

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

**ონისე ენუქიძე**

**აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ფრონტული ნაწილის  
(კავთისხევი - ძეგვის სეგმენტი) სტრუქტურული მოდელი**

სადოქტორო პროგრამა: გეოლოგია

შიფრი: 0532

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

**ავტორეფერატი**

თბილისი

2021

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში  
სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის გამოყენებითი გეოლოგიის  
დეპარტამენტში

თანახელმძღვანელები: ასოცირებული პროფესორი **დავით ბლუაშვილი**  
აკადემიური დოქტორი **ვიქტორ ალანია**

რეცენზენტები: აკადემიური დოქტორი **დავით ზაქარაია**  
გეოლოგიის მეცნ. დოქტორი **დავით ვახანია**

დაცვა შედგება 2021 წლის----- საათზე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის გეოლოგიის  
საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე,  
კორპუსი -----, აუდიტორია -----  
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში, ხოლო  
ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

გეოლოგიის საუნივერსიტეტო სადისერტაციო  
საბჭოს მდივანი, პროფესორი

მ. მარდაშოვა

**თემის აქტუალობა.** აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყელი განლაგებულია მცირე კავკასიონის უკიდურეს ჩრდილოეთ ნაწილში და წარმოადგენს გვიანალპური დეფორმაციის ერთ-ერთ საუკეთესო მაგალითს. ჩვენი კვლევის ობიექტი მოიცავს აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყელის ფრონტულ და მტკვრის ფორლანდის სამხრეთ ნაწილებს. მთავარი ამოცანა იყო საკვლევი ტერიტორიის სიღრმული აგებულების შესწავლა, ორ და სამგანზომილებიანი სტრუქტურული მოდელების აგება. ნაშრომის აქტუალობა ასევე განპირობებული იყო საკვლევი ტერიტორიაზე ნახშირწყალბადების ძებნა-ძიების პერსპექტიულობით. საკვლევი რეგიონი მოიცავს ნახშირწყალბადების პოტენციალის მქონე, აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ფრონტული ნაწილის, კავთისხევი-ძეგვის მონაკვეთს. მისი შესწავლილობის ხანგრძლივი ისტორიის მიუხედავად, კვლავ საჭიროა გეოლოგიური პრობლემების რიგი მნიშვნელოვანი საკითხების დაზუსტება. კერძოდ, განსხვავებულია სხვადასხვა ავტორების მიერ შემოთავაზებული ტექტონიკური მოდელები. დეტალური სტრუქტურული მოდელების აგებისათვის მნიშვნელოვანია თანამედროვე მეთოდების გამოყენება. ბოლო წლებში სტრუქტურული ჭრილების აგებისათვის, ფართოდ გამოიყენება რღვევებთან დაკავშირებული ნაოჭების თეორია. მისი გამოყენება მნიშვნელოვანია როგორც აქტიური ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყლების გეოდინამიური პროცესების შეფასებისთვის, ასევე ნახშირწყალბადების ბუდობებისათვის პერსპექტიული სტრუქტურების დადგენაში. ჩვენი კვლევის ძირითად იდეას სწორედ რღვევებთან დაკავშირებული ნაოჭების თეორიის გამოყენება წარმოადგენს.

**კვლევის მიზანი და ამოცანები.** კვლევის მიზანს წარმოადგენდა საკვლევი ტერიტორიის სიღრმული აგებულებისა და დეფორმაციის სტრუქტურული სტილის დადგენა. დასახული მიზნის გადასაწყვეტად აუცილებელი იყო შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტა: (1) სეისმური პროფილების სტრუქტურული ინტერპრეტაცია; (2) ზედაპირული გეოლოგიური,

ბურღვის მონაცემების და სეისმოპროფილების ინტერპრეტაციაზე დაყრდნობით, სტრუქტურული ჭრილების აგება; (3) სამგანზომილებიანი სტრუქტურული მოდელების აგება; (4) ნახშირწყალბადების ბუდობებისათვის პერსპექტიული სტრუქტურების გამოყოფა.

**საკვლევი ობიექტის და პრობლემების ფორმულირება.** კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყელის ფრონტული ნაწილი. საკვლევი ობიექტის შერჩევა განაპირობა შემდეგმა ფაქტორებმა: (1) ტერიტორიის ფარგლებში ჩატარებულია მნიშვნელოვანი მოცულობის სეისმური, საძიებო და სტრუქტურული ბურღვის სამუშაოები, (2) საკვლევი ტერიტორია წარმოადგენს ნახშირწყალბადების ძებნა-ძიებისათვის პერსპექტიულ უბანს. მიუხედავად ხანგრძლივი გეოლოგიური შესწავლილობის ისტორიისა, მთელი რიგი საკითხები დღემდე პრობლემატურია. კითხვები, რომლებიც ეხება საკვლევი ტერიტორიის აგებულებას შემდეგია: როგორია სიღრმული აგებულება? როგორია დეფორმაციის სტრუქტურული სტილი? როდის დაიწყო კუმშვითი დეფორმაცია? და რომელ სტრუქტურებთანაა დაკავშირებული ნახშირწყალბადების პერსპექტიული სტრუქტურული დამჭერები?

**კვლევის მეთოდები.** სეისმოპროფილების ინტერპრეტაციის, სამგანზომილებიანი სტრუქტურული მოდელის აგებისა და ნაპრაღთა სტატისტიკური ანალიზისათვის გამოყენებულ იქნა **MOVE** სპეციალური პროგრამა სტრუქტურული გეოლოგიისთვის. პროგრამაში გამოყენებულია ნაპრაღთა ორიენტაციის, სტატისტიკური ანალიზის და რღვევებთან დაკავშირებული ნაოჭების თეორიის ძირითადი პრინციპები - მეთოდები და შეტანილია მასში ალგორითმების სახით. დეტალური საველე გეოლოგიური სამუშაოები ჩატარებული იყო საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში. საველე-გეოლოგიური სამუშაოებისას გამოყენებული იყო GPS აპარატი და BRUNTON-ის გეოლოგიური კომპასი.

**თემის მეცნიერულ სიახლეს** წარმოადგენს რღვევებთან დაკავშირებული ნაოჭების თეორიის გამოყენებით, სეისმური პროფილების ინტერპრეტაცია და მათზე დაყრდნობით სტრუქტურული ჭრილების აგება.

**პრაქტიკული მნიშვნელობა.** სტრუქტურული ჭრილები და სამგანზომილებიანი სტრუქტურული მოდელები მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს ნახშირწყალბადების ძებნა-ძიების პროცესს.

**კვლევის შედეგების აპრობაცია.** დისერტაციის ძირითადი დებულებები სხვადასხვა დროს მოსმენილი და განხილული იყო ტექნიკური უნივერსიტეტის და გეოფიზიკის ინსტიტუტის სემინარებზე. აგრეთვე, სხვადასხვა ადგილობრივ და საერთაშორისო კონფერენციებზე: თბილისის მე-6 საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციაზე „სამთო საქმისა და გეოლოგიის განვითარება ეკონომიკის აღორძინების წინაპირობაა“ (2020), სედიმენტოლოგთა საერთაშორისო ასოციაციის 34-ე კონფერენციაზე ქ. რომში (2019), ევროპის გეომეცნიერებათა ყოველწლიურ კონფერენციებზე ქ. ვენაში (2018, 2019) და ნაოჭა-შეცოცებითი სატყელებისადმი მიძღვნილ კონფერენციაზე ქ. ლონდონში (2017).

**დისერტაციის სტრუქტურა და მოცულობა.** სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლის, 8 თავის, 4 ქვეთავის, დასკვნის და ნაბეჭდი 105 გვერდისაგან. ნაშრომში წარმოდგენილია 60 ნახაზი. გამოყენებული ლიტერატურის სია შედგება 135 დასახელებისგან.

**პუბლიკაციები.** დისერტაციის თემასთან დაკავშირებით გამოქვეყნებულია 12 ნაშრომი - 7 სტატია და 5 თეზისი.

## ნაშრომის ძირითადი შინაარსი

### თავი 1. შესწავლილობის ისტორია და ლიტერატურის მომიხილვა

პირველ თავში განხილულია აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის გეოლოგიური შესწავლილობის ისტორია. რეგიონის გეოლოგიის პირველი მკვლევარებიდან აღნიშნულია გ. აბიხის (1869, 1887, 1902), გ. წულუკიძის (1881, 1887), ე. ფავრის, ე. ფურნიეს (1896), ს. სიმანოვიჩის (1877, 1892) ა. სოროკინის (1880), ვ. ბოგაჩევის (1914), ბაცევიჩის და სხვათა ღვაწლი. სტრატეგრაფიისა და გეოლოგიური აგებულების ფუნდამენტური კვლევებიდან ხაზგასმულია პ. გამყრელიძის (1949), დ. პაპავას (1971, 1975), გ. ძოწენიძის (1947), ი. კახაძეს (1947), მ. ერისთავის (1952), ა. ცაგარელის (1954), ი. კაჭარავას (1950), დ. ბულიეშვილის (1955, 1960), ბელოუსოვის (1962), მილანოვსკის, ხაინის (1963) და სხვათა შრომების მნიშვნელობა.

ცალკეა განხილული მენავთობე გეოლოგთა კვლევები, რომელთა შედეგად შესწავლილ იქნა სიღრმული აგებულება და გამოიყო ძირითადი სტრუქტურული ერთეულები, ჩატარდა აგეგმვითი სამუშაოები და განხორციელდა ნახშირწყალბადების წარმომშობი და მათი დაგროვებისათვის ხელსაყრელი ნალექების კვლევა (ა. ლალიევი (1944-48), პ. მაღრაძე (1941), ნ. ქებაძე (1942), ა. საყვარელიძე (1941-43), დ. პაპავა (1962-65), ხარატიშვილი (1934), ა. ყვინიშვილი (1949), გ. ხატისკაცი (1956), ვ. გოგიბერიძე (1981), ნ. ლორთქიფანიძე (1981), ა. მაჩაიძე (1983) და სხვ.).

გასული საუკუნის 70-იანი წლებიდან, „ფილაქნების ტექტონიკის“ თეორიაზე დაფუძნებული კვლევების შედეგად მნიშვნელოვნად შეიცვალა წარმოდგენები აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის გეოლოგიური აგებულების, დეფორმაციის ასაკისა და მისი სტრუქტურული სტილის შესახებ. ამ მხრივ აღსანიშნავია შ. ადამიას (1974, 1977, 1981, 1989, 2011), ე. გამყრელიძის (1976, 1986), ვ. ალანიას (1998, 2001, 2017), ლ. ბაშალიეშვილის (1986), კ. ბენქსის (1997), ე. რობინსონის (1997), მ. სოსონის (2013, 2016) და სხვათა შრომები.

## თავი 2. რეგიონული ტექტონიკა

კავკასიის რეგიონი განლაგებულია არაბეთ-ევრაზიის კოლიზიური ზონის უკიდურეს ჩრდილოეთ ნაწილში. კავკასიის რეგიონი, როგორც მთათაწარმოშობის ერთ-ერთი საუკეთესო მაგალითი, წარმოადგენს გეომეცნიერების დიდ ინტერესს. ბოლო 50 წლის განმავლობაში ფილაქნების თეორიის საფუძველზე კავკასიის რეგიონის, ასევე მისი ცალკეული ტექტონიკური ერთეულების შესწავლას უამრავი გამოკვლევა მიეძღვნა (მაგ. Adamia, 1975; Adamia et al., 1974, 1977, 1981, 2011 a, b; Alania et al., 2017a, 2021; Banks et al., 1997; Dercourt et al., 1986, 1990; Dewey et al., 1973; Gamkrelidze, 1976, 1986; Giorgobiani, Zakaraia, 1989; Giorgobiani, 2004, 2005; Kazmin, 1991; Khain, 1975; Mosar et al., 2010; Philip et al., 1989; Roland et al., 2012; Sosson et al., 2010, 2016, 2019; Tari et al., 2018; Tibaldi et al., 2017; Vakhania 2005; Yilmaz et al., 2001).

კავკასიონის რეგიონი გეოლოგიურ წარსულში, თანამედროვე წყნარი ოკეანის აზიური სანაპიროს მსგავსი იყო და წარმოადგენდა ოკეანე ტეთისი-ევრაზიის კონტინენტის გარდამავალ არეში არსებულ კუნძულთა რკალების, რკალსუკანა თუ რკალსშუა აუზების რთულ სისტემას (Dewey et al., 1973; Khain 1974; Adamia, 1975; Adamia et al., 1977; Adamia et al., 2011a). თანამედროვე მონაცემებით ეს რეგიონი ოკეანის გახსნის, სუბდუქციის, ობდუქციის და კოლიზიის შედეგია (Adamia et al., 1977, 1981; Dewey et al., 1973; Gamkrelidze, 1986; Khain, 1975; Sosson et al., 2010, 2016, 2019). მისი დღევანდელი სტრუქტურა, როგორც შიდამატერიკული მთიანი ნაგებობის, ჩამოყალიბდა გვიანკაინოზოურ დროში და მიმდინარეობს დღესაც (Adamia et al., 2010, 2017; Alania et al., 2017a; Banks et al., 1997; Giorgobiani, 2004, 2005; Reilinger, Barka, 1997; Sokhadze et al., 2018). არაბეთ-ევრაზიის ფილაქნების კოლიზიის შედეგად ადგილი ჰქონდა კიდურა აუზების ინვერსიას - კავკასიონის და მცირე კავკასიონის ფორმირებას (Adamia et al, 1977, 1981; Alania et al., 2017a, 2021; Khain, 1974; Mosar et al., 2010; Sosson et al., 2010, 2016).

საქართველო, როგორც კავკასიის რეგიონის ნაწილი, მოქცეული ევრაზიის და არაბეთის ლითოსფერული ფილების კონტინენტური კოლიზიის ვრცელ არეში, წარმოადგენს ერთიანი ალპურ-ჰიმალაური ოროგენული სარტყლის ნაწილს (Adamia et al., 1977, 1981; Dewey et al., 1973; Gamkrelidze, 1986; Khain 1974).

კვლევის ობიექტი განლაგებულია აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყლის ფრონტულ ნაწილში. ზოგადად აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყელი განლაგებულია მცირე კავკასიონის ოროგენის ჩრდილოეთ ნაწილში. აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყლის ფორმირება დაკავშირებულია ფუნდამენტის სოლის სამხრეთიდან ჩრდილოეთი მიმართულებით გადაადგილებასთან (Alania et al., 2017a, 2021; Banks et al., 1997). მცირე კავკასიონის ოროგენის ფარგლებში დადგენილია ორი (სამხრეთიდან ჩრდილოეთი მიმართულებით) ძირითადი დომენი: (1) სამხრეთ სომხეთის ბლოკი და (2) ევრაზიული ფილაქნის სამხრეთ ნაწილი, რომლებიც ერთმანეთისაგან გამოყოფილია სევანის ოფიოლიტური ნაკერით (Adamia et al., 1977, 1981; Sosson et al., 2010, 2016, 2019). ამ ბლოკის (ან ტერეინის) კავკასიური შემადგენელია ნახჭევანი, სომხეთისა და აზერბაიჯანის ის ნაწილები, რომლებიც სევანის ოფიოლიტური ნაკერის სამხრეთით არიან განლაგებული (Adamia et al., 1977, 1981; Sosson et al., 2010, 2016). მცირე კავკასიონის ოროგენის ფორმირება დაკავშირებული იყო სამ ძირითად ტექტონიკურ მოვლენასთან: (1) გვიანცარცულ დროში ოფიოლიტების ობდუქცია სამხრეთ სომხეთის ბლოკზე, (2) სამხრეთ სომხეთის ბლოკის და ევრაზიის აქტიური კიდის კოლიზია პალეოცენ-ეოცენურ დროში და (3) არაბეთ-ევრაზიის კოლიზია ოლიგოცენ-მიოცენურ დროში (Sosson et al., 2010).

აპატიტებზე ჩატარებული ტრეკული მონაცემები გვიჩვენებს, რომ მცირე კავკასიონის ოროგენის ფარგლებში არაბეთ-ევრაზიის ფილაქნების კოლიზიის შედეგად ადგილი ჰქონდა ორ თანმიმდევრულ ექსჰუმაციის



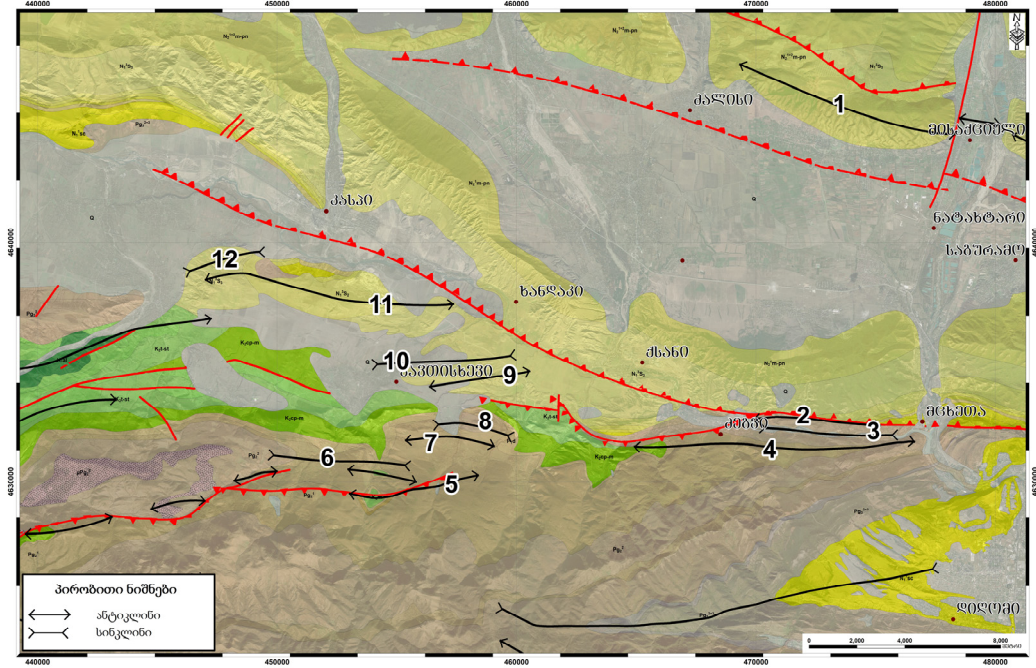
სტადიას: (1) ადრეული-შუა მიოცენი და (2) შუა მიოცენი-პლიოცენი (Cavazza et al. 2017, 2019). აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყლის ფარგლებში დაბალ-ტემპერატურიანი თერმოქრონოლოგიური მონაცემები (აპატიტებზე ტრეკული და (U-Th)/He ანალიზი) გვიჩვენებს, რომ აჭარა-თრიალეთის აუზის ინვერსია და მისი ნაოჭა-შეცოცებით სარტყელად ჩამოყალიბება დაიწყო დაახლოებით 14-10 მწ-ის უკან (Gusmeo et al., 2021). სეისმოპროფილებში მზარდი (ან სინტექტონიკური) ნალექების გეომეტრიის და ასაკების გათვალისწინებით აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყელის ფრონტულ ნაწილში და მტკვრის ფორლანდის აუზში კუმშვითი დეფორმაცია დაიწყო შუა-გვიან მიოცენიდან და მაქსიმალურ პიკს მიაღწია პლიოცენის დასაწყისში (Alania et al., 2017a).

ვ. ალანიას და სხვ. მიხედვით (2019, 2021) მცირე კავკასიონი ორმაგი სოლის (ბივერგენტული) ოროგენია და წარმოდგენილია პრო და რეტრო სოლებით. ართვინ-ბოლნისის ბელტი და აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყელი, რეტრო სოლის შემადგენელი ნაწილებია (Alania et al., 2019, 2021).

აჭარა-თრიალეთი აქტიური ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყელია, რაზეც მიუთითებს მიწისძვრების და GPS მონაცემები (Reilinger et al., 2006). საკვლევ ტერიტორიის ფარგლებში დაიკვირვება ორი ოროგენის, კავკასიონის და მცირე კავკასიონის კონვერგენციის ზონა (Alania et al., 2021). კავკასიონის ფრონტული ნაწილი (ან დეფორმაციის ფრონტი) წარმოდგენილია ბიწმენდის რღვევა-გავრცელებადი ნაოჭით (Alania et al., 2018b, 2020b, c), ხოლო მცირე კავკასიონის ფრონტული ნაწილი კი სამკუთხა ზონით (ენუქიძე, 2021; Alania, 1998; Alania et al., 2001, 2017a,b,c, 2018b, 2020a,b,c, 2021; Enukidze et al., 2019a,b, 2020), რომელთა შორის განლაგებულია მტკვრის ფორლანდის არადეფორმირებული ნაწილი (Alania et al., 2020a,b, 2021).

### თავი 3. გეოლოგიური აგებულება

შ. ადამიას და სხვ. მიხედვით (2011) საქართველოს ტერიტორიის ფარგლებში გამოიყოფა შემდეგი ტექტონიკური ერთეულები: (1) კავკასიონის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყელი; (2) საქართველოს ბელტი (ფორლანდი - რიონის და მტკვრის ფორლანდი); (3) აჭარა-თრიალეთის



**ნახაზი 1.** რაიონის გეოლოგიური რუკა (დ. პაპავას მიხედვით, 1971). ციფრებით აღნიშნულია ტექტონიკური სტრუქტურები: 1. ბიწმენდის ანტიკლინი; 2. მცხეთის ანტიკლინი; 3 მცხეთის სინკლინი; 4 არმაზის ანტიკლინი; 5. ზირთის ანტიკლინი; 6. გოსტიბეს სინკლინი; 7. თელათგორის ანტიკლინი; 8 თელათგორის სინკლინი; 9. აღმ. კავთისხევის ანტიკლინი; 10. სასხორი-იდლეუის სინკლინი; 11. კავთისხევის ანტიკლინი; 12. ნიაბის სინკლინი.

ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყელი და (4) ართვინ-ბოლნისის ბელტი. საკვლევი ტერიტორია მოიცავს აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ფრონტულ და მტკვრის ფორლანდის სამხრეთ ნაწილებს (ნახ. 1). აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ფრონტული და მტკვრის ფორლანდის სამხრეთი ნაწილების დანალექი საფარი (>6კმ) წარმოდგენილია იურული, ცარცული, პალეოგენური, ნეოგენური და მეოთხეული ღრმა ზღვის, მარჩხი ზღვისა და

მძლავრი კონტინენტური ნალექების თანმიმდევრობით (Adamia et al., 2002, 2010, 2011).

### 3.1 სტრატეგია

იურული ნალექების სიმძლავრე დაახლოებით 200-600 მ-ია და წარმოდგენილია ქვედაიურული ქვიშაქვებით, თიხაფიქლებით, კონგლომერატებით. შუაიურული წარმოდგენილია ბაიოსური ვულკანოგენურ-დანალექი ფორმაციით, რომელსაც უთანხმოდ მოყვება ზედაიურული კირქვები და ვულკანოგენურ-დანალექი ქანები (Papava, 1967). ცარცული და პალეოგენური კომპლექსის სიმძლავრე შეადგენს 3500-4000 მ-ს. ქვედაცარცული წარმოდგენილია აპტ-ალბური ასაკის ვულკანიტებისა და ვულკანოგენურ-დანალექი ქანებით, ხოლო ზედაცარცული - კირქვების, მერგელების, ქვიშაქვების და არგილიტების მორიგეობით (Adamia et al., 2002, 2011; Papava, 1967). პალეოგენი წარმოდგენილია პალეოცენით (თიხაფიქლები, მერგელები, ტურბიდიტები; სიმძლავრე 50-450 მ), ქვედაეოცენით (კონგლომერატები, თიხაფიქლები, ტურბიდიტები და დაციტური ვულკანიტები; სიმძლავრე 500-1000 მ), შუაეოცენით (დებრიტები, ტურბიდიტები, თიხაფიქლები; სიმძლავრე 300-800 მ) და ზედაეოცენით (კონგლომერატები, ტურბიდიტები და თიხაფიქლები; სიმძლავრე 400-800 მ) (Adamia et al. 2002, Beridze, 2019; Papava, 1967). ოლიგოცენ-ქვედა მიოცენური (მაიკოპი) ნალექები ხშირ შემთხვევებში თანხმობით მოყვება ზედაეოცენურ ნალექებს და ძირითადად წარმოდგენილია ქვიშაქვების და თიხაფიქლების მორიგეობით (Adamia et al., 2010). შუა-ზედამიოცენური და პლიოცენური ასაკის სინ-ტექტონიკური (ან მზარდი) ნალექები წარმოდგენილია მარჩხი ზღვის და კონტინენტური ნალექებით, რომელთა სიმძლავრე შეადგენს 1500-2000 მ-ს (Alania et al., 2017a). მეოთხეული ნალექები წარმოდგენილია ალუვიურ-დელუვიური ფაციესებით და ძირითადად მდინარეთა ტერასების აგებულებაში მონაწილეობენ. სიმძლავრე მერყეობს 30-100 მ-ის ფარგლებში (Papava 1967).

### 3.2 სტრუქტურები

აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყლის ფრონტული ნაწილის და მოსაზღვრე ტერიტორიების სტრუქტურები აღწერილია შ. ადამიას (2010), დ. ბულიეშვილის (1960), პ. გამყრელიძის (1949), ე. გამყრელიძის (1976), დ. პაპავას (1967) და სხვათა მიერ. სტრუქტურები წარმოდგენილია ასიმეტრიული ნაოჭებით, ჩრდილო და სამხრეთ-ვერგენტული შესხლეტვებით და შეცოცებებით (Buleishvili, 1960; Gamkrelidze, 1949; Gamkrelidze, 1976; Papava, 1967).

პ. გამყრელიძის მიხედვით (1949) თრიალეთის ქედი წარმოადგენს აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის აღმოსავლეთ ნაწილს და მოქცეულია საქართველოს (ჩრდილოეთით) და ართვინ-ბოლნისის (სამხრეთით) ბელტებს შორის და იყოფა ჩრდილოეთ, ცენტრალურ და სამხრეთ ზონებად. ჩრდილოეთი ზონა იყოფა კოდმანი-ხვედურეთის და ხაშური-მეტეხის ქვეზონებად. ცენტრალური ზონა თავის მხრივ დაყოფილია ორ ქვეზონად: აბასთუმანი-ბოშურის აზეგების და კავთისხევის დაძირვის ქვეზონები. აბასთუმანი-ბოშურის აზეგების ქვეზონის აგებულებაში მონაწილეობს ცარცული ასაკის ვულკანოგენური და კარბონატული ნალექები, პალეოცენ-ქვედაეოცენის ფლიშური ნალექები და შუაეოცენის ვულკანოგენური ქანები. ამ ქვეზონაში სტრუქტურები წარმოდგენილია ხაზობრივი ნაოჭებით (რაზმეთის, ზირთის, არმაზის, მცხეთის და სხვა), გართულებული შეცოცებებით და შესხლეტვებით. კავთისხევის ქვეზონა წარმოადგენს ცენტრალური ზონის დაძირულ ნაწილს და აგებულია ოლიგოცენური და მიოცენური ასაკის ნალექებით. კავთისხევის ქვეზონა აბასთუმანი-ბოშურის ქვეზონისგან გამოყოფილია რღვევით, სადაც ცარცული და ქვედაეოცენური ასაკის ქანები (სამხრეთიდან ჩრდილოეთი მიმართულებით) შეცოცებულია კავთისხევის ქვეზონის მიოცენური ასაკის ნალექებზე (Gamkrelidze, 1949). დ. პაპავამ (1967), საქართველოს ბელტის და თრიალეთის ნაოჭა-სისტემის საზღვარზე გამოყო კიდურა დაძირვის ზონა, რომელიც მოიცავს საქართველოს ბელტის სამხრეთ ნაწილს და თრიალეთის ქედის დასავლეთ

(ხაშური-მეტეხის ქვეზონა) და ცენტრალურ (კავთისხევის დაძირვის ქვეზონა) ზონებს.

ბოლო 20-25 წლის განმავლობაში მნიშვნელოვნად შეიცვალა წარმოდგენები აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყელის აგებულების შესახებ (Alania, 1998; Alania et al., 2017a, 2021; Banks et al., 1997). განსაკუთრებით აღსანიშნავია აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ფრონტული ნაწილი, სადაც მნიშვნელოვანი მოცულობის სეისმური სამუშაოებია ჩატარებული. ახალი სეისმო-გეოლოგიური მონაცემების მიხედვით, აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყელი (სამხრეთიდან ჩრდილოეთი მიმართულებით) იყოფა შემდეგ სტრუქტურულ ერთეულებად: (1) ზურგის შეცოცებების ზონა, (2) წინა შეცოცებების ზონა და (3) სამკუთხა ზონა (Alania et al., 2017b). სტრუქტურული ერთეულები წარმოდგენილია ჩრდილო და სამხრეთ-ვერგენტული, რღვევებთან დაკავშირებული ნაოჭებით (რღვევა-გაღუნული და რღვევა-გავრცელებადი ნაოჭები), დუპლექსებით და სტრუქტურული სოლებით (Alania, 1998; Alania et al., 2017a,b,c, 2018 a,b, 2020a,b, 2021; Enukidze et al., 2019a,b, c).

#### **თავი 4. ნავთობგაზიანობა**

აჭარა-თრიალეთის ფრონტული ნაწილი დიდი ხანია იქცევდა მენავთობე გეოლოგთა ყურადღებას, რასაც განაპირობებდა ზედაპირული ნახშირწყალბადების გამოსავლებისა და სტრუქტურული ბურღვის დროს გამოვლინებების არსებობა. თხევადი ნავთობის და გაზის ზედაპირული გამოვლინებები ცნობილია კავთისხევის ანტიკლინის სამხრეთ ფრთაზე (საკუპრე და მლაშე) და დაკავშირებულია მაიკოპურ ნალექებთან. სტრუქტურული და საძიებო ბურღვითი სამუშაოებისას, ნახშირწყალბადები დაფიქსირდა სხვადასხვა საძიებო მონაკვეთებზე: ქვედაცარცულ ვულკანოგენურ დანალექ ქანებში, მცირე ნავთობ-გამოვლინება აღინიშნა აღმ. კავთისხევი #2 ჭაბურღილში. ზედაცარცული ვულკანოგენურ-დანალექი და კარბონატული ნალექებიდანაც იქნა

მიღებული მცირე რაოდენობის ნავთობი, აღმ. კავთისხევის და თელათგორის ფართობებზე. შუაეოცენურ ნალექებში ნავთობ-გაზგამოვლინებებს ადგილი ჰქონდა მეტეხის, ახალქალაქის და აღმოსავლეთ კავთისხევის მოედნებზე. ზედაეოცენური ტერიგენული ნალექებიდან ხანმოკლე ნავთობ-გაზგამოვლინებები აღინიშნა კავთისხევის მოედანზე გაბურღილ ჭაბურღილებში. მიოცენურ ნალექებთანაც დაკავშირებულია სუსტი ნავთობ-გაზგამოვლინებები კავთისხევის ჭაბურღილებში. ნახშირწყალბადების პოტენციალის შეფასებისას, ერთ-ერთი ძირითადი საკითხი, „დედა ქანების“ დადგენაა, რომლის კვლევასაც მრავალი შრომა მიეძღვნა და კვლევა-დისკუსია დღესაც მიმდინარეობს (Китовани, 1959; Лалиев, 1948; Robinson et al., 1997; Sachsenhofer et al., 2018). ავტორთა უმრავლესობა აღიარებს პალეოგენური ნალექების პოტენციალს, რაც თანამედროვე კვლევებითაც დასტურდება (Robinson et al., 1997, Sachsenhofer et al., 2018). ზოგიერთი მკვლევარი მიიჩნევს რომ, აჭარათრიალეთში დამატებითი პოტენციალი უნდა გააჩნდეს ქვედაიურულ და ცარცულ ნალექებსაც (მაგ. Папава, 1967) მაგრამ, ბოლო წლებში ჩატარებული ლაბორატორიული კვლევებით, მეზოზოური ნავთობის კვალი არ დასტურდება. ლაბორატორიულად დადასტურებულია ზედაეოცენური და მაიკოპური ნალექების პოტენციალი (Robinson et al., 1997, Sachsenhofer et al., 2018). ასევე, გარკვეულ სიახლეს და მოულოდნელობას წარმოადგენს, შუაეოცენური ვულკანოგენურ-დანალექი კომპლექსის კვლევის შედეგები, რომლის ზედა ნაწილშიც დაფიქსირდა ნახშირწყალბადების გენერირების გარკვეული პოტენციალი აუზის სხვადასხვა მონაკვეთზე (თბილისის მიდამოები, კუმისი, დიდგორი) (Sachsenhofer et al., 2018). ეს ფაქტი საკმაოდ საყურადღებოა, რადგან შუაეოცენი ტრადიციულად მიჩნეულია მთავარ კოლექტორად რომელთანაც დაკავშირებულია საქართველოში ცნობილი უდიდესი საბადოები და მასში ნახშირწყალბადების გენერირებისათვის ხელსაყრელი ფენების არსებობა მის პოტენციალს ზრდის.

წარმოდგენილი ნაშრომის ერთ-ერთი პრაქტიკული დანიშნულებაა მისი გამოყენება ნახშირწყალბადების ძიებაში და ამ მხრივ მნიშვნელოვანია პოტენციური რეზერვუარების შეფასება და მათი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გათვალისწინება სტრუქტურული მოდელირებისას. როგორც აღვნიშნეთ, რეგიონის უმთავრეს კოლექტორს, შუაეოცენური ვულკანოგენურ-დანალექი კომპლექსი წარმოადგენს, რომლის ძირითადი პოტენციალი ნაპრალოგენების ხარისხს უკავშირდება. საკვლევი რეგიონის პოტენციურ რეზერვუარად ასევე მიჩნეულია ზედაცარცული კარბონატული კომპლექსი, რომელიც ნაპრალოგენ-კავერნული ტიპის კოლექტორს უნდა წარმოადგენდეს. მნიშვნელოვანი პოტენციალი გააჩნია ზედაეოცენურ და მაიკოპურ ნალექებსაც. ზოგადად, რეგიონში ორი ტიპის რეზერვუარს აღნიშნავენ, ფოროვანს და ნაპრალოგენ-ფოროვანს. ფოროვან კოლექტორებად მიჩნეულია ქვედაეოცენური ქვიშაქვები (ღია ფორიანობა – 0.2 — 9.2 %), ზედაეოცენური ტერიგენული ნალექები (ღია ფორიანობა – 12.2%, შეღწევადობა –11.6 მდ.) და მაიკოპური ქვიშაქვები (ღია ფორიანობა – 17.7%, შეღწევადობა –122 მდ). ნაპრალოგენ კოლექტორებად მიიჩნევა ცარცული ვულკანოგენურ-დანალექი (ღია ფორიანობა – 10.2%) და კარბონატული ქანები (0.1-8.2%, შეღწევადობა - 35 მდ) და შუა ეოცენური ვულკანოგენურ-დანალექი კომპლექსი (ღია ფორიანობა – 10.7%, შეღწევადობა – 0.3 მდ.). რეზერვუარების გადამხურავის როლს უნდა ასრულებდნენ პალეოცენური თიხა-მერგელები, ზედაეოცენის ქვედა ნაწილი (ნავთლუდის წყება) და მაიკოპურის ზედა ნაწილის თიხიანი დასტები.

## **თავი 5. მეთოდოლოგია**

კვლევები ჩატარდა შემდეგი თანმიმდევრობით: (1) სეისმოპროფილების ინტერპრეტაცია, (2) ინტერპრეტირებულ სეისმოპროფილებზე დაყრდნობით სტრუქტურული ჭრილების აგება, (3) სამგანზომილებიანი სტრუქტურული მოდელების აგება და (4) ნაპრალთა სტატისტიკური ანალიზი. სეისმოპროფილების ინტერპრეტაციის, სამგანზომილებიანი

სტრუქტურული მოდელის აგების და ნაპრალთა სტატისტიკური ანალიზისათვის გამოყენებული იყო **MOVE** სპეციალური პროგრამა სტრუქტურული გეოლოგიისთვის. პროგრამაში, ალგორითმების სახით შეტანილი და ინტეგრირებულია ნაპრალთა ორიენტაციის, სტატისტიკური ანალიზის და რღვევებთან დაკავშირებული ნაოჭების თეორიის ძირითადი პრინციპები - მეთოდები.

**5.1 რღვევებთან დაკავშირებული ნაოჭების თეორია.** როგორც სეისმური პროფილების ინტერპრეტაციისათვის, ასევე სტრუქტურული ჭრილების აგებისათვის, ფართოდ გამოიყენება რღვევებთან დაკავშირებული ნაოჭების თეორია (Shaw et al., 2006; Suppe, 1983, Suppe, Medwedeff, 1990). ეს თეორია დაფუძნებულია სტრუქტურების რაოდენობრივ გეომეტრიულ მოდელირებაზე. ძირითადი სტრუქტურები, რომლებიც რღვევასთან დაკავშირებულ ნაოჭებთან ასოცირდება, შემდეგია: შეცოცებითი სისტემები, დუპლექსები, სტრუქტურული სოლები და სამკუთხა ზონები. როგორც ცნობილია ეს სტრუქტურები ძირითადად ქმნიან მძლავრ ნახშირწყალბადების დამჭერებს ნაოჭა-შეცოცებით სარტყლებში (Shaw et al., 2005). ნაოჭა-შეცოცებით სარტყლებში 3 ტიპის ნაოჭებს გამოყოფენ: მოწყვეტის, რღვევა-გალუნულ და რღვევა-გავრცელებად ნაოჭებს (Suppe, 1983; 1985; Suppe et al., 1992; Mitra, Namson, 1989; Jamison, 1987). პირველი ტიპის ნაოჭები ძირითადად დაკავშირებულია და განვითარებულია პლასტიურ შრეებში (ევაპორიტები, თიხები და ა. შ.). მოწყვეტის ზედაპირები შრეებრიობის პარალელურია და მის ზევით ან დაბოლოებაზე ვითარდება ნაოჭი. შეცოცებების ფუნდამენტური თავისებურებაა მათი საფეხურებრივი ტრაექტორია. განსხვავებით მოწყვეტის ნაოჭებისაგან, რღვევა-გავრცელებადი და რღვევა-გალუნული ნაოჭებისათვის დამახასიათებელია შრეებრიობის პარალელური და ირიბი (რამპი) სეგმენტები. გეოლოგიურ ლიტერატურაში ისინი ცნობილია რამპანტიკლინის სახელწოდებით. მისთვის დამახასიათებელია ძირითადად ასიმეტრიული აგებულება - წინა ფრთა უფრო ციცაბოა, ვიდრე



უკანა. თუმცა, ნაოჭა-შეცოცებით სარტყლებში ვხვდებით სიმეტრიულ რღვევა-გავრცელებად ნაოჭებსაც (Mitra, 1990). უკანა ფრთის დახრის კუთხე რამპის (ირიბი სეგმენტი) პარალელურია. რღვევა-გავრცელებად ნაოჭებში, ნაოჭის ფორმირების ხარჯზე რამპის დაბოლოებაზე შეცოცების გადაადგილების ამპლიტუდა 0-ს ტოლია (Suppe, 1985). თუმცა არჩევენ მეორე გენერაციის რღვევა-გავრცელებად ნაოჭებს (Mitra, 1990; Suppe, 1985; Shaw et al., 2005), რომლებშიც რამპის დაბოლოებიდან ან რამპის ბოლოდან შრეებრიობის პარალელურად ვითარდება რღვევა და მასზე ხდება მოძრაობა. რღვევა-გალუნული ნაოჭისთვის დამახასიათებელია შრეებრიობის პარალელური-ირიბი-შრეებრიობის პარალელური სეგმენტები. მათზე მექანიკურად გადაადგილდება ზედა ბაგე და რამპის თავზე განიცდის გაღუნვას. რღვევა-გალუნულ ნაოჭებში, ისევე როგორც რღვევა-გავრცელებად ნაოჭებში უკანა ფრთის დახრის კუთხე რამპის დახრის კუთხის პარალელურია. წინა ფრთის დახრის კუთხე კი ყოველთვის რამპის კუთხეზე მეტია (Suppe, 1983). რამპანტიკლინებში რღვევის და ნაოჭების ფორმირება სინქრონულია (Suppe, 1983; 1985). თანამედროვე გეოლოგიურ ლიტერატურაში ასევე გამოიყენება ტერმინები მზარდი ნაოჭები და მზარდი ნალექები. ეს ტერმინები ერთმანეთის სინონიმებია. მზარდი ნალექები იგივე სინტექტონიკური ნალექებია. მზარდი ანტიკლინების (მოწყვეტის ნაოჭები, რამპანტიკლინები) თალურ ნაწილებში მზარდი ნალექების სიმძლავრე მცირდება და მათი გეომეტრია ძირითადად დაკავშირებულია ნაოჭების კინემატიკასა და ნალექდაგროვების ტემპების ურთიერთდამოკიდებულებაზე (Shaw et al., 2006).

ბოიერის და ელიოტის მიერ (Bayer, Elliot, 1982) შეცოცებით სისტემებში გამოყოფილია შეცოცებების ორი ტიპი: ქერცლოვანი მარაო და დუპლექსები. ქერცლოვანი მარაო, ისევე როგორც დუპლექსები, წარმოდგენილია შეცოცებების სერიით. დუპლექსები წარმოდგენილია, როგორც რღვევა-გავრცელებადი, ასევე რღვევა-გალუნული ნაოჭების მორიგეობით (Bayer, Elliot, 1982; Mitra, 1990; McClay, 1992). ხშირად ნაოჭა-

შეცოცებით სარტყლების ფრონტულ ნაწილებში, შეცოცებების ვერგენტულობა საწინამდდეგოდ იცვლება და ცნობილია სამკუთხა ზონის სახელწოდებით (Price, 1986). სამკუთხა ზონების ძირითადი ელემენტია დუპლექსები (ან სოლი), რომელიც ქვევიდან შემოსაზღვრულია მოწყვეტის ზედაპირით, ხოლო ზემოდან შებრუნებული, ზურგის შეცოცებით. სოლი ხშირ შემთხვევაში წარმოდგენილია დუპლექსების ერთობლიობით. სამკუთხედი ზონების მთავარი თავისებურება ისაა, რომ დეფორმაციის ფრონტულ ნაწილებში მოწყვეტის ზედაპირი და ზურგის შეცოცება ერთიანდება და მათი გადაკვეთის წერტილში ჰორიზონტალური გადაადგილება ნულის ტოლია (Price, 1986). ზურგის შეცოცებას სამკუთხა ზონებში პასიურ ზურგის შეცოცებასაც უწოდებენ (Banks, Warbunan, 1986). სოლისებური სტრუქტურები და მათი ფორმირების მექანიზმები დადგენილია ბევრ ნაოჭა-შეცოცებით სისტემაში (Jadoon et al., 1994; McClay, 1992; Morley 1986; Vann et al., 1986 და სხვა) და მათ შორის კავკასიის ფარგლებშიც (Alania, 1998; Alania et al., 2001; Banks et al 1997; Sobornov, 1995, 1996).

**5.2 ნაპრაღთა ტიპები და ნაპრაღი-ნაოჭის ურთიერთდამოკიდებულების კონცეპტუალური მოდელები.** ბოლო წლებში მნიშვნელოვანი კვლევებია ჩატარებული ნაოჭების და ნაპრაღების ურთიერთკავშირზე (მაგ. Price, 1966; Stearns, 1969; Watkins et al., 2018). ნაოჭი-ნაპრაღის ურთიერთდამოკიდებულება ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი საკითხია თანამედროვე სტრუქტურულ გეოლოგიაში (მაგ. Bergbauer & Pollard, 2004; Fischer & Wilkerson, 2000; Johnson & Johnson, 2002; Savage and Cooke, 2004; Watkins et al., 2018). გასული საუკუნის 60-70 წლებში შეიქმნა ნაოჭი-ნაპრაღის ურთიერთდამოკიდებულების კონცეპტუალური მოდელები (Friedman, 1969; Price, 1966; Stearns & Friedman, 1972). ადრინდელი მოდელები არ ითვალისწინებდა ნაოჭის კინემატიკას და მასთან დაკავშირებულ ნაპრაღთა ევოლუციას. ბოლო წლებში მნიშვნელოვნად შეიცვალა წარმოდგენები ნაოჭი-ნაპრაღის ურთიერთდამოკიდებულებაზე

და მიჩნეულია, რომ დროში ნაპრაღთა ფორმირება და განვითარება ძირითადად დაკავშირებულია ნაოჭა-შეცოცებით სარტყლებში ნაოჭის თანმიმდევრულ კინემატიკურ ევოლუციასთან (მაგ. Bellahsen et al., 2006; Watkins et al., 2018). არჩევენ ნაპრაღთა შემდეგ ტიპებს: ჭიმვითი (extensional, tensional) და ირიბი (shear). როგორც წესი ჭიმვითი ნაპრაღები ღია ნაპრაღებია და ამოვსებულია მინერალებით. მსგავს ნაპრაღებში დაიკვირვება ამოვსებული მინერალების რამდენიმე გენერაცია. ნაოჭი-ნაპრაღის ურთიერთდამოკიდებულების შეფასებისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ნაოჭების ტიპების დადგენას. უოტკინსმა და სხვ. (2018) განავითარეს ნაოჭებთან დაკავშირებული ნაპრაღების კონცეპტუალური მოდელები, რომლებიც გვიჩვენებს, რომ ნაოჭების გეომეტრია და კინემატიკა უმნიშვნელოვანესი ფაქტორია და აკონტროლებენ ნაპრაღების სხვადასხვა ტიპების ფორმირებას. ზოგადად ნაოჭებთან დაკავშირებული ნაპრაღების ფორმირება და მათი სივრცობრივი გავრცელება ძირითადად დაკავშირებულია ნაოჭის ფორმირების ტიპთან და მის კინემატიკასთან (Bergbauer & Pollard, 2004; Watkins et al. 2018). უოტკინსმა და სხვ. (2018) აჩვენეს, რომ ნაპრაღთა ინტენსივობა მატულობს ნაოჭების გაღუნვის არეალებში. ნაპრაღთა ინტენსივობა მკაცრად დამოკიდებულია მრავალშრიანი წყებების ამგები ქანების მექანიკურ თვისებებთან (Bergbauer & Pollard, 2004; Fischer & Wilkerson, 2000; Johnson & Johnson, 2002; Savage and Cooke, 2004). სხვადასხვა ავტორების მიერ აღწერილია ნაპრაღთა სისტემები, რომლებშიც ადრეულ სტადიაზე წარმოქმნილი ნაპრაღები, ნაოჭების განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე განიცდიან ხელმეორედ გახსნას (მაგ. Bellahsen et al., 2006).

## **თავი 6. სეისმური პროფილების ინტერპრეტაციის შედეგები**

2017-2020 წწ. საველე-გეოლოგიური სამუშაოები ჩატარდა, როგორც სეისმური ხაზების გასწვრივ, ასევე მთლიანად საკვლევ ტერიტორიის ფარგლებში. საველე სამუშაოების ძირითადი მიზანი იყო სტრატეგრაფიული ჰორიზონტების, შრეებრიობის, რღვევების და ნაოჭების

გეომეტრიის დადგენა. სეისმოპროფილების სტრუქტურული ინტერპრეტაციისას გამოყენებული იყო არსებული ჭაბურღილების მონაცემები. ახალი სეისმური პროფილები მკაფიოდ გვიჩვენებს, რომ საკვლევი ტერიტორიის აგებულება და დეფორმაციის სტრუქტურული სტილი ფუნდამენტურად განსხვავდება არსებული მოდელისაგან. დეფორმაციის სტრუქტურული სტილის გათვალისწინებით, აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ფრონტულ ნაწილში განლაგებული სეისმოპროფილებში გამოიყოფა ორი სეისმოსტრუქტურული კომპლექსი: ზედა და ქვედა. ჭაბურღილების, ზედაპირული გეოლოგიური მონაცემების და სეისმოსტრატиграფიულმა კორელაციამ საშუალება მოგვცა განგვესაზღვრა თუ რომელი ლითო-სტრატиграფიული დანაწილება შეესაბამება, ამა თუ იმ სეისმოსტრუქტურულ კომპლექსს.

კომბინირებული (გაერთიანებული) სეისმოპროფილი (მაგ. A-A'), რომელიც გადის აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ფრონტულ და მტკვრის ფორლანდის სამხრეთ ნაწილებზე გვიჩვენებს ამ მონაკვეთების სიღრმულ აგებულებას. აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ფრონტულ ნაწილში დაიკვირვება ორი სეისმოსტრუქტურული კომპლექსი. ზედა კომპლექსი წარმოდგენილია ჩრდილო-ვერგენტული შეცოცებებით და რღვევებთან დაკავშირებული ჩრდილო-ვერგენტული ნაოჭებით. ზედა კომპლექსის დაბოლოებაზე განვითარებულია ზედაპირული სამკუთხა ზონა რომელიც აგებულია სარმატული ნალექებით. ქვედა სეისმოსტრუქტურული კომპლექსი წარმოდგენილია ჩრდილო-ვერგენტული დუპლექსებით და ძირითადად აგებულია იურული და ცარცული ასაკის ქანებით. მტკვრის ფორლანდის სამხრეთ ნაწილი წარმოდგენილია სამხრეთ-ვერგენტული შეცოცებებით და აგებულია ზედამიოცენური ნალექებით. სოფ. ძეგვის მიდამოებში გამავალი სეისმური პროფილი (A-B) გვიჩვენებს ზედა და ქვედა სეისმოსტრუქტურული სტრუქტურული კომპლექსების არსებობას. სეისმური პროფილიდან ჩანს, რომ სტრუქტურები ძირითადად წარმოდგენილია ჩრდილო და სამხრეთ-ვერგენტული შეცოცებებით,

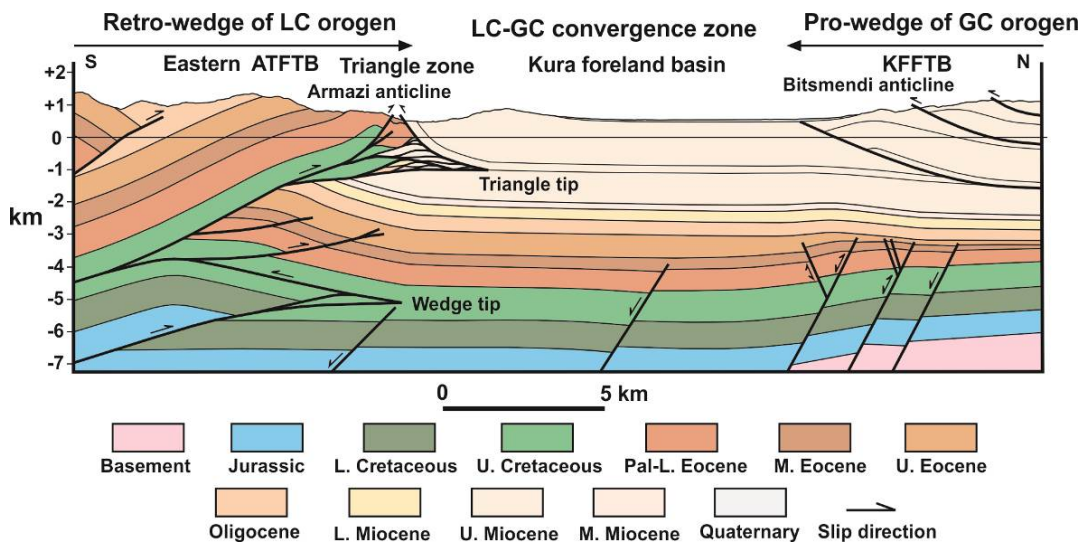
ჩრდილო-ვერგენტული დუბლექსებით და სტრუქტურული სოლით. ზედა სეისმოსტრუქტურული კომპლექსი წარმოდგენილია სამკუთხა ზონით და მისი დაბოლოება განლაგებულია მიოცენურ ნალექებში. ქვედა სეისმოსტრუქტურული კომპლექსი წარმოდგენილია სტრუქტურული სოლით, ხოლო მისი დაბოლოება განლაგებულია ზედაცარცულ ნალექებში. სეისმური პროფილი გვიჩვენებს, რომ არმაზის ანტიკლინი ტიპიური რღვევა-გავრცელებადი ნაოჭია და განვითარებულია ტექტონიკური ზეწრის თავზე.

11-ე სეისმოპროფილი გვიჩვენებს საკვლევი ტერიტორიის უკიდურესი აღმოსავლეთი ნაწილის აგებულებას. პროფილზე კარგად დაიკვირვება ლისის ანტიკლინის და ორმოიანის სინკლინის გეომეტრია. მსგავსად სხვა პროფილებისა, აქაც შესამჩნევია ზედა და ქვედა სეისმოსტრუქტურების არსებობა.

საინტერესო სურათი დაიკვირვება აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ფრონტული ნაწილის ჩრდილოეთით, მტკვრის ფორლანდური აუზის ფარგლებში. მტკვრის ფორლანდის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყლის ფრონტული ნაწილი წარმოდგენილია ბიწმენდის ანტიკლინით. ანტიკლინი განვითარებულია ძირითადი მოწყვეტის ზედაპირის თავზე, ხოლო შეცოცება წარმოადგენდა ბიწმენდის ანტიკლინის წარმომქმნელი რღვევა-გავრცელებადი დანაოჭების მთავარ მაკონტროლებელ ფაქტორს. ბიწმენდის რღვევა-გავრცელებადი ნაოჭი აგებულია ზედამიოცენური ნალექებით და მისთვის დამახასიათებელია ასიმეტრიული აგებულება. ბიწმენდის ანტიკლინის და მტკვრის ფორლანდური აუზის ქვევით კარგად დაიკვირვება ნასხლეტები, რომელთა ნაწილმა კუმშვითი დეფორმაციის სტადიაზე განიცადეს რე-აქტივირება. სეისმური პროფილის (C-D) სამხრეთ ნაწილში, ზედამიოცენურ (მეოტის-პონტი) ნალექებში კარგადაა გამოხატული მზარდი ნალექების გეომეტრია.

## **თავი 7. ორი და სამგანზომილებიანი სტრუქტურული მოდელები**

დღემდე არსებული სტრუქტურული მოდელები ერთმანეთისაგან მნიშვნელოვნად განსხვავდება. მკვლევართა ერთი ჯგუფის მიხედვით აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყელის ფრონტული ნაწილი გადაფარულია სამხრეთ-ვერგენტული შეცოცებით, რომელიც დინამიურ კავშირშია კავკასიონის მასების ჩრდილოეთიდან სამხრეთი მიმართულებით გადაადგილებასთან (Bashelishvili, 1985; Gamkrelidze 1976; Papava 1967; Sokhadze et al., 2018). მეორე ჯგუფის მიხედვით კი ფრონტული ნაწილი წარმოდგენილია სამკუთხა ზონით და სამხრეთ ვერგენტული შეცოცება წარმოადგენს “პასიური ზურგის შეცოცებას“. მისი ფორმირება სამკუთხა ზონის ფარგლებში დაკავშირებულია სამხრეთიდან ჩრდილოეთი მიმართულებით გადაადგილებულ დუბლექსებთან (Alania, 1998; Alania et al., 2017a,b, 2020b, 2021; Banks et al., 1997; Enukidze et al., 2019a,b,c; Sosson et al., 2013).

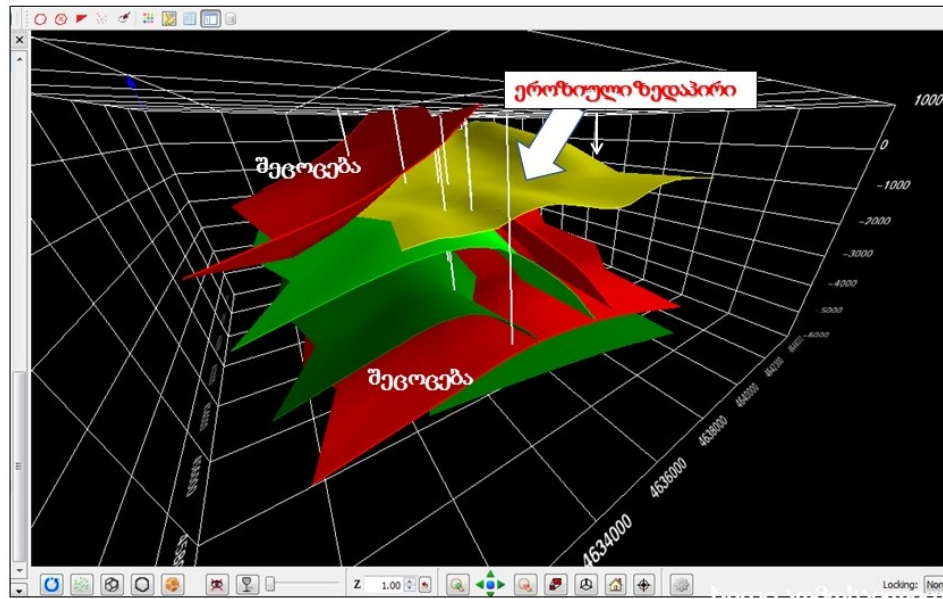


**ნახაზი 2.** სტრუქტურული ჭრილი B-B' (Alania, Beridze, Enukidze et al., 2021). აბრევიატურა: GC-კავკასიონი; LC-მცირე კავკასიონი; ATFTB-აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყელი; KFFTB-მტკვრის ფორლანდის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყელი.

ინტერპრეტირებული სეისმოპროფილების, ზედაპირული გეოლოგიის და ბურღილების მონაცემებზე დაყრდნობით აგებულია სამი რეგიონული

სტრუქტურული ჭრილი. სტრუქტურული ჭრილებზე დაყრდნობით შესაძლებელია დეფორმაციის სტრუქტურული სტილის დადგენა. აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ფრონტული ნაწილის უკიდურესი ჩრდილოეთი ნაწილი წარმოდგენილია ზედაპირული სამკუთხა ზონით, ხოლო მტკვრის ფორლანდის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყლის ფრონტული ნაწილი კი წარმოდგენილია ბიწმენდის ანტიკლინით. სამკუთხა ზონას და ბიწმენდის ანტიკლინს შორის განლაგებულია მტკვრის ფორლანდური აუზი (ნახ. 2). ბიწმენდის ანტიკლინის მაკონტროლირებელი სამხრეთ-ვერგენტული შეცოცება ზედაპირზე არ გამოდის და გადაფარულია მეოთხეული ნალექებით.

პარალელურად განლაგებულმა სეისმოპროფილებმა, როგორც აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყლის, ასევე მტკვრის ფორლანდის ფარგლებში საშუალება მოგვცა აგვეგო რეალობასთან მიახლოებული სამგანზომილებიანი სტრუქტურული მოდელები. ინტერპრეტირებული სეისმოპროფილებიდან მოვახდინეთ გამოყოფილი ჰორიზონტების, რღვევების და შეცოცებების სიბრტყეების ინტერპოლაცია და მათი შეერთება. მე-3 ნახაზზე ნაჩვენებია კავთისხევის ფართობის სამგანზომილებიანი სტრუქტურული მოდელი. ქვედა სტრუქტურული კომპლექსის თავზე განვითარებულია ეროზიული ზედაპირი და მას უთანხმოდ ადევს ზედამიოცენური (სარმატული ნალექები). მტკვრის ფორლანდის სამხრეთ ნაწილზე მდებარე პარალელური სეისმური პროფილების გამოყენებით ავაგეთ სამგანზომილებიანი სტრუქტურული მოდელი (ნახ. 4). გამოიყო ხუთი ჰორიზონტი (ზედაეოცენის, ოლიგოცენის, ქვედამიოცენის, შუამიოცენის და ზედამიოცენის სახურავები), სამი სამხრეთ-ვერგენტული შეცოცება ( $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ) და ნაწევი ( $F_4$ ). ბიწმენდის ანტიკლინის უკანა ფრთის დახრის კუთხე ძალზედ ირიბია ( $8^\circ-3^\circ$ ), ხოლო წინა ფრთა შედარებით ციცაბოა ( $13^\circ-11^\circ$ ).



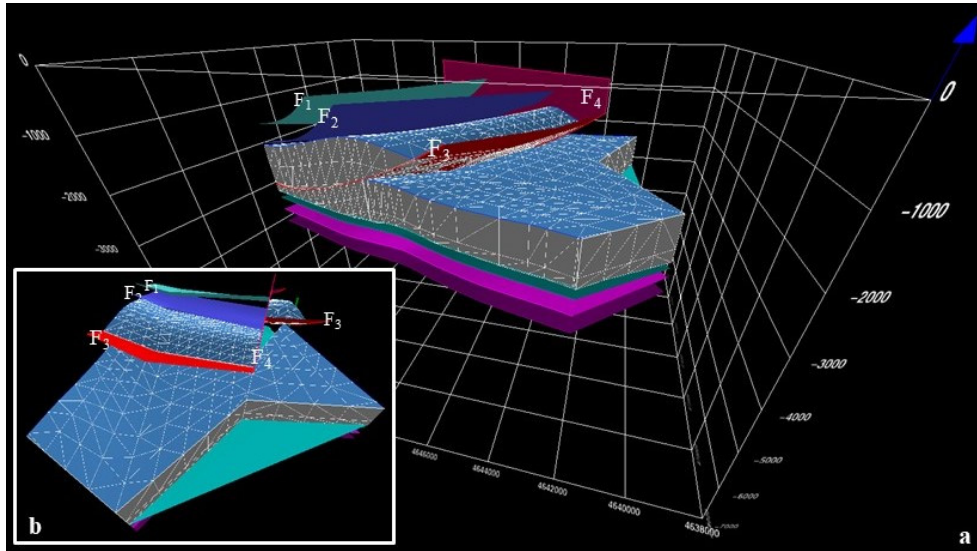
ნახაზი 3. კავთისხევის ფართობის სამგანზომილებიანი სტრუქტურული მოდელი.

სოფ. ოკამის მახლობლად, დევისის (აშშ) და ილიაუნის უნივერსიტეტის თანამშრომლების მიერ დადგენილი იყო პალეოსეისმური დისლოკაცია, რომლის ყველაზე ახალგაზრდა ასაკი დაახლოებით 5000 წელია (Boichenko et al., 2016). გამოთქმულია მოსაზრება, რომ ეს პალეოსეისმოდისლოკაცია დაკავშირებულია ბიწმენდის შეცოცების დასავლეთ სეგმენტთან და წარმოადგენს სეისმურად აქტიურ სტრუქტურას (Alania et al., 2020a).

მსგავსად კავკასიონისა, მცირე კავკასიონიც ორმაგი სოლის (ბივერგენტული) ოროგენია (Alania et al., 2019, 2021). კავკასიონის პრო-სოლის ფრონტული (ან დეფორმაციის ფრონტი) ნაწილი წარმოდგენილია ბიწმენდის რღვევა-გავრცელებადი ნაოჭით, ხოლო მცირე კავკასიონის რეტრო-სოლის ფრონტული ნაწილი კი სამკუთხა ზონით, რომელთა შორის განლაგებულია მტკვრის ფორლანდის აუზი. მტკვრის აუზი, რომელიც ოლიგოცენ-ადრემიოცენურ დროში ვითარდებოდა როგორც ფორლანდური აუზი ნაოჭა-შეცოცებით სარტყელად ჩამოყალიბდა შუამიოცენ-პლეისტოცენურ დროში (Alania et al., 2008, 2017a, 2018b) და მისი ნაწილი,



რომელიც არაა ჩართული დეფორმაციაში განლაგებულია მცირე კავკასიონის და კავკასიონის ოროგენებს შორის.



**ნახაზი 4.** ბიწმენდის ანტიკლინის სამგანზომილებიანი სტრუქტურული მოდელი (Alania, Enukidze et al., 2020a). (a) ხედი დასავლეთიდან, (b) ხედი სამხრეთიდან.

ზედაპირულ გამიშვლებებში და სეისმოპროფილებში, მზარდი (ან სინტექტონიკური) ნალექების გეომეტრიის და ასაკების გათვალისწინებით, ასევე ახალი ტრეკული მონაცემების გათვალისწინებით (Gusmeo et al., 2021) აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყლის ფრონტულ ნაწილში და მტკვრის ფორლანდის აუზში კუმშვითი დეფორმაცია დაიწყო შუა-გვიანმიოცენიდან და მაქსიმალურ პიკს მიაღწია პლიოცენის დასაწყისში (Alania et al., 2017a,c, 2021).

**თავი 8. პოტენციური კოლექტორების ნაპრალოთა სისტემები, მათი სტატისტიკური ანალიზი და პერსპექტიული სტრუქტურული დამჭერები**

ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყლების ფრონტული ნაწილები, ხშირ შემთხვევაში ნახშირწყალბადების დაგროვების მნიშვნელოვან არეალს წარმოადგენენ. (Jones, 1998). მსგავსი სურათი დაიკვირვება აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყელის ფრონტულ ნაწილში (ძეგვი-კავთისხევის ფართობი) სადაც სტრუქტურულ და პარამეტრულ ჭებში, მესამეული და

ცარცული ასაკის კომპლექსებში დადგენილია ნავთობისა და გაზის გამოვლინებები (Robinson et a., 1997). ძეგვი-კავთისხევის ფართობის ფარგლებში დაიკვირვება ის სამი ძირითადი წინაპირობა, რომელთაგანაც დაკავშირებული უნდა იყოს მომავალში კომერციული ნავთობის და გაზის ბუდობების აღმოჩენა: (1) ნავთობმზადი ქანები, (2) რეზერვუარი და (3) სტრუქტურული დამჭერი. ნავთობმზად ქანებად მიჩნეულია ზედაეოცენური და ოლიგოცენ-ქვედამიოცენური (მაიკოპური) ასაკის თიხაფიქლები (Robinson et a., 1997). რეზერვუარის ქანები ძირითადად წარმოდგენილია ქვედაცარცული და შუაეოცენური, ინტენსიურად დანაპრალიანებული ვულკანოგენურ-დანალექი ქანებით (Robinson et a., 1997). რაც შეეხება მე-3 წინაპირობას, სტრუქტურულ დამჭერებს, ცნობილია, რომ ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყლების ფარგლებში ყველაზე კარგ სტრუქტურულ დამჭერად მიჩნეულია სამკუთხა ზონები (Jones, 1998).

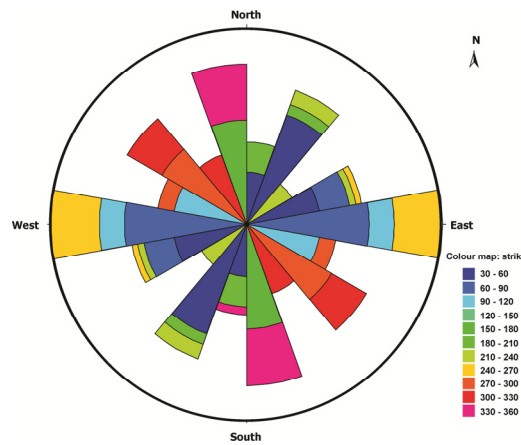
ნახშირწყალბადების ბუდობების შეფასების ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორი პოტენციური რეზერვუარის კოლექტორული თვისებებია. საკვლევ რაიონში, ძირითად რეზერვუარებად მიჩნეულია შუაეოცენური ვულკანოგენურ-დანალექი და ცარცული კარბონატული ქანები. ასეთი ტიპის ნალექები განიხილება როგორც ნაპრალოვან-ფოროვანი კოლექტორები, სადაც ძირითადი აქცენტი ნაპრალთა სისტემების ანალიზზე კეთდება. ნაპრალოვნების შესწავლისას მთავარი ფაქტორი ტექტონიკური რეჟიმია, რომელიც განსაზღვრავს ნაოჭების და ნაპრალების ურთიერთკავშირს. საკვლევ რაიონში გარკვეული სამუშაოებია ჩატარებული ნაპრალთა სისტემებისა და მათი გახსნის ხარისხის შეფასებისათვის (კიტოვანი, 1970; შარიქაძე და სხვ. 2015), რომლის მიზანი პოტენციური რეზერვუარების კოლექტორული თვისებების შეფასება იყო. შ. კიტოვანი (1970) და მ. შარიქაძე და სხვ. (2015) აღნიშნავენ ნაპრალთა ორ ძირითად ტიპს: პირველი კვეთს მრავალ შრეს, დასტას და გახსნის დიდი დიაპაზონით ხასიათდება, მეორე - ძირითადად ერთი შრის ფარგლებშია მოქცეული, შრის სისქის პროპორციული სიხშირის ქსელს ქმნის (სქელ

შრეებში ნაკლებია, თხელში - მეტი) და დიდი ნაწილი ამოვსებულია მინერალებით (ძირითადად კალციტი) (კიტოვანი, 1970; შარიქაძე და სხვ., 2015). ასევე, ყურადღებაა გამახვილებული ნაპრალოთა ინტენსივობის კავშირზე დეფორმაციასთან და აღნიშნულია ნაოჭების გაღუნვის და რღვევის ზონის სიახლოვეს მათი რაოდენობის და მინერალური შემადგენლის მატების შესახებ.

ნაპრალოთა სისტემების ანალიზისთვის, ჩვენს მიერ ჩატარდა კვლევები სხვადასხვა სტრატეგრაფიული ერთეულებისთვის. ჩატარებულმა სამუშაოებმა დაგვანახა რომ, ძირითადად 3-4 მიმართულების ნაპრალებია განვითარებული და მეტ-ნაკლებად წინამორბედი მკვლევარების მონაცემების მსგავსია. ნაპრალების უმეტესობა (დაახლოებით 60-80 %) ამოვსებულია კალციტის ძარღვებით, რომელთა აპერტურა (ძარღვების სისქე) მერყეობს 0.5 მმ დან 1.5-2 სმ მდე. ხშირად, ძარღვებში შეინიშნება მინერალების გენერაციის 2 ან 3 (იშვიათად მეტი) სტადია, რაც მრავალჯერადი გახსნა-გააქტიურების და ფლუიდების მოძრაობის მაჩვენებელია. ჭიმვითი ნაპრალები (J2) სტრესის ვექტორის პარალელურად და მართობულად ვითარდება და როგორც წესი ღია ტიპის ნაპრალებს წარმოადგენენ, რომლებიც ხშირად ამოვსებულია მინერალებით. ამ ტიპის ნაპრალები, როგორც წესი მრავალი შრის, ან დასტის ფარგლებში გაიდევნება, ვერტიკალურ კავშირებს ქმნის და ხშირად მასთანაა დაკავშირებულია ე. წ. „ნაპრალოთა კორიდორების“ განვითარება, რომელიც ფლუიდების მოძრაობის ძირითად არხებს წარმოადგენს (Souque et al., 2019). ირიბი ნაპრალები, ნაოჭის განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე წარმოიქმნება და როგორც წესი ლოკალური გავრცელება აქვს ერთი ან რამდენიმე შრის ფარგლებში. ამ ტიპის ნაპრალებში ნაკლებად შეინიშნება ფლუიდების მოძრაობის კვალი და ძირითადად დახურული ტიპის ნაპრალებად მიიჩნევა.

ცარცულ, ქვედა და შუაეოცენურ ნალექებში კარგად დაიკვირვება ნაპრალოთა სისტემების ვერტიკალური კავშირები. მცირე სისქის

შრეებისათვის ნაპრაღთა ინტენსივობა 1<sup>2</sup> მეტრში დაახლოებით 5 დან 30 მდეა, ხოლო რაც უფრო იზრდება შრის სისქე ნაპრაღთა ინტენსივობა უფრო კლებუღობს. ნაპრაღთა სისტემების კვლევა ჩატარდა ზედაცარცული, პალეოცენ-ქვედაეოცენური და შუაეოცენური ნალექებისათვის. ნაშრომში, ანალიზის შედეგები წარმოდგენიღია როგორც ცალკეული სტრატეგრფიული ერთეუღისთვის, ისე განზოგადებულად საკვლევი რაიონისათვის (ნახ. 5).



**ნახაზი 5.** ნაპრაღთა მიმართებების ვარდის დიაგრამა ყველა სტრატეგრფიული ერთეუღისთვის.

სტრუქტურული ჭრიღების და პოტენციური კოლექტორების მონაცემების გათვალისწინებით, საკვლევი ტერიტორიის ფარგღებში შეიძლება გამოიყოს შემდეგი სტრუქტურული დამჭერები: რამპანტიკლინები (რღვევა-გაღუნული და რღვევაგავრცეღებადი ნაოჭები)-კავთისხევის ფართობი, (2) სამკუთხა ზონა, რომღის ფარგღებში განვითარებულია დუბღექსები (ზედა სტრუქტურული კომპღექსი)-მცხეთის ფართობი, (3) სტრუქტურული სოღები (ქვედა სტრუქტურული კომპღექსი)-კავთისხევის და მცხეთის ფართობები და (4) მონოკლინი-ძეგვის ფართობი. რამპანტიკლინები ძირითადად წარმოდგენიღია ზედა და ქვედა ცარცით. სამკუთხა ზონის დუბღექსები ოღიგოცენ-ქვედა მიოცენური ქვიშაქვებითაა წარმოდგენიღი. კავთისხევის ფართობზე სტრუქტურული სოღის აგებუღებაში მონაწიღეობს ქვედაცარცული ვულკანოგენური ნალექები, ხოლო მცხეთის ფართობზე კი შუაეოცენური

ვულკანოგენური ქანები. მონოკლინური სტრუქტურა ძეგვის ფართობზე, რომელიც მდებარეობს ზედაპირული სამკუთხა ზონის ქვეშ, აგებულია პალეოგენური ვულკანოგენური ქანებით და ქვედამიოცენური ქვიშაქვებით.

## დასკვნები

შედეგები, რომლებიც მივიღეთ სეისმური პროფილების სტრუქტურული ინტერპრეტაციის, ორ და სამგანზომილებიანი სტრუქტურულ მოდელებზე დაყრდნობით, საშუალებას გვაძლევს სათანადოდ ვუპასუხოთ დასახულ მიზნებსა და ამოცანებს:

- სეისმური პროფილების ინტერპრეტაციის საფუძველზე აგებული სტრუქტურული მოდელები გვიჩვენებს, რომ აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყლის ფარგლებში კარგად დაიკვირვება ზედა და ქვედა სტრუქტურული კომპლექსების არსებობა.
- სტრუქტურები წარმოდგენილია ჩრდილო და სამხრეთ-ვერგენტული შეცოცებებით, რღვევებთან დაკავშირებული ჩრდილო და სამხრეთ-ვერგენტული ნაოჭებით, ჩრდილო-ვერგენტული დუბლექსებით და სტრუქტურული სოლით.
- რღვევებთან დაკავშირებული ნაოჭები ძირითადად წარმოდგენილია რღვევა-გავრცელებადი ნაოჭებით.
- ზედა სტრუქტურული კომპლექსი წარმოდგენილია ზედაპირული სამკუთხა ზონით და მისი დაბოლოება განლაგებულია მიოცენურ ნალექებში.
- ქვედა სტრუქტურული კომპლექსი წარმოდგენილია სტრუქტურული სოლით და მისი დაბოლოება განლაგებულია ზედაცარცულ ნალექებში.
- სამკუთხა ზონა, სტრუქტურული სოლები, მონოკლინი და რამპანტიკლინები (რღვევა-გალუნული და ღღვევა-გავრცელებადი ნაოჭები) უნდა განვიხილოთ, როგორც ნახშირწყალბადების პერსპექტიული სტრუქტურული დამჭერები.

### გამოქვეყნებული შრომები:

1. ენუქიძე ო. (2021). აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-შეცოცებითი სარტყელის ფრონტული ნაწილის სტრუქტურული არქიტექტურა: მიმოხილვა. მიხეილ ნოდუას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ISSN 1512-1135, ტ. LXXII. გ. 57-68.
2. Alania, V., Beridze, M., **Enukidze, O.**, Chagelishvili, R., Lebanidze, Z., Maqadze, D., Razmadze, A., Sadradze, N., Tevzadze, N. (2021). The Geometry of the Two Orogens Convergence and Collision Zones in Central Georgia: New Data from Seismic Reflection Profiles. In: Bonali, F.L., et al. (Eds.), Building Knowledge for Geohazard Assessment and Management in the Caucasus and other Orogenic Regions, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, 73-88.
3. Alania, V., **Enukidze, O.**, Sadradze, N., Boichenko, G., Sadradze, G., Chabukiani, A., Kiria, T., Kvavadze, N., Gventsadze, A. (2020a). 3D Structural Model of the Bitsmendi Anticline Using Seismic Reflection Profiles, Georgia. Bull. Georg. Nat. Acad. Sci. 14 (1), 61-67.
4. Alania, V., Beridze, T., **Enukidze, O.**, et al. (2020b). Structure of frontal part of the eastern Achara-Trialeti fold-and-thrust belt using seismic profile, Georgia. Bull. Georg. Nat. Acad. Sci. 14 (2), 62-66.
5. Sosson, M., Stephenson, R., Adamia, Sh., Avagyan, A., Kangarli, T., Starostenko, V., Yegorova, T., Sheremet, Y., Barrier, E., Rolland, Y., Hässig, M., Candaux, Z., Alania, V., **Enukidze, O.**, Sadradze, N., Sahakyan, L., Galoyan, G., Vardanyan, S. (2019). The Eastern Black Sea and Caucasus Domain Origin and Its Tectonic Evolution: New Insights from Results of a Decade of Field Works and of Geophysical Research. In: The Structural Geology Contribution to the Africa-Eurasia Geology: Basement and Reservoir Structure, Ore Mineralisation and Tectonic Modelling, 303-305.
6. Alania V., Chabukiani A., **Enukidze O.**, Gogrichiani, K., Mikeladze Z., Tatishvili G. (2018a). Bitsminda Anticline: South Kura Foreland Fold and Thrust Belt, Georgia. Atlas of Structural Geological Interpretation on Seismic Images (Eds., M., Achyuta & M., Soumyajit), Published by Wiley Blackwell, 39-40.
7. Alania, V., **Enukidze, O.**, et al. (2018b). Structural geometry of active Kura foreland fold-and-thrust belt revealed by seismic reflection profiles. Geophysical Research Abstracts, 20, EGU2018-9864.
8. Alania, V., **Enukidze, O.**, et al. (2017c). Structural architecture of the northern part of Lesser Caucasus: An Eastern Achara-Trialeti fold and

thrust belt, Georgia. In: Fold and Thrust Belts: Structural style, evolution and exploration: 31 October - 02 November 2017, London, UK

9. **Enukidze O.** (2020). Structural model of frontal part of the eastern Achara-Trialeti fold-and-thrust belt using seismic profile interpretation. 6<sup>th</sup> International Scientific-Practical Conference on Up-to-Date Problems of Mining and Geology. Book of abstracts, Tbilisi, Georgia.
10. **Enukidze O.**, Alania V., Bluashvili D. (2019a). Potential structural play within frontal part of Eastern Achara-Trialeti fold-and-thrust belt, Georgia. 34th IAS Meeting of Sedimentology, Rome, Italy.
11. **Enukidze, O.**, Alania, V., Bluashvili, D., Chabukiani, A. (2019b). Structure of frontal part (Dzegvi-Kavtiskhevi area) of the eastern Achara-Trialeti fold-and-thrust belt, Georgia. Geophysical Research Abstracts, 21, EGU2019-7598-2.
12. Gusmeo, T., Cavazza, C., Alania, V., **Enukidze, O.**, Zattin, M., Corrado, S. (2021). Structural inversion of back-arc basins--the Neogene Adjara-Trialeti fold-and-thrust belt (SW Georgia) as a far-field effect of the Arabia-Eurasia collision. Tectonophysics, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2020.228702>

კვლევა განხორციელდა „შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით (გრანტი # PHDF-18-1967. „აღმოსავლეთ აჭარა-თრიალეთის ფრონტული ნაწილის 2 და 3 განზომილებიანი სტრუქტურული მოდელები და მათი გამოყენება ნახშირწყალბადების ძიებაში“).

## Abstract

Problematic issues on the geology of the frontal part of the Eastern Achara-Trialeti are discussed in the thesis. Different opinions on the tectonic composition of the study area have existed so far. We offer new insights on the deep structure and structural style of the deformation of the frontal part of the Achara-Trialeti and adjacent Kura foreland. The research was based on the theory of fault-related folding: Structural interpretation of seismic profiles was carried out; 2D structural cross-sections and 3D model were created based on the surface-geological and drilling data and seismic interpretations. Special structural geology software – MOVE was used during the work.

The thesis consists of the introduction, 8 chapters, 4 sub-chapters and conclusions. In the introduction the importance of the investigated problem is substantiated. The aim, objectives, novelty of the research and the results obtained on the basis of the methodology used are performed as well.

The history of the geological study of the area and existing opinions are discussed in the first chapter. Tectonic setting and the structure of the study area characterized in the second chapter. The fact of the presence of two orogens – the Greater Caucasus and Lesser Caucasus convergence zone in the study area is emphasized. The data on the age of the deformation is introduced as well. The latter indicates that formation of the Achara-Trialeti as a fold-and-thrust belt started 14-10 Ma and compressional deformation reached its maximum in the beginning of Pliocene.

In the third chapter the geological setting of the study area is discussed. In the first sub-chapter stratigraphic units, their facial and lithological features and thicknesses are characterized. In the second sub-chapter main structural units of the study area are introduced which includes the description of their structure, folds, thrusts and etc.

Hydrocarbon potential of the study area is discussed in the fourth chapter. Surficial and subsurface occurrences are discussed. The data on hydrocarbons generation and the reservoirs favorable for their accumulation is introduced. Upper Eocene-Maykopian strata have been regarded as source rocks, but according to recent data some potential has been confirmed in the upper parts of the Middle Eocene. Reservoirs presented by fractured carbonate and volcanogenic-sedimentary rocks.

The research methodology is described in the fifth chapter which is subdivided into two parts. The theory of fault-related folding is discussed in the first part. The major structures associated with fault-related folds are: thrust systems, duplexes, structural wedges and triangle zones. The latter often represent the structural traps for hydrocarbons in fold-and-thrust belts. The fracture types and models of relationships between fractures and folds are discussed in the second part. The mechanism of fracture formation, development, relationships between them and opening mechanisms are explained.

In the sixth chapter presented results of seismic profiles interpretations.



New seismic profiles, wells and field data used in interpretations. The seismic profile reveals the presence of upper and lower structural complexes. Upper complex presented by triangle zone and composed by Miocene sediments. The lower complex is represented by north-vergent duplexes and is mainly constructed by the Jurassic and Cretaceous rocks. The southern part of the Kura foreland is represented by south-vergent thrusts and is built up by Upper Miocene deposits.

2 and 3-D structural models are discussed in the seventh chapter. Available at present structural models fairly differ from each other. One group of researchers regarded that the frontal part of Achara-Trialeti was covered by the south-vergent thrust related to the Greater Caucasus mass movement from the North to the South. According to another group the frontal part is represented by the triangle zone whose formation is related to the moved from the South to the North duplexes. As a result of investigations three regional structural cross-sections were constructed based on which the structural style of the deformation was established: the northernmost part of the eastern Achara-Trialeti is represented by the shallow triangle zone whereas the frontal part of the Kura foreland fold-and-thrust belt is represented by the Bitsmendi anticline. Like Greater Caucasus the Lesser Caucasus is the double wedge (bivergent) orogen. The frontal part of the Greater Caucasus pro-wedge (the deformation front) is represented by the Bitsmendi fault-propagation-fold and the frontal part of the Lesser Caucasus retro-wedge is represented by the triangle zone with the Kura foreland basin in-between them. The careful analysis of the available data and obtained results has revealed that in the frontal part of the eastern Achara-Trialeti fold-and-thrust belt and in the Kura foreland basin compressional deformation began in the middle-late Miocene and reached its maximum in the beginning of Pliocene.

The statistical analysis of the fracture systems in potential reservoir rocks is introduced in the eighth chapter. Available data is discussed and correlated with our recently obtained personal data. Mainly 3-4 key orientations of fractures have been distinguished. The fracture corridors which serve as main pathways from fluids movement are the subject of special interest. The results of fractures statistical analysis for each stratigraphic unit are performed. Besides, major types of structural traps respectively to different areas within the study region.

In conclusions main results of the research are introduced: 1. Existence of upper and lower structural complexes are well-defined within the eastern ATFTB; 2. Structures are mainly represented by the north- and south-vergent fault-related folds, north-vergent duplexes and the structural wedge; 3. Fault-related folds are mainly represented by fault-propagation folds; 4. The upper structural complex is represented by a shallow triangle zone and the triangle tip is located in middle Miocene deposits; 5. The lower structural complex is represented by a structural wedge and the wedge tip is located in the Upper Cretaceous strata; 6. The triangle zone, structural wedges, monocline and ramp anticlines (fault-bend and fault-propagation folds) should be considered as prospective structural traps for hydrocarbons.