლოგიური ერთეულები და სტრუქტურული ხაზები არ არის გადანაცვლებული ბყრ-ით (გეოლოგიური რუკები : 6.18 ა,ბ,გ,დ).



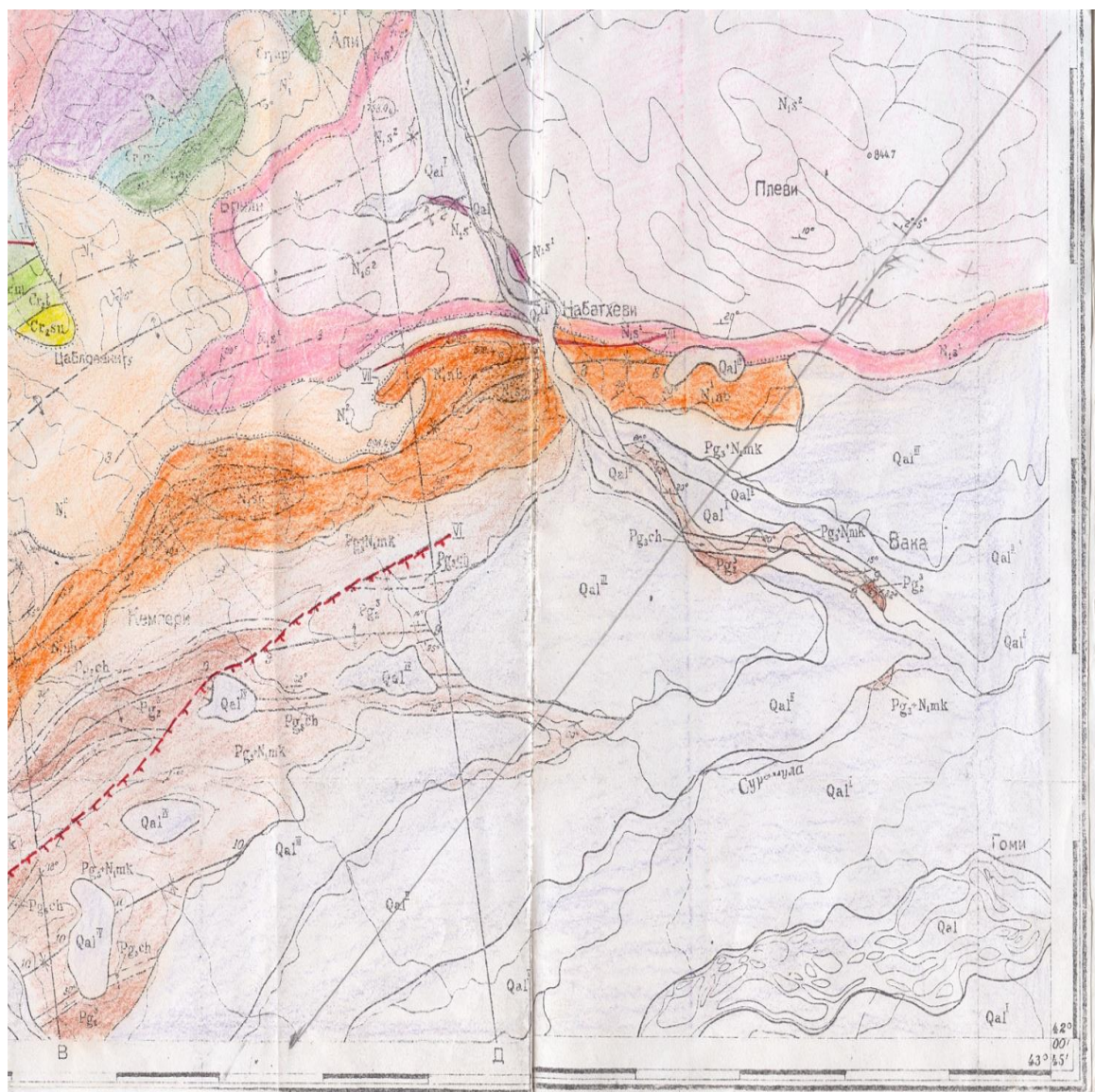
სურათი 6.18ბ. მტკვრის (ბორჯომის) ხეობის დვირი-ლიკანის მონაკვეთის 1:25000 მასშტ. K-38-75-Г-a სახელმწიფო გეოლოგიური რუკა. ავტორები დ.ჩხაიძე და ნ.გოგრიჭიანი, საქგეოლოგია, 1988.



სურათი 6.18. მტკვრის (ბორჯომის) ხეობის ლიკანი- ახალდაბის მონაკვეთის 1:25000 მასშტ. K-38-75-B-r სახელმწიფო გეოლოგიური რუკა. ავტორი დ.ჩხაიძე, საქგეოლოგია, 1988.

მდინარეული ქვედა ტერასების ნარიყი. ამ ერთეულებში არ შეინიშნება არანაირი გადანაცვლება ე.წ.ბერ-ის მიერ.

ბერ-ის ყოფნა-არყოფნის დასადგენად ინფორმატიულია აგრეთვე 1:50000 K-38-64-B გეოლოგიური რუკა (ძირულის მასივის აღმოსავლური კიდე და ტირიფონის ველი), სადაც უნდა გადიოდეს ე.წ. ბერ მარცხენა ნაწევი. რუკასა და გაშიშვლებაში კარგად ჩანს განედური მიმართების ლითოსტრატიგრაფიული ერთეული: ქვედა, შუა და ზედა მოიცენური ნალექების დასტა, რომელიც არ არის გაწყვეტილი და გადაადგილებული (სურ. 6.19 ა,ბ).



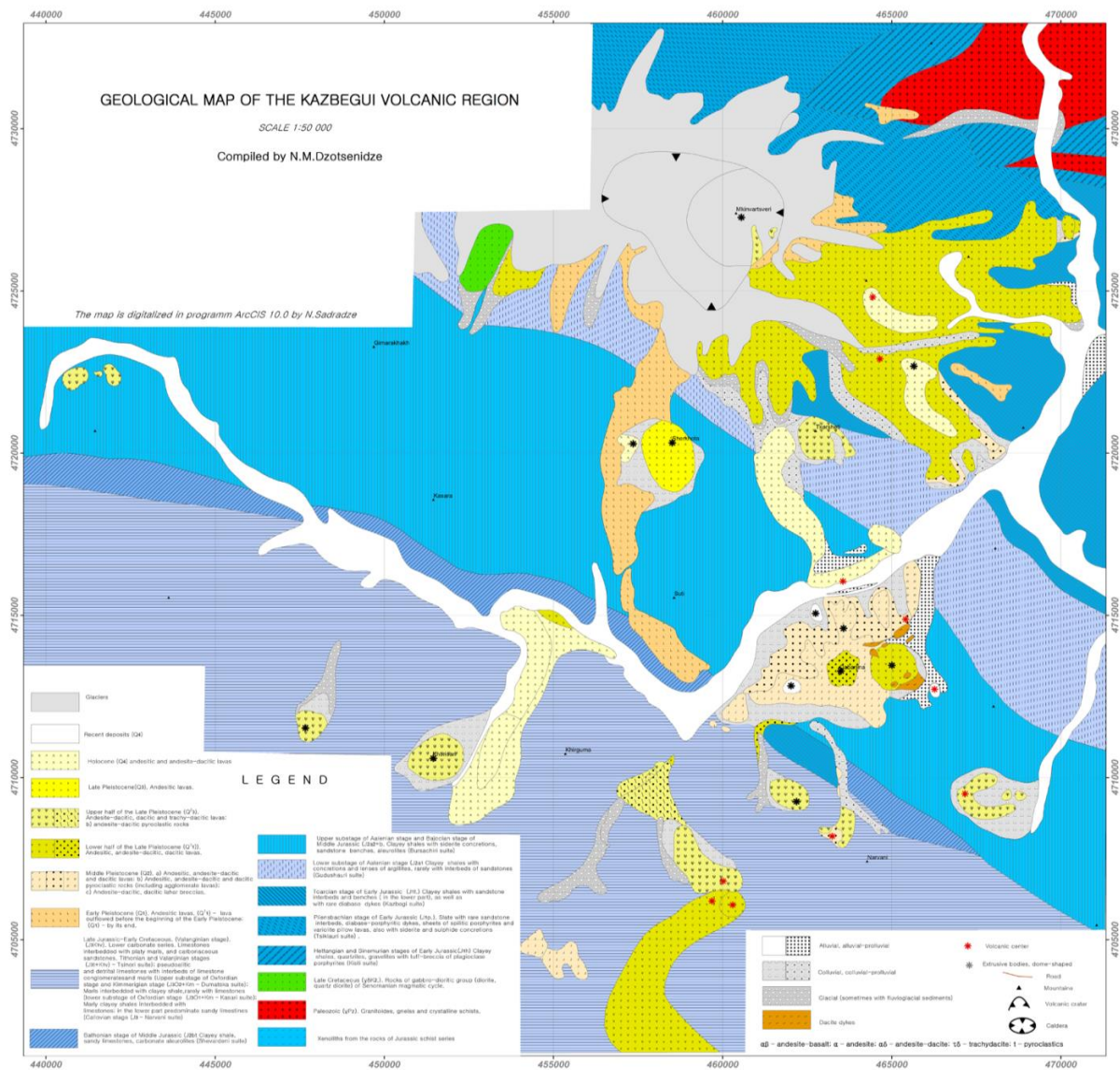
სურათი 6.19ა. საქართველოს 1:50000 მასშტ. სახელმწიფო გეოლოგიური რუკა, ფურცელი K-38-64-B, 1958.ავტორები: დ.ჯილაური და სხვ. გამომცემელი: საქართველოს გეოლოგიური სამმართველო.



სურათი 6.19ბ. ქვედა მიოცენური ქვიშაქვების წყება, მტკვრის აუზი, ტირიფონის ველი, ხაშურის რაიონი.

კავკასიონის სამხრეთი ფერდის ის მონაკვეთიც, სადაც ე. მილანოვსკის, ე.გამყრელიძის და სხვ. მიერ უნდა გადიოდეს ე.წ. ცხინვალის რღვევა (ბორჯომი-ყაზბეგის ნაწევის ჩრდილო მონაკვეთი), აგრეთვე კარტირებულია 1:50000 მასშტაბში. ნაწევი არცერთ რუკაზე არ არის აღნიშნული, მათ შორის არც ყელის და სტეფანწმინდის (ყაზბეგის) ჩამქრალი ვულკანების რაიონის რუკაზე. ცნობილია, რომ (მაგ. ნ.სხირტლაძე, ნ.ძოწენიძე, ბ.თუთბერიძე, ნ.სადრაძე და სხვ.) თანამედროვე ვულკანური რელიეფი კავკასიონზე წარმოდგენილია ქაბარჯინას, მყინვარწვერისა და ყელის პლატოს მიდამოებში. ვულკანური კონუსების და ლავების რელიეფი რთული ფორმებით ხასიათდება, ის ძირითადად გვიანპლეისტოცენური ასაკისაა(Схиртлаძე 1958, Тუტберидзе 2004). რაც შეეხება ყაზბეგის რაიონში მდებარე ვულკანებს (სურ. 6.20), შეგვიძლია ვთქვათ, რომ განლაგება ნამდვილად არ ემთხვევა ე.წ. „ბორჯომი ყაზბეგის რღვევას“; უნდა აღინიშნოს ისიც ,რომ ვულკანური ცენტრები: ქაბარჯინას, ყელის პლატოს და ყაზბეგის (ასევე, ლავური ნაკადები)არ არის გაწყვეტილი და გადაადგილებული ერთმანეთის მიმართ. რუკაზე კარგად ჩანს, რომ ნეოგენურ- მეოთხეული ვულკანები არ მოწყდნენ ერთმანეთს

და არ გადაადგილდნენ ჰორიზონტულად რაიმე ნაწევის გამო, არამედ განლაგებული არიან ე.წ. ნაწევის ორივე მხარეს.



სურათი 6.20. სტეფანწმინდა-ყელის პლატოს (ყაზბეგის) ვულკანური რაგიონის 1:50000 მასშტ. გეოლოგიური რუკა, 1985, ავტორი ნ. ძოწენიძე (ელექტრონული ვერსია შესრულებულია ნ. სადრაძის მიერ).

ეს ფაქტორი კიდევ ერთხელ გვადლევს საშუალებას ვუარყოთ ამ რღვევის არსებობა, კერძოდ სტეფანწმინდის, ყელის პლატოს და მიმდებარე არეების რაიონშიც.

უნდა ითქვას, ისიც, რომ რომელიმე ოროგენეზულ ციკლს განიცდიდა არა ლითოსფეროს მთელი ზედაპირი, არამედ მისი ცალკეული კარგად განსაზღვრული ნაწილები. გეოლოგიური დაკვირვების ამ შედეგს დიდი მნიშვნელობა აქვს. იგი გვიჩვენებს, რომ მთების წარმოშობას და ვულკანიზმს საერთო მიზეზები უნდა იწვევდეს. ვულკანიზმსა და ტექტოგენეზს შორის მჭიდრო კავშირია. ტექტონიკურ რღვევებს მოჰყვებიან

ნაპრალო ვულკანები და ხშირად არანაკლებ ცხადია ცენტრული ვულკანების კავშირიც ტექტონიკურ წყვეტასთან. მაგალითად, ჯავახეთის ვულკანები სწორხაზოვნად არიან გამწვრივებული დაახლოებით მერიდიანული მიმართულებით. ეს განლაგება აშკარად მოწმობს, რომ იქ იმავე მიმართულების წყვეტა უნდა არსებობდეს და კავშირი ვულკანების განლაგებას და ტექტონიკას შორის ნათლად ჩანს.

თუ კიდევ ერთხელ გადავხედავთ ყველა ზემოთ მოყვანილ სხვადასხვა მასშტაბის გეოლოგიურ რუკებს და მოვახდენთ მათ ანალიზს ვნახავთ, რომ არცერთი მათგანი არ ადასტურებს ბერ-ის რეალურობას. საკვლევი არეალის გეოლოგიური აგებულების გრაფიკული გამოსახულებები (რუკები, ჭრილები და სხვ.) აშკარად მეტყველებენ იმაზე, რომ ისინი არ შეიცავენ ჩა-სდ ნაწევის დამამტკიცებელ რაიმე ნიშანს.

6.4.4. ტექტონიკური „დრესვის სარკის“ ანალიზი

ქანებში განვითარებულ წყვეტებს-რღვევებს, რომელთა გასწვრივ გადანაცვლება ან საერთოდ არ ხდება, ანდა უმნიშვნელო სიდიდისაა, ეწოდებათ ნაპრალები და ბზარები. ნაპრალოთა ერთობლიობა ქმნის ნაპრალოვნებას. ნაპრალები შეიძლება დაჯგუფებული იქმნენ გეომეტრიული ან გენეტიური პრინციპით. წარმოშობის მიხედვით არჩევენ: 1.არატექტონიკურ ნაპრალებს და 2.ტექტონიკურ ნაპრალებს. ტექტონიკური ნაპრალები წარმოიქმნებიან ტექტონიკური ძალების ზეგავლენით. ამ დროს წარმოიქმნილ დეფორმაციებს თითქმის ყოველთვის თან სდევს ნაპრალოთა გაჩენა. არსებობს სხვადასხვა სახის ტექტონიკური ნაპრალები : მაგ. მოწყვეტის, სხლეტის. ბორჯომის ხეობის შუა ოცნურ ქანებში ძალზე ხშირია სხვადასხვა მიმართულების ტექტონიკური რღვევები, რომელთა სიბრტყეებზე გადაადგილების კვალი გამოსახულია ე.წ. დრესვის სარკეებით, უმეტესი მათგანი ვერტიკალური-სუბვერტიკალურია ან დახრილია ჰორიზონტის მიმართ სხვადასხვა კუთხით. ჩვენი დაკვირვებით ბორჯომის ხეობის ქანებზე განვითარებულია სხვადასხვა მიმართულების დრესვის სიბრტყეები. ისინი არ მიაწიან ნაწევის არსებობაზე.იქ არსებული სტრუქტურული დამაბულობის მიმართულებები შეკუმშვის დამადასტურებელია და არა მარჯვენა ნაწევის (სურ 6.21.ა,ბ).



სურათი 6.21ა,ბ. ბორჯომის ხეობა, დრესვის სიბრტყეები შუა ეოცენურ ვულკანიტებში არსებულ რღვევებზე.

6.4.5. სპეციალური კომპლექსური რეგიონული კვლევა

ბერ-ის რეალობის გასარკვევად საერთაშორისო პროექტების ფარგლებში, ჩატარდა გეოლოგიური და გეოფიზიკური სპეციალური, კომპლექსური გამოკვლევები, ერთ-ერთი ასეთია MEBE – „შუა ადმოსავლეთის აუზების ევოლუცია“, მონაწილენი: პარიზის და მარსელის უნივერსიტეტებიდან: მიშელ სებრიე და ჟიულიეტ ლამარშ, ტურინის უნივერსიტეტიდან-რიკარდო პოლინო, ქართველ გეოლოგებთან ერთად. დაახლოებით იმავდროულად სამეცნიერო და ტექნოლოგიური საერთაშორისო ცენტრის (ISTC) გრანტით განხორციელდა კომპლექსური კვლევა (CauSIN, project GA-651-კავკასიის სეისმური საინფორმაციო ქსელი) ბერ-ის გასწვრივ ახალციხე-ხაშურის მონაკვეთზე, ქართლის ვაკის დასავლურ ნაწილში და გუდაური-დარიალის მასივის მონაკვეთზე, ქართულ-ამერიკულ ჯგუფის მიერ (მარი კრასოვეც, რენდი მარტინ, ტიმოთე ო'კონორ, ნათან მარტინ, იუჯინ ჟიმანსკი და რობერტ კალბოუს, მასაჩუსეტის, ბოსტონის უნივერსიტეტი და ნიუ ინგლენდ რიზორჩ) (Krasovec et al, 2007; Martin et al, 2005, 2011).

ქართულ-ამერიკულმა ჯგუფმა ჩაატარა სპეციალური კვლევა GPS ტექნოლოგიის გამოყენებით. განხორციელდა მრავალი გეოლოგიური და გეოფიზიკური დაკვირვება, ლატერალურად გადევნებულ იქნა, მაგალითად, ლითოლოგიური და სტრატეგრაფიული საზღვრები ბორჯომის ფლიშსა და შუაეოცენურ ვულკანურ წარმონაქმნებს შორის, ამ უკანასკნელისა ზედა ეოცენის ტერიგენულ წარმონაქმნებთან, აგრეთვე საზღვრები ბორჯომის ფლიშსა და ვულკანური შუა ეოცენის შემადგენელ

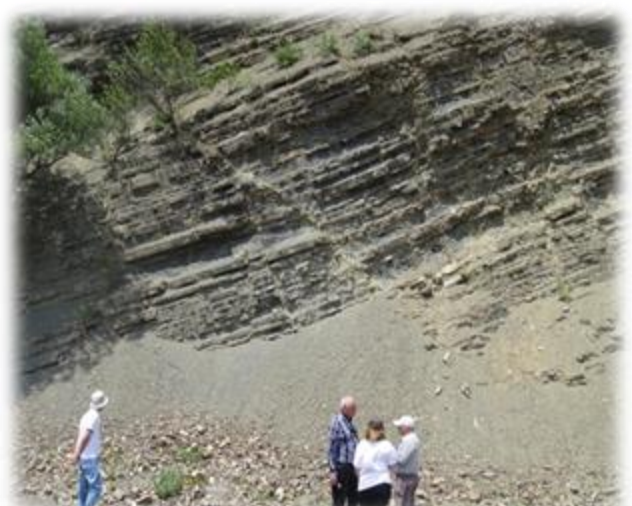
წყებებს შორის. ყველა მათგანი მიმართებაზე დიდ მანძილზე გაიდევნა (იხ. სურ.6. 8და 6.9). აღნიშნულმა კვლევამ ასევე ნათლად უჩვენა, რომ არ არის მარცხენა ნაწევით ამ კონტურების, ხაზოვანი სტრუქტურების და გეოლოგიური სხეულების არავითარი გადაადგილება.

ბორჯომის ხეობაში პალეოცენ-ეოცენურ ნალექებში რამოდენიმე მკაფიოდ გამოხატული ლითოსტრატиграფიული ჰორიზონტია გამოყოფილი, რომელთა გადევნება განხორციელდა საველე დაკვირვებების დროს. მათი ნაწევით გადაადგილება გეოლოგიური კარტირებისას შეუმჩნეველი არ დარჩებოდა. ასეთებია:

- ბორჯომის ფლიში ბორჯომის ანტიკლინის თაღში (სურ.6.22ა,ბ);
- დიაბაზის სილი ბორჯომის ფლიშში (სურ.6.22გ);
- სქელშრეებრივი ქვიშაქვების დასტა ბორჯომის ფლიშში (სურ.6.22დ);
- შუა ეოცენური ტუფოტურბიდიტები ჰელმინტოიდებით (სურ.6.22ე);
- ქვებისხევის წყების დელენიტები (სურ.6.22ვ);
- დვირის წყების პილოუბაზალტები (სურ.6.22ზ);
- აწყური, სტრატиграფიული საზღვარი შუა ეოცენის დვირის ვულკანურ და ზედა ეოცენის მარდას ტერიგენულ წყებებს შორის (სურ.6.22თ).



ა.



ბ.



ბ.



დ.

სურათი 6.22ა,ბ,გ,დ. (ა,ბ)ბორჯომის ფლიში ბორჯომის ანტიკლინის თაღში; (გ)დიაბაზის სილი ბორჯომის ფლიშში; (დ)სქელშრეებრივი ქვიშაქვების დასტა ბორჯომის ფლიშში.



ე.



ვ.



ზ.



თ.

სურათი 6.22 ე,ვ,ზ,თ. (ე) შუაეოცენური ლიკანის წყების ტუფოტურბიდიტები ჰელმინთოიდებით; (ვ) ქვებისხევის წყების დელენიტები; (ზ) დვირის წყების პილოუზალტები; (თ) სტრატეგრაფიული საზღვარი შუა ეოცენის დვირის ვულკანურ და ზედა ეოცენის მარდას ტერიგენულ წყებებს შორის.

ბორჯომის ხეობის შემდეგე.წ. ბერ ირიზად "გადაკვეთს" ქართლის (ტირიფონის) ველს და მიემართება ცხინვალისაკენ. ქართულ-ამერიკულმა ჯგუფმა შეამოწმა აქ ნაწევის არსებობა. რელიეფში, მდინარეული ქსელის და ტერასული ნალექების გავრცელების ხასიათში ნაწევის დამადასტურებელი არაფერი ჩანს. რეგიონის გეოლოგიის ზედაპირული გაცნობაც კი უჩვენებს, რომ რეალურად ნაწევის მსგავსი არაფერი არ არსებობს (სურ.6.23).



სურათი 6.23 ტრიფონის ველი ხაშურთან.

ე.წ. ბერ-ის ჩა ნაწილი, რომელიც ქართულ-ამერკულმა ჯგუფმა შეისწავლა, არის გუდაური-დარიალის მონაკვეთი. აქ, როგორც ცნობილია, დარიალის გრანიტოიდების სამხრეთით, გაშიშვლებულია ქვედა იურული, შუა იურული და ქვედა ცარცული კარბონატულ-ტერიგენული ფორმაცია. ამ ფორმაციებში მკაფიოდ გამოხატული ლითოსტრატოგრაფიული და ტექტონიკური ქერცლების ერთეულია წარმოდგენილი ინტენსიურად დანაოჭებული ხაზოვანი გამწე სინკლინების, ანტიკლინების, ტექტონიკური სოლების სახით. გამოიყოფა შემდეგი სამარკირო წყებები, რომლებიც ბერ-ის ორივე მხარეს გაიდევნება:

- წიკლაურის დიაბაზებიანი წყება (სურ.6.24ა);
- წიკლაურის წყების პილოუბაზალტების ჰორიზონტი (სურ.6.24ბ);
- ყაზბეგის წყება-ტერიგენული ტურბიდიტები (სურ.6.24გ);
- ნაროვანის წყება-ტერიგენულ-კარბონატული ტურბიდიტები და კასარის კარბონატული წყება, რომლებიც მდ. ბიდარასა და თრუსოს ხეობებში შეკუმშულ სინკლინს ქმნიან (სურ.6.24დ).

არ არის გაწყვეტილი-გადაადგილებული არცერთი გეოლოგიური სხეული, მათი საზღვრები, სხვა ხაზოვანი სტრუქტურები, მათ შორის შესხლეტვითი საზღვარი ტერიგენულ და კარბონატულ ტურბიდიტებს შორის, ცნობილი საკეცეთის რღვევის სახელით.



ა



ბ



ბ



დ

სურათი 6.24ა,ბ,გ,დ. (ა)წიკლავის დიამაზებიანი წყება; (ბ)წიკლავის წყების პილოუზაზალტების ჰორიზონტი; (გ) ყაზბეგის წყება-ტერიგენული ტურბიდიტები; (დ)ნაროვანის წყება- ტერიგენულ-კარბონატული ტურბიდიტები და კასარის კარბონატული წყება, რომლებიც მდ. ბიდარასა და თრუსოს ხეობებში შეკუმშულ სინკლინს ქმნიან.

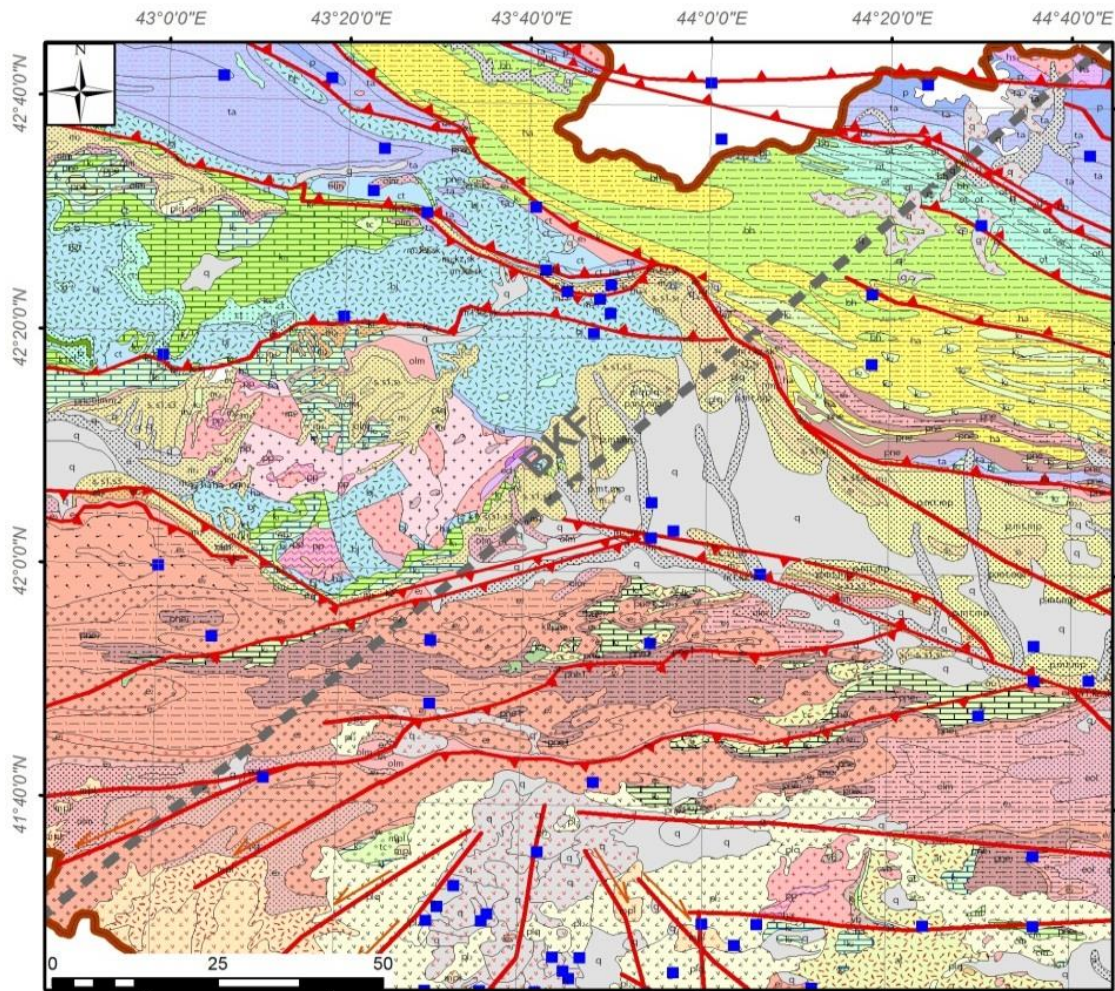
6.5.სეისმოლოგიური მეთოდი

სეისმოლოგიური მეთოდი გეოფიზიკური მეთოდების ერთ-ერთი სახეა, რომლის საშუალებითაც ხდება ისტორიული და თანამედროვე მიწისძვრების შესწავლა. გეოფიზიკური მეთოდების გარეშე შეუძლებელია ლითოსფეროს და ასთენოსფეროს აგებულების, მათი ნაწილების ამა თუ იმ გეოტექტონიკური ტიპისადმი მიკუთვნება. ყველაზე მეტად ინფორმაციულია სეისმური მეთოდები, სიღრმული ზონდირების, არეკვლილი და გარდატეხილი ტალღების, სეისმური ტომოგრაფიის.

სეისმომიება ფართოდ გამოიყენება სტრუქტურული გეოლოგიის საკითხების გადასაწყვეტად. ის საშუალებას იძლევა საკმაოდ სიზუსტით განისაზღვროს გეოლოგიური სტრუქტურების ფორმა და ჩაწოლის სიღრმე, მით უმეტეს როდესაც ლაპარაკია გარკვეულ რეგიონში სავარაუდო რღვევის არსებობა-არარსებობის დადგენაზე, საჭიროა ყველა ამ მეთოდის გამოყენება, რამეთუ საკმაოდ კარგადაა ცნობილი, რომ რღვევების მომცველი არეალი--მიწისძვრების წყარო, გამოირჩევა მაღალი სეისმურობით და აქედან გამომდინარე მიწისძვრის ეპიცენტრების თავმოყრით, მიწისძვრის წყაროს ზედაპირზე პროექციის გასწვრივ.

სეისმური აქტიურობა ბერ-ის გასწვრივ ბევრად სუსტია, ვიდრე იქით--აქეთ, რაზედაც მეტყველებს მიწისძვრების ეპიცენტრების ახალი რუკა (სურ.6.25). გაუმჯობესებული სეისმური ქსელის სიხშირე გვიჩვენებს, რომ თანამედროვე

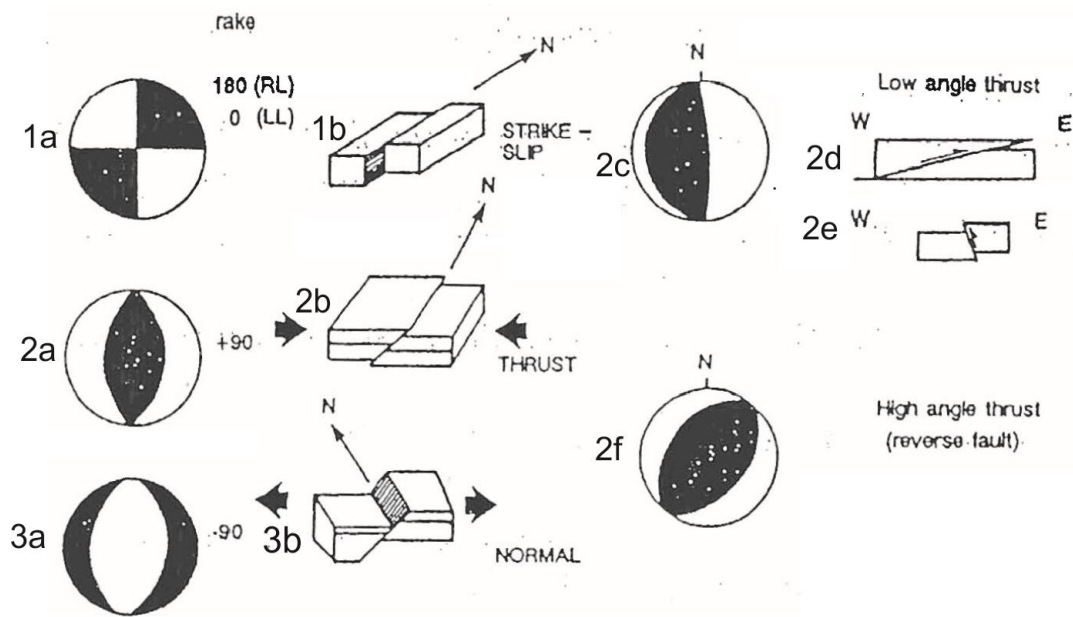
დაკვირვებებით მაღალი სეისმურობა ბორჯომ-ყაზბეგის სავარაუდო რღვევაზე არ შეინიშნება (Krasovec et al., 2007; Varazanashvili et al., 2011; Martin et al., 2012; Adamia et al. 2008, 2011).



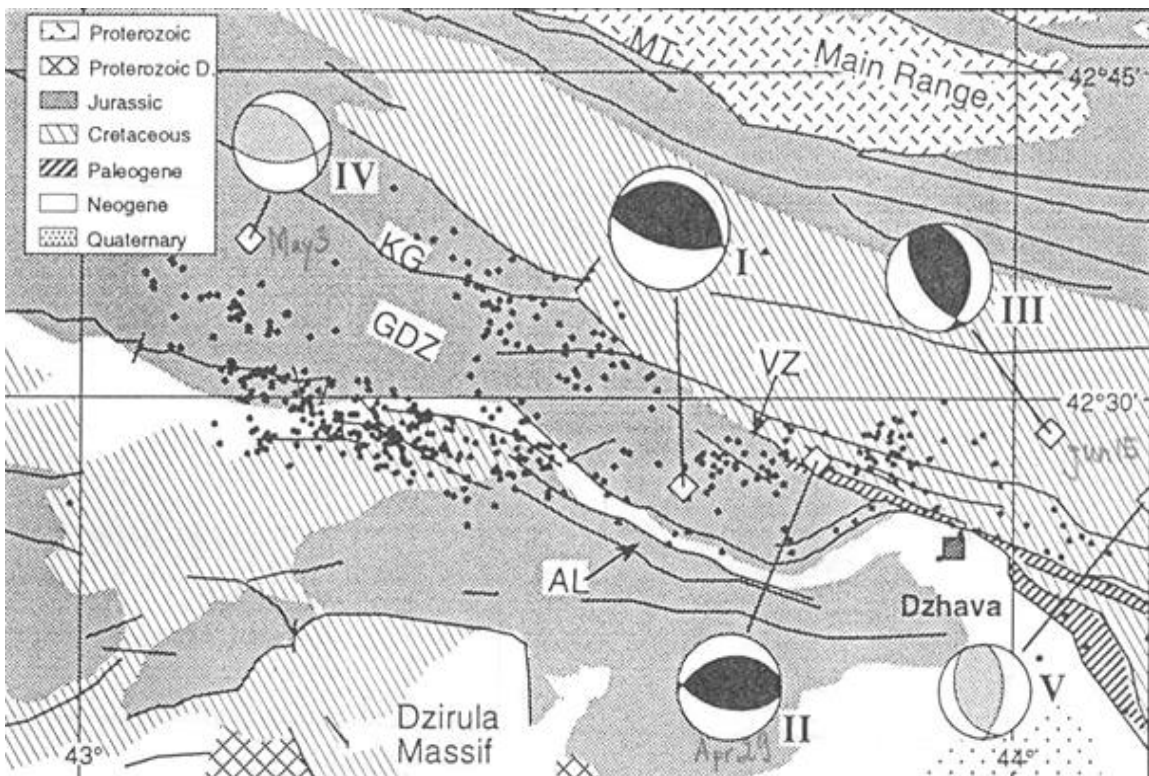
სურათი 6.25. $M \geq 5.0$ მიწისძვრის ეპიცენტრების განლაგება (Adamia et al. 2015).

მიწისძვრის ეპიცენტრების რუკა არ ადასტურებს იმ თვალსაზრისს, თითქოს ე.წ. ბერ-ის აღმოსავლეთით და დასავლეთით განლაგებული ტერიტორიები ერთმანეთისგან განსხვავებულია.

კერის მექანიზმების მონაცემები (სურ.6.26ა) არ მეტყველებენ ბერ-ის რეალობის სასარგებლოდ (სურ.6.26 ბ,გ). კერის მექანიზმები შეკუმშვაზე მეტყველებენ და არა ნაწევზე (სურ.6.26 ბ,გ).



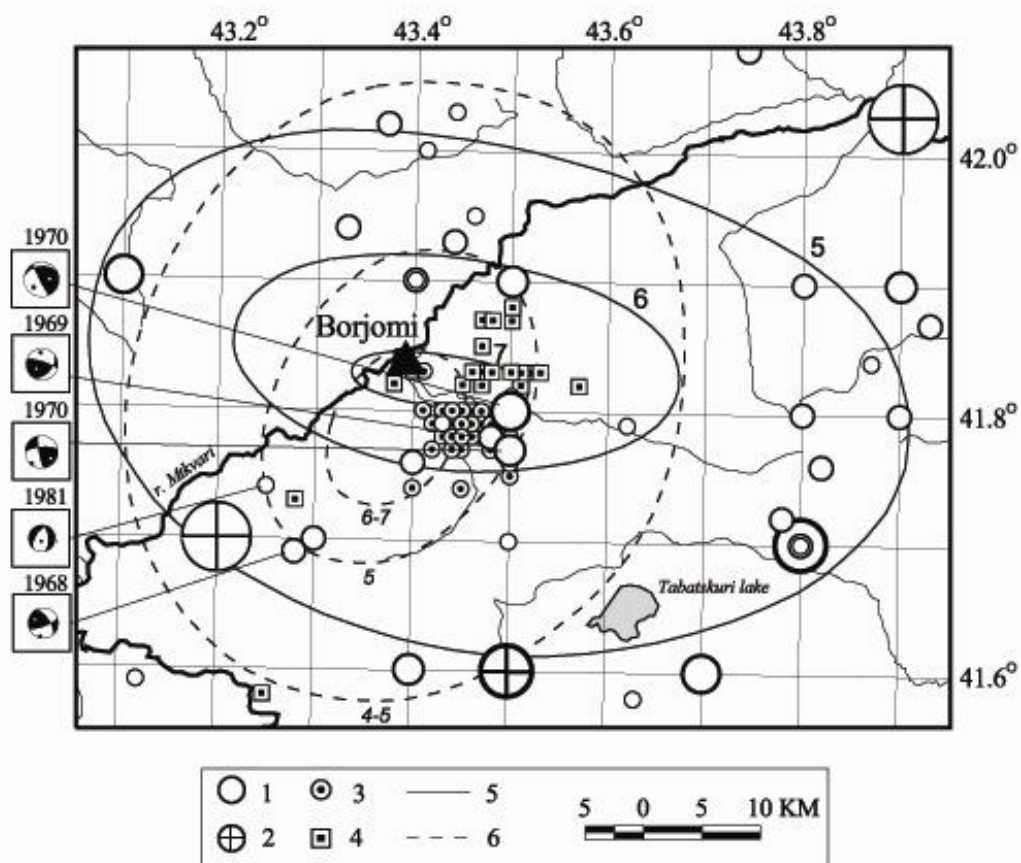
სურათი 6.26ა. მიწისძვრის კერის მექანიზმები, განმარტება (Bomolakis and Martin).
1a,b:ნაწევი ; 2a,b,c,d,e,f:შესხლეტა-შეცოცება; 3a,b:ნასხლეტი.



სურათი 6.26ბ. ე.წ. ბერ-ის რაჭა-შუა ქართლის ნაწილის კერის მექანიზმების რუკა (Triep et al,1995).

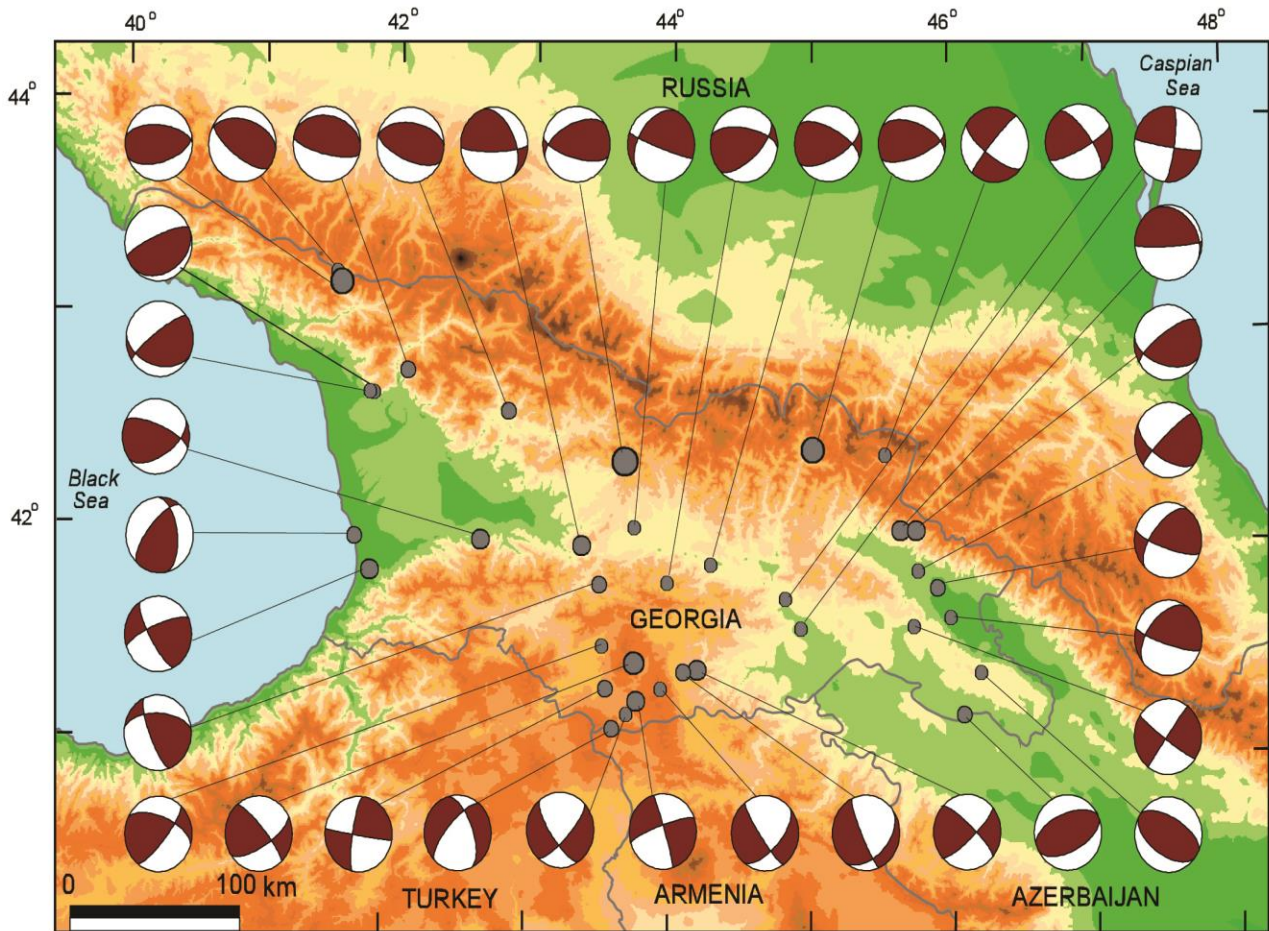
კინემატიკური პარამეტრების გადათვლამ, კერის მექანიზმის მონაცემებმა და მაკროსეისმური მონაცემების მიმოხილვამ გამოავლინა ბორჯომის რაიონის

სეისმურობის ახალი სურათი. 1970 წ. 3 იანვრის ბორჯომის მიწისძვრას განიხილავდნენ როგორც ე.წ. „ბორჯომი-ყაზბეგის ნაწევთან“ დაკავშირებულ მოვლენას. ახალმა კვლევამ შეცვალა სურათი, მნიშვნელოვნად დაზუსტდა მიწისძვრის პარამეტრები, კერძოდ მთავარი ბიძგის ეპიცენტრის მდებარეობა; იგი აღმოჩნდა ბორჯომის აღმოსავლეთით ~10-12 კმ-ში, სივრცობრივად დაკავშირებულია ბორჯომის ანტიკლინის თაღურ ნაწილში განვითარებული, სუბგანედური მიმართების ლოკალურ შესხლეტვასთან. რღვევის სიბრტყესთან ამოხსნებმა მთავარი ბიძგის და ფორშოკებისათვის გვიჩვენა, რომ ეს არის რევერსული რღვევა (შესხლეტვა) მარცხენა ნაწევის კომპონენტით, რომელიც არ მიუყვება მდ.მტკვარის ხეობას, არამედ ირიბად კვეთს მას (სურ.6.26 გ).



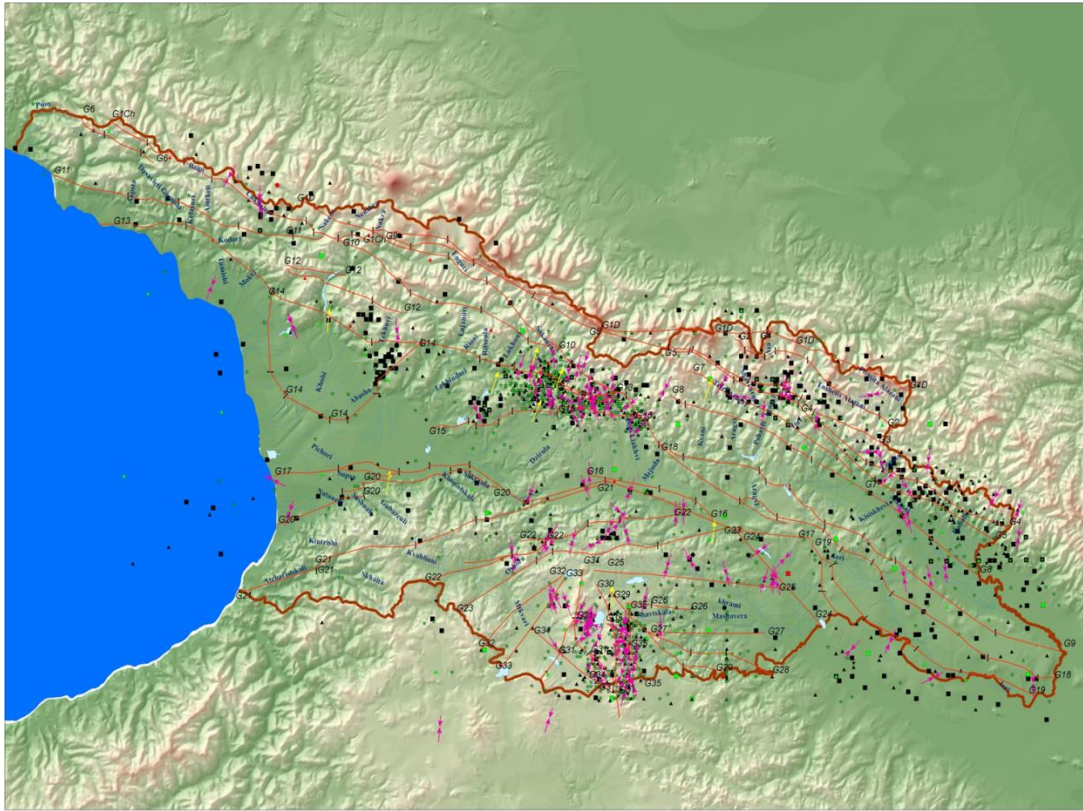
სურათი 6.26გ. მიწისძვრების ეპიცენტრები და კერის მექანიზმი, ბორჯომის რაიონი.
 ეპიცენტრები: 1. ინსტრუმენტული; 2. ისტორიული; 3. ეპიცენტრების ძველი განსაზღვრებები;
 4. შესწორებული განსაზღვრებები; 5. შესწორებული იზოსესიმები; 6. არაკორექტირებული
 (ვარაზანაშვილი და წერეთელი, Adamia et al., 2008).

იგივეს მიუთითებს აგრეთვე საქართველოს მიწისძვრების კერის მექანიზმების კვლევის შედეგები (Varazanashvili et al, 2011; Adamia et al. 2015. სურ. 6.27).



სურათი 6.27.საქართველოს Ms 4.7-6.9 მიწისძვრების მექანიზმების ძირითადი ტიპები
(ო.ვარაზანაშვილის და ნ.წერეთელის მიხედვით შრომიდან Adamia et al., 2015).

კერის მექანიზმების მონაცემები, ილუსტრირებული სხვადასხვა ავტორების მიერ, მიაწოდებს (მიწისძვრის წყაროს) არა ნაწევური სტრუქტურის, არამედ შეკუმშვითი, შესხლეტვის ტიპის სტრუქტურების სასარგებლოდ. როგორც საქართველოს სეისმოაქტიური სტრუქტურების რუკის ანალიზი გვიჩვენებს მიწისძვრის წყაროები-სეისმოაქტიური რღვევები და სხვ. სტრუქტურები კავკასიონის ფარგლებში თითქმის მთლიანად შეკუმშვითი, შესხლეტვა-შეცოცებითი კინემატიკით ხასიათდება, კუმშვითი ტიპის (შესხლეტვა-შეცოცებები) სტრუქტურები, ნაწევური გადაადგილების მეტ-ნაკლები კომპონენტით განვითარებულია აჭარა-თრიალეთის ზონაში, ხოლო „სუფთა“ ნაწევრითი სტრუქტურები დამახასიათებელია ჯავახეთის ვულკანური ზეგნისათვის (სურ.6.28).



სურათი 6.28. საქართველოს სეისმოაქტიური სტრუქტურების რუკა(ადამია და სხვ. 2013).

ამ რუკაზე ნაჩვენებია მიწისძვრების (ისტორიული და ინსტრუმენტული) შემდეგი პარამეტრები: ეპიცენტრი, ჰიპოცენტრი, მაგნიტუდა, კერის მექანიზმი, GPS გაზომვების მონაცემები (ყვითელი ისრები), დამაბულობის მახასიათებლები (ვარდისფერი ისრები).

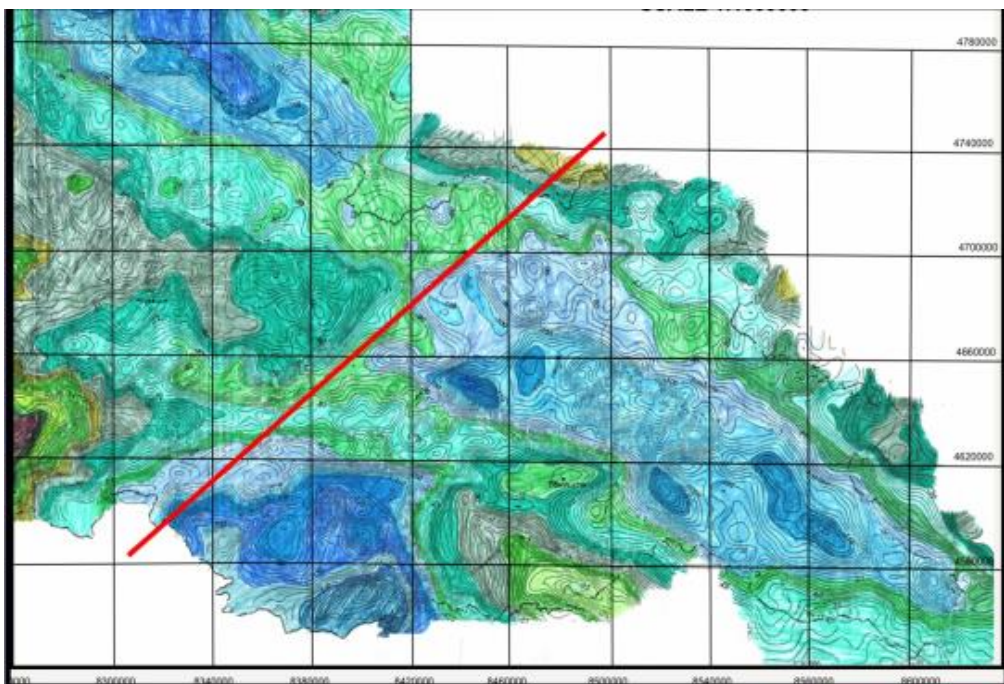
6.6. ანომალური, გრავიტაციული და მაგნიტური ველების მეთოდები

მიეზის გრავიმეტრიული მეთოდი ემყარება დედამიწის ზედაპირზე სიმძიმის ძალის (გრავიტაციული ველის) განაწილების შესწავლას. გრავიმეტრიული ველი განპირობებულია, ერთის მხრივ, დედამიწის მასით და ფორმით (ნორმალური ველი) და, მეორეს მხრივ, დედამიწის წიაღის შემადგენელი ქანების სიმკვრივის არათანაბარი განაწილებით (ანომალური ველი) .

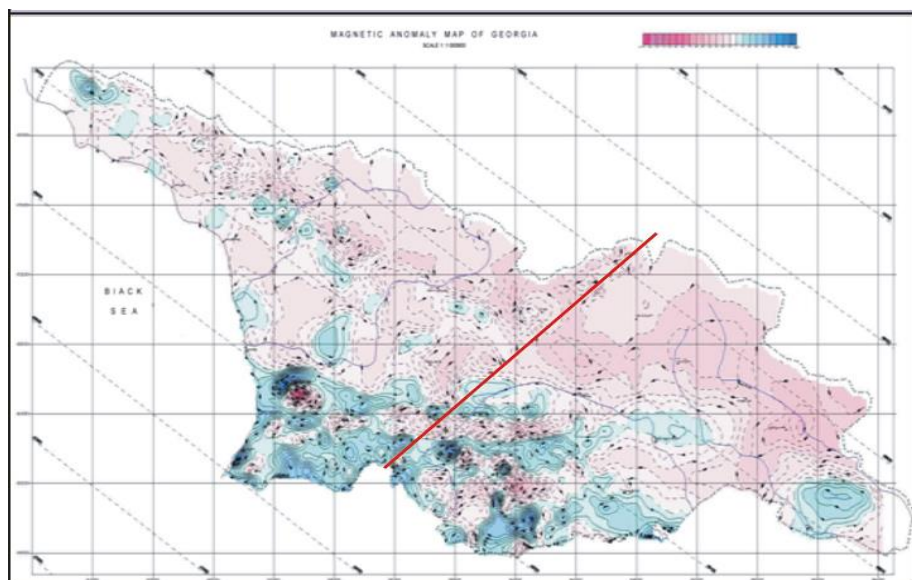
მიეზის გრავიმეტრიული მეთოდი გამოიყენება ისეთი მნიშვნელოვანი ამოცანების ამოხსნისათვის , როგორიცაა, ამა თუ იმ რეგიონის ტექტონიკური დარაიონება და სიღრმული რღვევების დადგენა. ტექტონიკური დარაიონების შემთხვევაში დიდი ტექტონიკური ერთეულების საზღვრების დადგენა ან დაზუსტება შესაძლებელი ხდება იმის საფუძველზე, რომ ამ რეგიონის სხვადასხვა ტექტონიკური ერთეულის შესაბამისი

გრავიტაციული ველების საერთო ხასიათი მკვეთრად განსხვავდება ერთი-მეორისაგან. კიდურა მთისწინა ღრმულები, რომლებიც გარს უვლის ბაქნებს, ხასიათდება სიმძიმის ძალის უარყოფითი ანომალიებით. ეს საშუალებას იძლევა გრავიმეტრიული აგეგმვის საფუძველზე გამოიყოს და დაზუსტდეს ტექტონიკურად განსხვავებული უბნების გამყოფი საზღვრების ადგილმდებარეობა. ძიების გრავიმეტრიული მეთოდი სხვა გეოფიზიკურ მეთოდებთან კომპლექსში გამოიყენება. ასეთია მაგნიტური ველის მეთოდი. ის ემყარება სივრცეში გეომაგნიტური ველის განაწილების იმ ცვლილებათა შესწავლას, რომლებიც გამოწვეულია დედამიწის ქერქის შემცველი ქანების არაერთგვაროვანი დამაგნიტებით.

გასაგებია, რომ ანომალური გრავიტაციული და მაგნიტური ველების შესახებ საქართველოსთვის არსებული მონაცემებიც გამოვიყენეთ ე.წ. ბყრ-ის რეალობის შესამოწმებლად, კერძოდ, იმის შესამოწმებლად მოწმობს თუ არა ამ ველების იზოანომალიების კონფიგურაცია მათი ნაწევით ჰორიზონტული გადაადგილების სასარგებლოდ (სურ. 6.29ა,ბ). ჩვენს ხელთ არსებული გრავიმეტრიული და მაგნიტომეტრიული აგეგმვის მონაცემები, შეგვიძლია გარკვეულად ვთქვათ, რომ არ უჩვენებს ველების მახასიათებელი იზოხაზების რაიმე გადაადგილებას ბყრ სავარაუდო რღვევის ხაზის გასწვრივ.



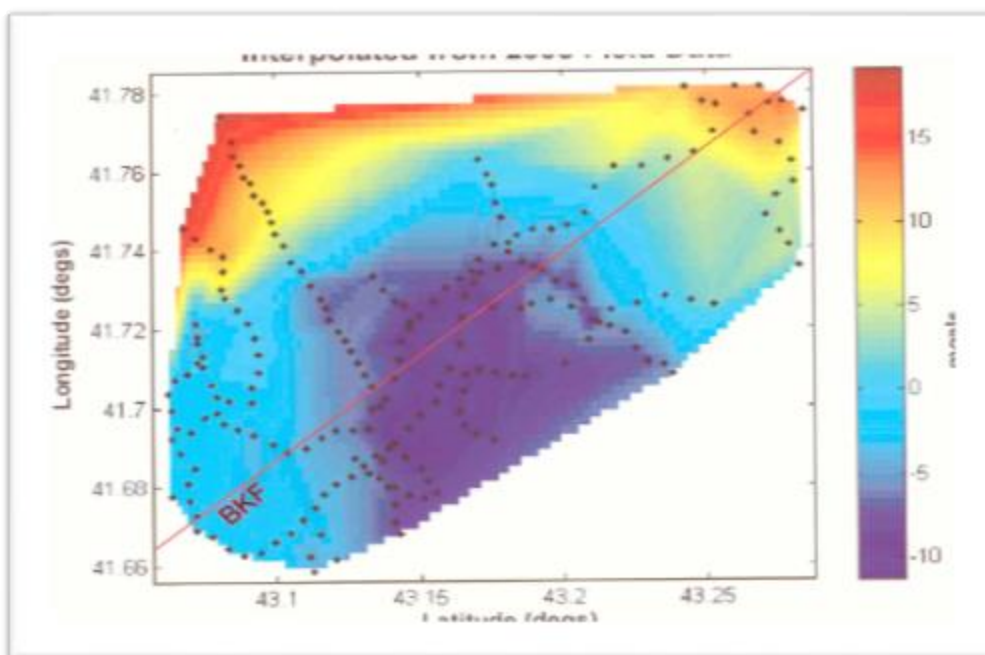
ა.



ბ.

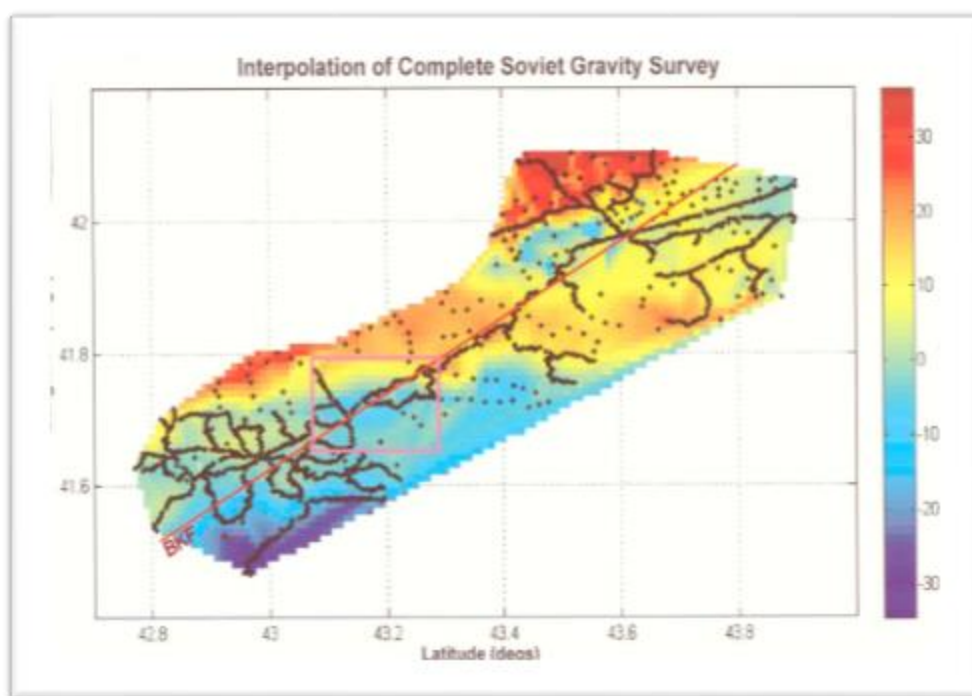
სურათი 6.29ა,ბ. საქართველოს გრავიტაციული(ა) და მაგნიტური ანომალური (ბ) ველების რუკები.

იმავე ზონაში ჩატარებულმა სპეციალურმა გეოფიზიკურმა დაკვირვებებმა, კერძოდ, ანომალური გრავიტაციული ველის გაზომვებმა (სურ.6.30ა), იგივე სურათი გვიჩვენა. იმავედროულად, ქართულ-ამერიკული გეოფიზიკური ჯგუფის მონაცემები კარგად დაემთხვა არსებულ, საბჭოთა კავშირის დროინდელ გაზომვების მონაცემებს (Krasovec et al., 2007). ჩანს, რომ Δg ანომალიების ხასიათი ბორჯომის ხეობაში არ მოწმობს ნაწევური გადაადგილების სასარგებლოდ (სურ.6.30ა,ბ).



სურათი 6.30ა. ბორჯომის ხეობის გრავიტაციული ანომალური ველის სურათი (Krasovec et al., 2007).

ახლად მიღებული გეოფიზიკური მონაცემები თანხმობაშია საბჭოთა პერიოდში ჩატარებული გრავიმეტრიული და მაგნიტომეტრიული აგეგმვის შედეგებთან.



სურათი 6.30ბ. ანომალური გრავიტაციული ველის საბჭოთა მონაცემები.

საბჭოთა მონაცემებით მოცულია Δg გაზომვების უფრო ვრცელი არეალი, და ასევე არ ჩანს რეგიონში მნიშვნელოვანი ნაწილის არსებობა.

7. საქართველო-კავკასიის გეოდინამიური აქტიურობის მიზეზები

კავკასიის ლითოსფეროს დღევანდელი სტრუქტურის ფორმირების ისტორიისა და მექანიზმების შესახებ არაერთი შეხედულება არსებობს, მათ შორის პლეისტოცენიკური. არსებული შეხედულებები მთელ რიგ მნიშვნელოვან საკითხში განსხვავდება ერთმანეთისგან. კავკასიის რეგიონის პალეოტექტონიკური ისტორია განიხილება კონტინენტებისა და ოკეანეების გლობალური განლაგების ფონზე უკანასკნელი ~ 500მლნ. წლისათვის, ანუ ნეოპროტეროზოური-პალეოზოურიდან დღემდე. გვიანპალეოზოურში მოხდა ერთიანი კონტინენტი პანგეას და ასევე ერთიანი ოკეანე პანთალასას ჩამოყალიბება. ეს უკანასკნელი დასავლეთისაკენ ქმნიდა ოკეანე პალეოტეთისის შევიწროებად უბეს. ოკეანეში სპრედინგის ცენტრები ფუნქციონირებდა, რომლის ორივე მხარეს გონდვანური და ევროპული მაკრო-და მიკროკონტინენტური ერთეულები არსებობდა. შუა კარბონიდულიდან ტრიასამდე ოკეანე პალეოტეთისი ისევ არსებობდა დასავლეთისაკენ ოკეანის შევიწროებადი უბის სახით. ოკეანეში სპრედინგის ზონების ორიენტაცია რამდენიმეჯერ შეიცვალა, ხოლო სუბდუქციის ზონები თითქმის უცვლელად იქნა შენარჩუნებული ევროპა-აზიის სამხრეთი კიდის გასწვრივ (ადამია და სხვ. 2000).

პალეოზოურის დასასრულს-მეზოზოურის დასაწყისისათვის ხდება გონდვანის კიდიდან სამხრეთ ირანის მიკროკონტინენტის მოწყვეტა და მისი დრეიფი ჩრდილოეთისაკენ. ეს მიკროკონტინენტი-ტერეინი, ტრიასულის ბოლოს-იურულის დასაწყისში (~220 მლნ.წლის წინ) მიეზარდა ევრაზიის სამხრეთ კიდე. მისი შემომსაზღვრელი სუბდუქციის შეწყვილებული ზონები დახრილია ჩრდილოეთისაკენ, ამიერკავკასიის და მცირე კავკასიონის კუნძულთა რკალებისაკენ.

პალეოგენურის მიწურულს ევრაზიის და აფრიკის კონტინენტების შეჯახების (კოლიზიის) შედეგად ოკეანური აუზი დაიხურა, იგი ადგილს უთმობს ხმელთაშუა ზღვების სისტემას. კოლიზიის ზონაში სხვადასხვა ტიპის ტერეინების (ოკეანური, კონტინენტური, მიკროკონტინენტური, კუნძულთარკალური, რკალსუკანა და ინტარკალური) არსებობამ განაპირობა კავკასიის გეოტექტონიკური არაერთგვაროვნება, რაც ასახულია როგორც სტრუქტურულ, ასავე ფაციესურ ზონალობაში. ამ რეგიონში ერთის მხრივ მობილურ, ინტენსიურად დანაოჭებულ ზონებს, რომლებისთვისაც იმავდროულად დამახასიათებელია ღრმა ზღვის, დიდი

სისქის ნალექები, ესაზღვრება სტაბილურ უბნები, სადაც ნალექები შეუდარებლად უფრო ნაკლებად არიან დანაოჭებული, წარმოდგენილია მარჩხი ზღვის ან სუბაერალურ პირობებში დალექილი შედარებით მცირე სისქის ქანები.

მიწის ქერქის დეფორმაციები კონტინენტების კოლიზიის ზონებში ოკეანური ქერქის და ოკეანურ-მცირე ოკეანური აუზების დახურვის შედეგად გრძელდება, იწვევს რა ნაოჭების გართულებას, შეცოცებებისა და შესხლეტვების შემდგომ განვითარებას, დიფერენცირებულ მოძრაობებს, ვერტიკალურ აწევ-დაწევებს, ბლოკების ჰორიზონტულ გადაადგილებებს და ბრუნვებს, მიწისძვრებს და სხვა მსგავს მოვლენებს, მთისწინა და მთათაშუა ჩაზნექვების გაჩენა-განვითარებას.

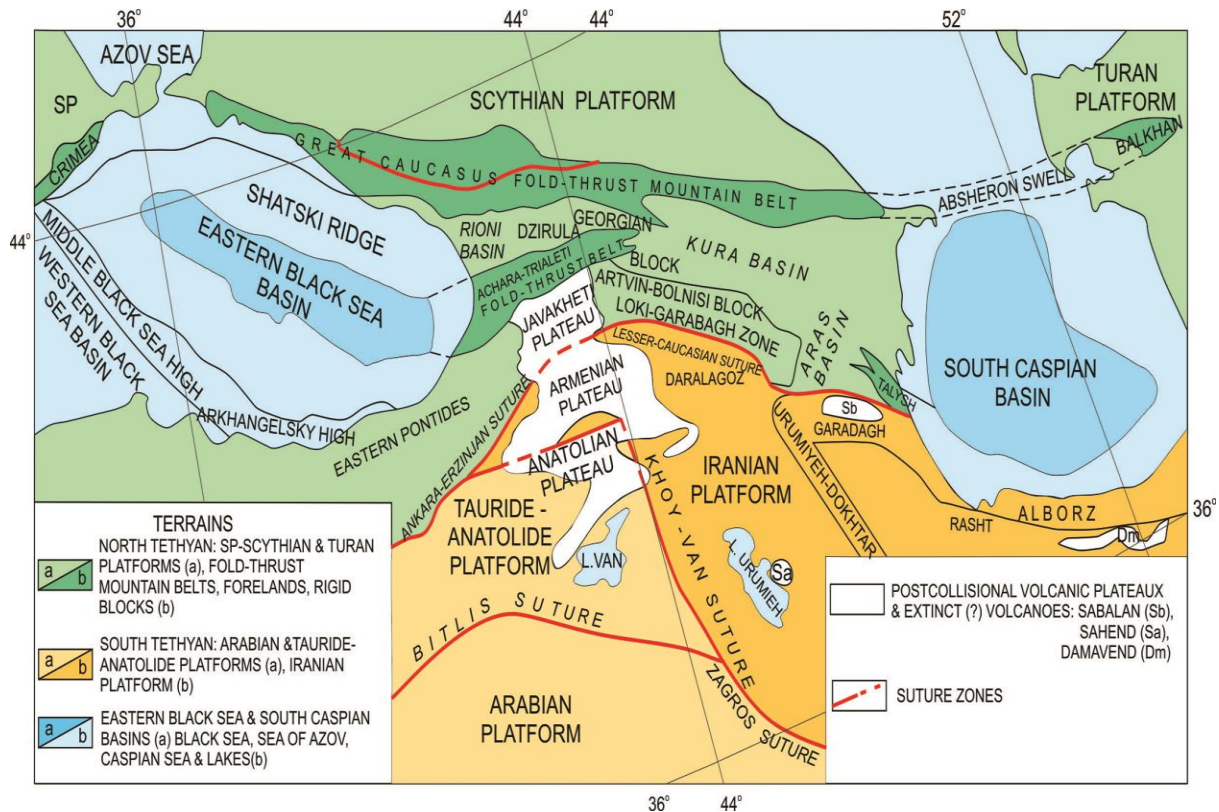
ამიერკავკასიაში მთათაშუა ჩაზნექვები განვითარდა მოლასური დეპრესიების სახით: დასავლეთით-შავი ზღვა-კოლხეთის (რიონის) და აღმოსავლეთით-მტკვარი-კასპიის ზღვის. ამ დეპრესიების სტრუქტურაც ჰორიზონტული მიმართულების კუმშვის მკაფიო ნიშნის მატარებელია. ამაზე მიუთითებს ნაოჭების, შესხლეტვების და შეცოცებების არსებობა მოლასური დეპრესიების ნალექებში (ალანია 2012).

უნდა აღინიშნოს, რომ გვიანროგენული ტექტოგენეზის და უახლესი ვულკანიზმის ძირითადი გამომწვევი ფაქტორია ადენი-წითელი ზღვის რიფტის გაფართოება და არაბეთის ფილის ჩრდილოეთის მიმართულებით გადაადგილება, მოძრაობის სიჩქარე ბოლო 10-11 მლნ.წლებში გაიზარდა 3-3.5 სმ/წლ. ამ მოძრაობას კავკასიის რეგიონში უნდა გამოეწვია შესაბამისი შეკუმშვა და ამით გამოწვეული დანაოჭება, შესხლეტა-შეცოცებები, შეცოცებები, ახალი მორფოსტრუქტურების აზევება (ალფაიძე, 2002). მათი მაქსიმალური გამოვლენა გამოიყვანა არაბეთის „სოლის“ ჩრდილოურ გაგრძელებაზე ამიერკავკასიაში.

7.1. საქართველოს და მიმდებარე არეების სიღრმული აგებულება

რეგიონში ჩატარებული ღრმა სეისმური ზონდირების (Deep Seismic Sounding-DSS) საფუძველზეც დადასტურებულია, რომ რეგიონის ქერქი კონტინენტურია (იხ.სურ.3.3), მხოლოდ აღმოსავლეთი შავი ზღვის და სამხრეთი კასპიის ზღვის ცენტრალური ნაწილებია აგებული ოკეანური/სუბოკეანური ქერქით. ჩანს პირდაპირი დამოკიდებულება რეგიონის ქერქის სიმძლავრესა და რელიეფს შორის: რაც უფრო მაღალია რელიეფი, მით მეტად მძლავრია ქერქი. ქერქის გასქელება აღინიშნება კავკასიონის (55-60 კმ) და მცირე კავკასიონის (40-45კმ) ქვეშ, სისქე ნაკლებია

ცენტრალური ამიერკავკასიის მთათაშუა დაბლობზე (30-45 კმ). აღმოსავლეთი შავი ზღვის აუზი აგებულია 5კმ-ი სუბოკეანური ქერქით და მასზე განლაგებული 12-13 კმ სიმძლავრის დანალექი საფარით (Minshull et al., 2005). აუზი ამკარად გრძელდება რიონის ფორლანდის და აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა- რღვევითი ზონის მომართულებით (Adamia et al., 2014) , რასაც აგრეთვე ადასტურებს დიდი ბრიტანელი, ქართველი და უკრაინელი გეოფიზიკოსების კვლევები (მაგ. Banks et al., 1996; Yegorova et al., 2010, 2013; Adamia et al., 2015).



სურათი 7.1. კავკასიის და მიმდებარე არეების ძირითადი ტექტონიკური ერთეულების სქემატური რუკა (Adamia et al., 2014).

7.2. საქართველოს და მიმდებარე არეების ლითოსფეროს სეისმური ტომოგრაფიის მოდელი

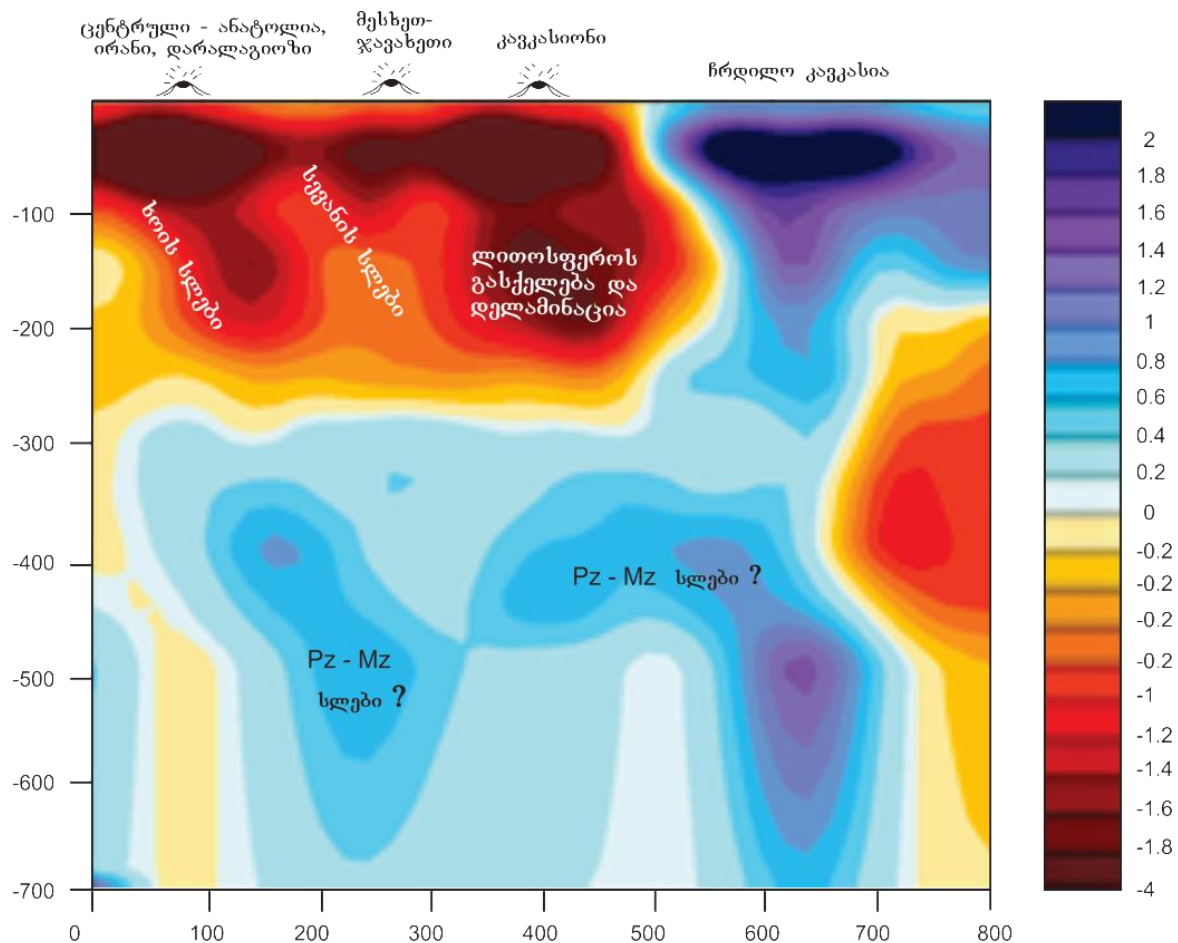
სეისმური ტომოგრაფია გეოლოგიური არაერთგვაროვნების აღმოჩენისა და დედამიწის სიღრმული აგებულების შესწავლის ერთ-ერთი ეფექტური საშუალებაა, რადგან ყველა სხვა გეოფიზიკური მეთოდის (გრავიმეტრიული, მაგნიტური, ელექტრული) სიზუსტე და გარჩევის უნარი სიღრმის ზრდასთან ერთად სწრაფად მცირდება. სეისმური ტომოგრაფია არის დედამიწის სიღრმული აგებულების სამგანზომილებიანი გამოსახულების აგების მეთოდი, რომელიც ეფუძნება სეისმური

ტალღების სიჩქარეების ცვალებადობის (ვარიაციების) მონაცემებს სეისმური სხივების გასწვრივ დედამიწის სიღრმეში. მეთოდის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ დედამიწის ზედაპირზე გაზომილი ჯამური ეფექტების საფუძველზე მივიღოთ ინფორმაცია ქერქის შიგნითის აგებულების შესახებ. 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, წყლის დაბალი შემცველობის მაღალი სიმკვრივის მქონე ქანები.

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 იმიერკავკასიის მთისწინა და ამიერკავკასიის ფორლანდურ აუზებთან (Amanatashvili et al., 2012; Koulakov et al., 2012). ტალღების დაბალსიჩქარული ანომალია დაკავშირებულია აგრეთვე ნეოგენ-მეოთხეულ ვულკანურ არეებთან: იალბუზი, ჩეგემი, მცინვარწვერი (ყაზბეგი), ქაბარჯინა და ყელი კავკასიონზე და მცირე კავკასიონის ვულკანური პლატოები. რეგიონის სეისმური ტომოგრაფიის სურათიდან ნათლად ჩანს P და S ტალღების გავრცელების დაბალი სიჩქარეების გავრცელების არეალი კავკასიონის და მცირე კავკასიონის ნეოგენ-მეოთხეული ვულკანური არეების ქვეშ (საქართველო-ჯავახეთი; სომხეთის და აზერბაიჯანის ვულკანური ზეგნები; Amanatashvili et al., 2012).

P და S ტალღების სიჩქარეების კომპიუტერულ მოდელზე ნათლად ჩანს აგრეთვე ნეოგენ-მეოთხეულ ვულკანური მხარეების ქვეშ P და S ტალღების ანომალური დაბალი სიჩქარეების არეების განლაგება 300 კმ-მდე სიღრმეში, რაც მიუთითებს რეგიონის მაგმური კამერების განლაგებაზე ზედა მანტია -ასთენოსფერო-ქერქის ფაეგლებში.

სეისმური ტომოგრაფიის კომპიუტერული მოდელი ერთმნიშვნელოვნად ადასტურებს კავკასიონის მთავარი სტრუქტურული ერთეულების სივრცობრივ ერთიანობას ფუნდამენტთან, ამასვე ადასტურებს კავკასიის M უთანხმოების იზოხაზების რუკა.



სურათი 7.2. კავკასიის ლითოსფეროს აგებულების სეისმური ტომოგრაფიული კომპიუტერული მოდელი (Amanatashvili et al., 2012; Kulakov et al., 2012; სადრაძე, 2015).

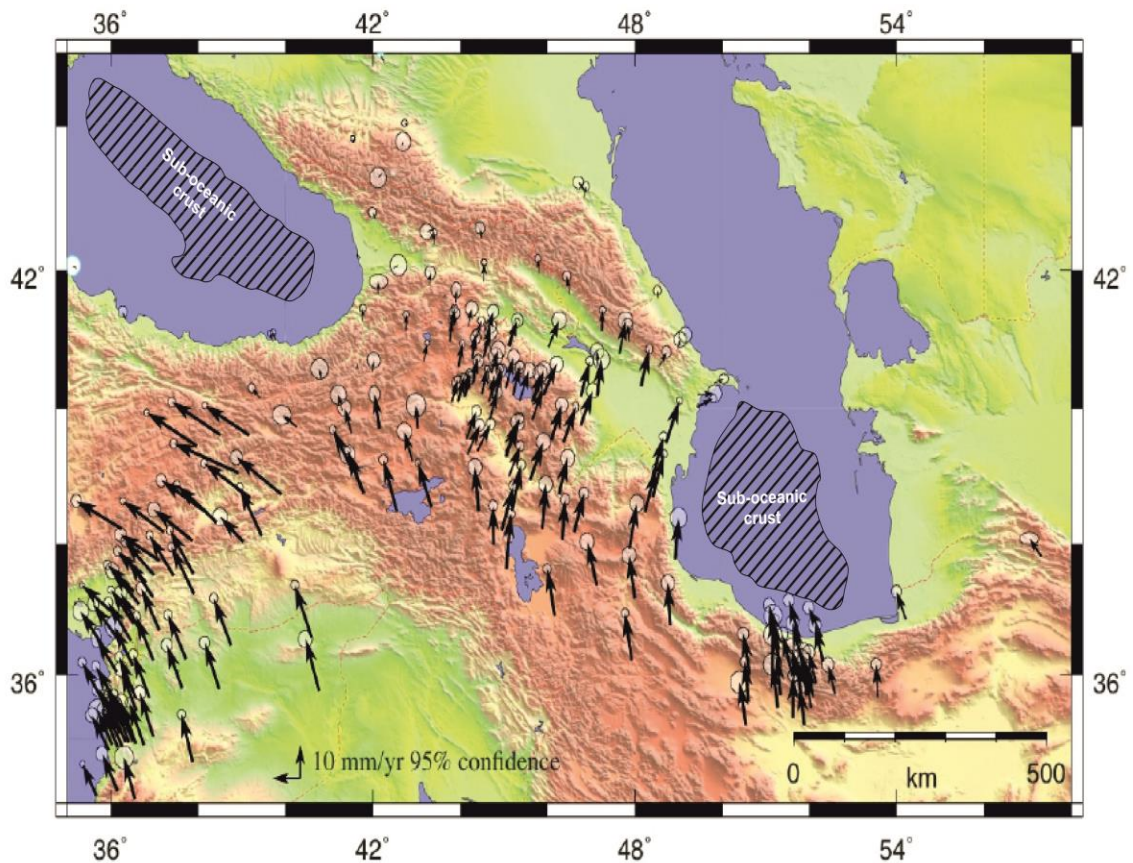
7.3. საქართველოს და მიმდებარე არეების მიწისძვრის წყაროების-რღვევების გეომეტრია, კინემატიკა, აქტიური ტექტონიკა

საქართველოს და მიმდებარე არეების აქტიური ტექტონიკა, სეისმურობა, ნეოგენურ-მეოტხეული მაგმური აქტივობა და თანამედროვე გეოდინამიკა ევრაზიის და აფრიკა-არაბეთის ლითოსფერული ფილების კონვერგენციის და კონტინენტური კოლიზიის შედეგია. 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. რეგიონის მნიშვნელოვან დამოკლებაში მონაწილეობს შემდეგი ტექტონიკური პროცესები: 1. ქერქის ინტენსიური დეფორმაცია და ფართე გავრცელების

კუმშვითი სტრუქტურების შექმნა: ნაოჭები, შეცოცებები, შესხლეტვები, ტექტონიკური ზეწრები; 2. ქერქის ბლოკების დეფორმაცია და გადაადგილება ამოზიდვით და ქვეშეცოცებით; 3. ლატერალური გასხლტომა (Koçyiğit et al 2001; Adamia et al, 2008).

რეგიონის სტრუქტურულ-მორფოლოგიური აგებულება მორგებულია არაბეთის ფილის ჩრდილო ქიშხე, 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 სუბმერიდიანული (ჩა) მიმართულებისაა და შეესაბამება რეგიონის ზოგად სუბჰორიზონტულ ჩ-ს შეკუმშვას და საკომპენსაციო დ-ა გაჭიმვას. კავკასიონის რეგიონის კუმშვის მაქსიმალური სიდიდე მოდის ამიერკავკასიის ცენტრულ ნაწილზე და ქმნის შავი და სამხრეთ კასპიის აუზების წყალგამყოფს ლიხის ქედის სახით. დასავლეთით მაქსიმალური შეკუმშვის არე ჩანაცვლებულია გაჭიმვითი სტრუქტურით, რომელიც გამოხატულია ცენტრული ანატოლიის გასხლტომით, რის გამოც შავი ზღვის აუზი არ განიცდის მერიდიანულ შეკუმშვას (Koçyiğit et al. 2000; Adamia et al., 2008; Varazanashvili et al., 2011; Adamia et al., 2014).

კავკასია წარმოადგენს არა მარტო ჩრდილო-სამხრეთული მერიდიანული შეკუმშვის, არამედ აღმოსავლეთ-დასავლური სუბგანედური შეკუმშვის არესაც, ვინაიდან შავი და სამხრეთ კასპიის ზღვის ოკეანური-სუბოკეანური მკვრივი ქერქი ქმნის ბარიერს, რაც იწვევს ქერქის დეფორმაციას-მორგებას ამ მკვრივი არეების კონფიგურაციაზე (სურ.7.3; Adamia et al., 2014).



სურათი 7.3. (Vernant et al., 2013; Adamia et al., 2014).

აღნიშნული გეოდინამიკის საფუძველზე რეგიონში აქტიური რღვევების სამი ძირითადი მიმართულებაა გაბატონებული: 1. დჩდ-ასა და დ-ა („კავკასიონური“)-რომლებიც ძირითადად კუმშვითი სტრუქტურებით არის გამოხატული ნაწევის მცირე კომპონენტებით; 2. ჩა-სდ და ჩდ-სა მიმართების ასევე კუმშვითი სტრუქტურებით წარმოდგენილი, მხოლოდ მნიშვნელოვანი ნაწევური კომპონენტებით; 3. სუბმერიდიანული გაჭიმვითი ბუნების აქტიური რღვევები ასოციაციამა ამიერკავკასიის ინტენსიურ ნეოგენ-მეოტხეულ ვულკანიზმთან (იხ. სურ. 6.28).

ჩა-სდ მარცხენა ნაწევური აქტიური სტრუქტურები განვითარებულია დასავლეთ ამიერკავკასიაში, ხოლო მარჯვენა ნაწევი სტრუქტურები სამხრეთ-აღმოსავლეთ ამიერკავკასიაში. ჯავახეთის ვულკანური ქედის სუბმერიდიანული ხაზის დასავლეთით მიწის ქერქის ბლოკები განიცდიან დასავლეთი მიმართულებით გასხლტომას, მაშინ, როცა ამ ხაზის აღმოსავლეთით ლითოსფეროს ჩრდილო-აღმოსავლური შეზღუდული სიდიდით გადინების ნიშნები ისახება (Vernant et al., 2013).

8. ძირითადი დასკვნები

1. მნიშვნელოვანი სეისმოაქტიური სტრუქტურების კვლევისათვის საჭიროა გამოყენებული იქნეს კომპლექსური მეთოდები: გეომორფოლოგიური, სეისმოლოგიური, გეოდეზიური, გეოლოგიური; რუკების ანალიზის, სეისმური ტომოგრაფიის და სტაციონალური GPS სადგურების მონაცემთა ინტერპრეტაცია. ამ მეთოდებით, როგორც სამაგალითო, გამოკვლეული იქნა ე.წ. „ბორჯომი-ყაზბეგის“ რღვევა, რომელიც მიაჩნიათ შემოჭრილი არაბეთის სოლის აქტიურ დასავლურ საზღვრად.
2. გეომორფოლოგიური რუკების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ საქართველოს ძირითადი მორფოლოგიური ერთეულების (კავკასიონი, ამიერკავკასიის მთათაშუა ჩადაბლება, სამხრეთ საქართველოს მთიანეთი) საზღვრები არ არის გადაადგილებული ე.წ. „ბორჯომი-ყაზბეგის(ზერ) მარცხენა ნაწევით“.
3. ტომოგრაფიული რუკების ანალიზი არ უჩვენებს რაიმე გადაადგილებას ზერ-ის გასწვრივ, მდინარეული ქსელი არ არის დარღვეული, ყველა ტომოგრაფიული მარკერი გრძელდება უწყვეტლივ აღნიშნული „რღვევის“ აქეთ-იქით.
4. GPS სადგურების მონაცემები მიუთითებს რომ ზერ-ის ორივე მხარეს საქართველოს ლითოსფეროს გადაადგილების სიდიდე და მიმართულება ერთნაირია, ე.ი. არ არსებობს ნაწევით ურთიერთსაწინააღმდეგო გადაადგილება.
5. საკვლევ რაგიონში (მაგ.ბორჯომის ხეობა) სტრუქტურული დამაბულობების და დრესვის სიბრტყეების მიმართულებები შეკუმშვის დამადასტურებელია და არა მარცხენა ნაწევის.
6. ტექტონიკური ერთეულები: ზონები და ქვეზონები, მათი საზღვრები არაა გადაადგილებული ან დარღვეული სავარაუდო ნაწევით. არცერთი სტრუქტურა არ იძლევა არავითარ ნიშანს რღვევით მათი ურთიერთსაწინააღმდეგო გადანაცვლების სასარგებლოდ.
7. ეს დასკვნები გამყარებულია გეოლოგიური კარტირებით, გეოლოგიური რუკებით და ჭრილებით, რომლებზეც აუცილებლად იქნებოდა აღნიშნული გეოლოგიური ერთეულების გადაადგილება იმ შემთხვევაში, თუ ნამდვილად იარსებებდა შესამჩნევი ამპლიტუდის ნაწევი.

8. ჩამქრალი ვულკანების განლაგება არ ემთხვევა „ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევას“, ნეოგენ-მეოთხეული ვულკანური ცენტრები არ არიან მოწყვეტილი ერთმანეთს და გადაადგილებული ჰორიზონტულად.
9. მიწისძვრის ეპიცენტრების რუკა არ ადასტურებს თვალსაზრისს თითქოს ე.წ. ბერ-ის აღმოსავლეთით და დასავლეთით განლაგებული ტერიტორიები განსხვავებულია. სეისმური აქტიურობა ამ არეალში დაახლოებით ერთნაირია.
10. გრავიმეტრიული და მაგნიტომეტრიული აგეგმვის მონაცემები არ უჩვენებს ველების მახასიათებელი იზონორმალების რაიმე გადაადგილებას სავარაუდო რღვევის ხაზის გარდигარდმო.
10. სპეციალურმა კომპლექსურმა კვლევამ გეომორფოლოგიური, ტოპოგრაფიული, გეოდეზიური, გეოლოგიური, სეისმოლოგიური, ანომალური, გრავიტაციული და მაგნიტური ველების მეთოდების გამოყენებით, არ გამოავლინა მონაცემები აღნიშნული რღვევის არსებობის თაობაზე.
11. საქართველოს, კავკასიის და საერთოდ შავი ზღვა-კასპიის ზღვის სეისმოაქტიურობა ძირითადად განპირობებულია არაბეთის მიკროფილის ჩრდილოური კონვერგენციით წელიწადში ~25-30მმ. სიჩქარით, რეგიონის მიწის ქერქის დეფორმაციით, ტექტონიკური და გეომორფოლოგიური (ტოპოგრაფიული) ერთეულების მორგებით არაბეთის ქიმზე, აგრეთვე შავი ზღვის და სამხრეთი კასპიის ოკეანური-სუბოკეანური ქერქის მქონე არეების კონფიგურაციაზე.

9. ციტირებული ლიტერატურა

1. ადამია შ. განმარტებითი ბარათი: საქართველოს 1:500000 მასშტაბის ტექტონიკური და გეოლოგიური რუკები. 2004.
2. ადამია შ., ალფაიძე ვ., ჭაბუკიანი ა. გეოტექტონიკა. თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა 2000. 34-82.
3. ადამია შ., გუჯაბიძე გ. საქართველოს 1:500000 მასშტ. გეოლოგიური რუკა, გამოცემული ISTC პროექტი GA-651 CauSIN, გამომცემელი შ.ადამია. 2004.
4. ადამიაშ., ჭაბუკიანი, ა., ჩხოტუა, თ., სადრაძე, ნ., ზაქარაია, დ., ზაქარაძე, გ. კავკასიის 1:1000000 მასშტაბის გეოლოგიური რუკა, რედაქტორი: შ.ადამია ; <http://www.ig-geophysics.ge/kavkasia.html>, 2010.
5. ალანია ვ. მტკვრის ფორლანდის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყელის გეომეტრია, დეფორმაციის ასაკის და კინემატიკური მოდელირება. სადოქტორო დისერტაცია, ავტორეფერატი. საქართველოს წმიდა ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტი, თბილისი 2012, გვ. 19.
6. გამყრელიძე, ე., გიორგობიანი, თ., ლოხუჯიძე, გ., ყულოშვილი, ს., შენგელაია, გ., საქართველოს ტერიტორიის აქტიური სიღრმული რღვევების რუკა და კატალოგი. საართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 157, №1, 1998, 89-94.
7. გამყრელიძე, პ., ცაგარელი, ა. ახალციხე-ბორჯომის გეოლოგიური რუკა, 1: 200 000, K-38-XX 1957; გამოცემული სსრკ გეოლოგიის სამინისტროს მიერ.
8. გუჯაბიძე გ. საქართველოს 1:500000 მასშტ. გეოლოგიური რუკა, რედაქტორი ე. გამყრელიძე, გამოცემული საქართველოს გეოლოგიის სახელმწიფო დეპარტამენტისა და ნავთობის ეროვნული კომპანია "საქნავთობის" მიერ. 2003.
9. ვაშაკიძე, ი. ყაზბეგის რაიონის გეოლოგიური რუკა, 1:100000 K-38-53, 2005.
10. კალანდარიშვილი ბ. საქართველოს 1:200000 მასშტაბის სასარგებლო წიაღისეულის რუკა, რედაქტორი გ. თვალჭრელიძე, გამოცემული საქართველოს გეოლოგიის სამმართველოს მიერ, 1957.
11. კანდელაკი ნ., კახაძე, ი. ძირულის მასივის გეოლოგიური რუკა 1:200000, K-38- XIV , 1958; გამოცემული სსრკ გეოლოგიის სამინისტროს მიერ.
12. კანდელაკი ნ., კახაძე, ი. ცხინვალი-ყაზბეგის გეოლოგიური რუკა 1:200 000, K-38- XV, ნ. კანდელაკი, ი. კახაძე, 1956; გამოცემული სსრკ გეოლოგიის სამინისტროს მიერ.

13. ლობჯანიძე გ., ჩხაიძე დ. ბორჯომის რაიონის მინერალური წყლის საბადოს 1:50000 მასშტ.გეოლოგიური რუკა, K-38- 75-B , K-38- 75-B, K-38- 75-Г, 1975. გამოცემული საქართველოს გეოლოგიის სამმართველოს მიერ.
14. ლურსმანაშვილი ნ. რღვევითი სტრუქტურების სეისმოაქტიურობის კვლევის მეთოდика (ბორჯომი-ყაზბეგის რღვევის“ მაგალითი). საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, Georgian Engineering News.N1, 2014.vol.69. 72-77.
15. ლურსმანაშვილი ნ. საქართველოს და მიმდებარე არეების მიწისძვრების წყაროების-რღვევების გეომეტრია, კინემატიკა, აქტიური ტექტონიკა. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, Georgian Engineering News.N1. 2015. Vol. 73. 91-93.
16. მესხია ჯ., მელიქიშვილი მ. გეოგრაფია-გეოლოგია. ივ.ჯავახიშვილის სახ.თბილისის სახ.უნივერსიტეტის შრომები, 355. 2003.გვ. 187-189.
17. მრევლიშვილი ნ. საქართველოს გეოლოგია, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,1997,16–26.
18. სადრაძე ნ. კონტინენტური კოლიზიის ზონის გეოდინამიკა სამხრეთ საქართველოს (ჯავახეთი და მიმდებარე არეები) კოლიზიის შემდგომი ვულკანიზმის ევოლუციის მაგალითზე. ავტორეფერატი. საქართველოს წმიდა ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართულ;ი უნივერსიტეტი, 2015, 1-20.
19. ჩხაიძე დ. ბორჯომის რაიონის მინერალური წყლის საბადოს 1:10000 მასშტ.გეოლოგიური რუკა, გამოცემული საქართველოს გეოლოგიის სამმართველოს მიერ, 2011.
20. ცხოვრებაშვილი შ. ზოგადი გეომორფოლოგიის მოკლე კურსი. თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა. თბილისი 1980. 67-69; 107–109.
21. ჯანელიძე ა. ზოგადი გეოლოგიის მოკლე კურსი. თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა 1968. გვ 195–208.
22. ჯანელიძე ა. საქართველოს ბელტის პრობლემა. საქართველოს მეცნ.აკად.მოამბე, 1942, 1-2, 49-58.
23. Адамия Ш. Тектоническое районирование территории Грузии. Прогноз землетресений, Душанбе- Тбилиси ,1989, №12, стр. 8-16.

24. Адамия Ш.А., Гамквелидзе И.П., Закариадзе Г.С., Лордкипанидзе М.Б. Аджаро-Триалетский прогиб и проблема образования глубоководной впадины Черного моря, Геотектоника, 1974, 78-94.
25. Алпаидзе В.С. Неотектонические Движения и Молодой Вулканизм Грузии. Сборник трудов, посвященный 90-летию со дня рождения Г.С. Дзоценидзе. Труды ГИ АН ГССР, новая серия, выпуск 117, 2002, 73-78.
26. Атлас ГССР. Институт Географии им. Вахушти, Главное управление Геодезии и Картографии государственного геологического комитета СССР, Тбилиси – Москва, 1964, 45-46.
27. Берадзе Р., Бандзава Д. Государственная геологическая карта района Боржомского месторождения минеральных вод (масштабы 1:50000- 1:25000), Грузгеология, 1988.
28. Гамквелидзе И. Вновь о тектоническом расчленении территории Грузии, Труды ГИ АН Грузии, новая серия, выпуск 115, Тбилиси, 2000, 2.
29. Гамквелидзе И., Лобжанидзе Г., Труды ГИН АН ГССР, новая серия, выпуск 83, Тбилиси, 1984, 44-53.
30. Гамквелидзе И., Лобжанидзе Г., Геология центральной Аджаро-Триалети и проблема Боржомской минеральной воды, «Мецниереба», 1984, 1-81.
31. Гамквелидзе П. Основные черты тектонического строения Кавказа. Геотектоника, №3, 1966, 3-14.
32. Гамквелидзе П., Гамквелидзе, И. Тектонические покровы южного склона Большого Кавказа (в пределах Грузии). Труды ГИН АН ГССР, новая серия, выпуск 57, 1977, 1-81.
33. Геология СССР, ред. П. Гамквелидзе, т. 10, часть 1, Грузинская ССР, Москва, «Недра», 1964, 655.
34. Геологический словарь, Т.2. Москва, «Недра», 1973.
35. Губкина А., Ермаков Б. Государственная геологическая карта СССР, масштаб. 1:20000, К-38- IX, Министерство Геологии СССР, 1984.
35. Джигаури Д. Государственная геологическая карта СССР, масштаб. 1:50000, К-38- 64-В, Управление Геологи СССР, 1958.
36. Дзоценидзе Н. Геологическая карта Кели-Казбегского района, масштаб. 1:50000, 1985.

37. Кулошвили С.И., Мурусидзе Г.И., Молодой вулканизм и неотектоника Южногрузинского, Армянского и Восточноанатолийского (Карского) вулканических нагорий. Труды ГИН АН Грузии, новая серия, выпуск 119, 2004, 139-149.
38. Лурсманашвили Н. Реальность Боржоми-Казбегского разлома (На примере Боржомского ущелья). Институт геофизики им. М.З. Нодия. Труды, т. LXIV, 2013, 46-53.
39. Маисурадзе Г. Антропоген Кавказа. Тбилиси, Мецниереба, 1990, 51 с, 36.
40. Маисурадзе Г. Основные черты позднеплейстоценовой и голоценовой истории Кавказа. Труды ГИ АН ГССР, новосерия, выпуск 119, 2014, 195-205.
41. Милановский Е. Новейшая тектоника Кавказа. Москва, Недра, 1968. 1-481.
42. Милановский Е., Хаин В. Геологическое строение Кавказа-черты региональной геологии СССР, Издательство МГУ, Москва, 1963, 358.
43. Наливкин, Д. Геологическая карта Кавказа масштаб 1:500000. Министерство Геологии СССР, 1976.
44. Схема Морфоструктур. Атлас ГССР, Тбилиси-Москва, 1964, 45-46.
45. Схиртладзе Н. Постпалеогеновый эффузивный вулканизм Грузии, Труды ГИ АН ГССР, монография №8. Тбилиси, 1958, 565-568.
46. Тутберидзе Б. Геология и петрология альпийского орогенного магматизма центральной части Кавказа. Издательство ТГУ, Тбилиси, 2004, 340 с.
47. Цагарели А., Кулошвили С. Неотектоника Грузии/Тектоника и металогения Кавказа, Труды ГИН АН Грузии, новая серия, выпуск 86, 1984, 185-265.
48. Чхаидзе Д. Государственная геологическая карта масштаб 1:25000, К-38-64-Б-г, (Боржоми). Управление Геологии ГССР, 1988.
49. Чхаидзе Д., Гогричани Н. Государственная геологическая карта СССР, масштаб 1:25000, К-38-75-Г-а, (Боржоми). Управление Геологии ГССР, 1988.
50. Abich, H. Geology of the Armenian Highland. Western Part. Orographical and Geological Description (in Russian). *J. Zapiski Imperatorskogo Russkogo Geographicheskogo obshchestva*, Vol. XXI, Pyatigorsk, 1899, p.1-202.
51. Adamia, Sh., Alania, V., Tsereteli, N., Varazanashvili, O., Sadradze, N., Lursmanashvili, N., Gventsadze, A. Post-Collisional tectonics and Seismicity of Georgia. Proceedings, Volume on SW Asian Geology for the Manuel Berberian GSA Session, Denver, USA, 2015, (in print).

52. Adamia Sh., Alania V., Chabukiani A., Enukidze O., Lursmanashvili N., Nadareishvili S., Sadradze N., Zakariadze D. Geology of Georgia-Eastern Black Sea:a review. Darius Programm, Eastern Black Sea-Caucasus Workshop, Tbilisi,Georgia. 24-25 June 2013, Abstracts Volom, 5-6.
53. Adamia,Sh., Alania,V., Chabukiani A., Chkhotua, T.,Enukidze O., Lursmanashvili, N.,Nadareishvili S.,Sadradze, N., Zakariadze,G. Geology of Georgia-Eastern Bkack Sea: a Review. Geological Sociery ofAmerica. 125 Anniversary Annual Meeting Expo. 27-30 Denver, USA, Session: T 188, Tethyan Evolution and Seismotegronics of Southwest Asia, Programme Book, 27-30 october 2013, p.290.
54. 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.11, p. 545-548.
55. Adamia,Sh., Alania,V., Chagelishvili R., Chabukiani, A.Enukidze O., Jaoshvili G., Razmadze A.,Sadradze, N., Tectonic setting of Georgia (Caucasus). 3rd International Symposium on the Geology of the Black Sea Region , Bucharest, Romania, Abstracts Supplement to GEO-ECO-MARINA. №17, 1-10 October 2011, p.11-13.
56. Adamia, Sh., Bombolakis, E., Martin, R.,O'Connor, T., Szymansky, E., Tsereteli, N., Lursmanashvili ,N. Borjomi-Kazbegi strike-slip fault: does it exist? 2nd International Symoisium on the Geology of the Black Sea Region.,Congress Center of MTA,Ankara,Turkey, 5-9 October 2009, Abstract Book, p. 9-10.
57. Adamia, Sh., Mumladze, T., Sadradze N., Tsereteli. E., Tsereteli. N., and Varazanashvili , O."Late Cenozoic Tectonics and Geodynamics of Georgia (SW Caucasus)". Georgian International Journal of Science and Technology ISSN 1939-5825, Nova Science Publishers, Inc. 2008. Volume 1, Issue 1, pp. 77-107.
58. 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.
59. Adamia,Sh., Chkhotua, T., Gavgadze, T.,Lebanidze, Z., Lursmanashvili, N., Sadradze, N., Zakaraia, D., Zakariadze, G.,Tectonic setting of Georgia-eastern black sea: a review. Geological Society, London, Special Publications,2015, (in print).

60. Adamia, Sh., Chkhotua, 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, p.437-447.
61. Albino, I., Cavazza, W., Zatin, M., Okay, A., Adamia, Sh., Sadradze, N. Far-field tectonic effects of the Arabia- Eurasia collision and the inception of the North Anatolian Fault system. // *Geological Magazine*, Cambridge University Press 151 (2), 2014, p. 372-379.
62. 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, Abstract Book, 22-27 April 2012, p.3.
63. Banks G., Robinson A., & Williams M., Structure and regional tectonics of the Achara-Trialeti fold belt and the adjacent Rioni and Kartli foreland basins, Republic of Georgia. In: Robinson A.G.(ed), *Regional and Petroleum geology of the Black Sea and Surrounding Region*. AAPG Memoir, 1997, 68, p.331-336.
64. Blake, S., Burton, K., Harris, N., Parkinson, I., Rogers, N., Widdowson, M. Introduction to Our Dynamic Planet; Edited by Nick Rogers. Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge CB2 8RU, UK, 2007, vol.1, p.1-372.
65. CauSIN (Caucasian Seismic Information Network) . ISTC Project GA-651, Tbilisi , 2nd International Symposium on the Geology of the Black Sea Region. 2005.
66. Caputo, M., Gamkrelidze, I., Malvezzi, V., Sgrigna, V., Shengelaia, G., Zilpimiani, D., Geosstructural basis and geophysical investigations for the seismic hazard assessment and prediction in the Caucasus, *Società Italiana di Fisica, C*, №2, 2000, vol.23 p.191-213.
67. Gamkrelidze I., Kuloshvili S. Stress vector orientations and movement of the Earth's Crust of the territory of Georgia on the neotectonic stage. *Bulletin of the Georgian Ac.Sci.*, 158, №2, 1998.
68. Geological studies of the area along Turkish-Georgian border. MTA, Yilmaz, A., Engin, T., Adamia, Sh., Lazarashvili, T. (eds), Ankara, Turkey, 2001, p.388.

69. Krasovec, M., Martin, R., O'Connor, T., Adamia, Sh., Bombolakis, E. Borjomi-Kazbegi fault: does it exist? Abstract ID #118238. Symposium Northeastern Section-42nd Annual Meeting ,12-14 March 2007.
70. 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, v.14,p.177-195.
71. Kukakov, I., Zabelina, I., Amanatashvili,Sh.,& Meskhia, V. Nature of orogenesis and volcanism in the Caucasus region based on results of regional tomography. Solid Earth, 3, doi: 10.5194/se-3-327,2012.p,327-337.
72. Living on an Active Earth. The National Akademies Press.Washington D.C.,2003, p. 1-418
73. Lukina, N., In Geology and Mineral Deposits of the Greater Caucasus (Nauka, Moscov), 1987, p.239-246.
74. Lursmanashvili, N., Lebanidze, Z. Adamia,Sh., Sadradze, N. Borjpmi- Kazbegi active strike-slip fault: Reality or fiction. 1st International Conference and Workshop Caucasus Active Tectonics and Magmatism-Hazards and Resources. Tbilisi, Georgia , Ilia State University, 29 August- 3 September, 2013.
75. Martin, R., O'Connor, T., Adamia, Sh., E.Szymansky, E., Krasovec, M., Bombolakis, E. Borjomi-Kazbegi Fault:Does it Exist? *AGU* General Assembly, San Francisko, California USA.3-7 December, 2012.
76. Minshull, T.A., White, N.J., Edvards,D.J., Shillington, C.L., Scott,A., Demirer, M.,Shaw-Champion,S.M.,Jones, M., Erduran,T.,Besevli, G., Coskun, N., Raven,A.,Price,and Peterson,B. Seismic Data Reveal Eastern Black Sea Basin Structure.Eos,Vol.86,Nº.43,25 october, 2005.
77. Philip, H., Cisternas, A., Gvishiani, A., Gorshkov, A. The Caucasus: An actual example of the initial stages of continental collision. *Tectonophysics.*, 1989,161, p.1-21.
78. Plummer C. C.,McGeary D. Physical Geology. Wm.C.Brown Publishers, 1993 ,p.1-537.
79. Rebai, S., Philip,H., Dorbath, L., Borissof, B., Hassler, H. and Cisternas, A. Active Tectonics in the Lesser Caucasus: Coexistence of compressive and extensional Structures, Tectonics, 1993,vol. 12, , Nº5, p. 1089-1114.
80. Reilinger , E., McClusky,S., Vernant,Ph., Lawrence,Sh., Ergintav, S., C akmak, R., Ozener, H., Kadirov,F., Guliev, I.,Stepanian, R., Nadaraia , M., Hubunia, G., Mahmoud, S., Sakr, K.,

- Arrajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmirosta, 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*, 111(B54), 2006, p.19-26.
81. Varazanashvili, O., Tsereteli, N., Tsereteli, E., 2011. Historical earthquakes in Georgia (up to 1900): Source Analysis and Catalogue Compilation. LTD “MVP”, 2011, p.1-77.
82. Vernant, P., King, R., Reilinger, R., Floyd, M., McClusky, S., Hubunias, G., Sokhadze, G., Elashvili, M., Kadirov, F., Karakhanian, A., Avagyan, A., Ergintav, S., Djamour, Y., Doerflinger, E., & Hertz, 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, Abstracts Volume, 2013, p. 74-75.
83. 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: Sosson, M., Kaymakci, N., Stephenson, R., Bergerat, F., & Starostenko, V. (eds), *Sedimentary Basin Tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform*, Geological Society of London, Special Publication 340, 2010, p.23-42, doi: 10.1144/SP340.3.