

ზურაბ ლევანის ძე ამილახვარი

ეგზოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების გამოკვლევა საქართველოს  
ტერიტორიაზე ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით

სპეციალობით – 04.00.22 – გეოფიზიკა  
მყარი დედამიწის ფიზიკა

ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო  
ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი დისერტაცია

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: **პაპუნა მინდელი**  
ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი  
**გივი ჯაში**  
გეოლოგია-მინერალოგიის მეცნიერებათა  
კანდიდატი

თბილისი  
2006

## სარჩევი

### შესავალი.

**თავი I.** სტიქიური პროცესების ძირითადი განმსაზღვრელი ფაქტორები და გეოფიზიკური გამოკვლევების როლი ეგზოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების შესწავლის საქმეში.

**§1.1.** სტიქიური დამანგრეველი პროცესების ძირითადი განმსაზღვრელი ფაქტორები.

**§1.2.** ძიების გეოფიზიკური მეთოდების როლი ეგზოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების კვლევის საქმეში.

**თავი II.** სტიქიური პროცესების შესწავლის სამეცნიერო ბაზა საქართველოს ტერიტორიაზე და მისი დარაიონება ეგზოდინამიკური საშიშროებების მიხედვით.

**§2.1.** სტიქიურ-კატასტროფული პროცესების საშიშროების მდგომარეობა და მისი შესწავლის სამეცნიერო ბაზა საქართველოში.

**§2.2.** საქართველოს ტერიტორიის დარაიონება ეგზოდინამიკური და ეკოლოგიური საშიშროების მიხედვით.

**თავი III** საქართველოს ტერიტორიაზე ეგზოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების კვლევა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით.

**§3.1.** მეწყერული პროცესების შესწავლა საქართველოს ტერიტორიაზე ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით.

**§3.2.** ბუგეულის მეწყერის საინჟინრო გეოლოგიური პირობების გამოკვლევა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით.

**§3.3.** ჟომბა-გენდუშის ტერიტორიის საინჟინრო და ეგზოდინამიკური პირობების გამოკვლევა ძიების ელექტრომეტრული მეთოდებით.

**§3.4.** ღვარცოფული პროცესები საქართველოს ტერიტორიაზე.

**§3.5.** მდ. დურუჯის აუზში ღვარცოფული ნალექების სიმძლავრის და ფრაქციული დიფერენციაციის განსაზღვრა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით.

**§3.6.** მადნეულის მადნიანი ველის საინჟინრო-ჰიდროგეოლოგიური და ეკოლოგიური პირობების გამოკვლევა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით.

**§3.7.** მდინარე ფოლადაურის აუზში (ქვემო ბოლნისის ფარგლებში) ალუვიურ-ტბიური ნალექების საინჟინრო გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობების გამოკვლევა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით.

**§3.8.** დრუდოს მიწისქვეშა აუზის კარსტულ-ჰიდროგეოლოგიური პირობების გამოკვლევა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით.

**§3.9.** ჟინვალის მიწაყრილიან კაშხალზე ფილტრაციული მოვლენების გამოკვლევა ძიების ელექტრომეტრული მეთოდებით.

**თავი IV.** პოტენციალის განაწილება ჰორიზონტალური განლაგების მრავალფენოვანი დედამიწის ზედაპირზე.

### დასკვნები.

### ლიტერატურა.

## შესავალი

თანამედროვე ცივილიზაციის უმნიშვნელოვანეს ამოცანას წარმოადგენს ბუნებაში მიმდინარე საშიში პროცესების მართვის პრობლემა. მე-20 საუკუნის მეორე ნახევრიდან მსოფლიოს უმეტესი ქვეყნისათვის ბუნებრივი კატასტროფებისაგან მოსახლეობის დაცვა და საინჟინრო-სამეურნეო ობიექტების უსაფრთხო ფუნქციონირება გახდა უმნიშვნელოვანესი სოციალურ-ეკონომიკური, დემოგრაფიული, ეკოლოგიური და პოლიტიკური პრობლემა, რომელიც არ შეიძლება შემოიფარგლოს გეოგრაფიული და ნაციონალური საზღვრებით. პრობლემა კიდევ უფრო აქტუალური გახდა XXI-ე საუკუნის გარიჟრაჟზე, როცა ბუნებაში მიმდინარე პროცესებზე ადამიანის არაორგანიზებული, ხშირად გაუაზრებელი, ჩარევის შედეგად ადგილი აქვს გარემოს ბუნებრივი წონასწორობის პირობების მკვეთრად დარღვევას და სტიქიური კატაკლიზმების ფართო მასშტაბებით განვითარებას. დღეისათვის მსოფლიოში თითქმის არ არსებობს ეკონომიკურად და პოლიტიკურად განვითარებული სახელმწიფო, სადაც გარემოს პრობლემებს დიდი ყურადღება არ ექცეოდეს. მსოფლიოს მაღალ განვითარებული ქვეყნები ცდილობენ შეიმუშაონ სტიქიური უბედურებების წინააღმდეგ ბრძოლის თავიანთი საკუთარი სისტემა. ამასთან ერთად, მთელ მსოფლიოში შემუშავებულია ბუნებრივი ანომალური მოვლენების შესწავლისა და პროგნოზის ერთიანი სტრატეგიული მიმართულება, რასაც კოორდინაციას უწევს გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის ბუნების დაცვის ინსტიტუტი.

უკანასკნელ წლებში ადამიანის გაუთვითცნობიერებელმა ზემოქმედებამ ბუნებაზე არნახულ მასშტაბებს მიაღწია. ბუნებრივი წონასწორობის პირობების დარღვევამ წარმოშვა ახალი ნეგატიური პროცესები და ხშირად შეუქცევადი მოვლენები, კერძოდ, ურბანიზაციის პროცესები, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების არაგეგმიური გაფართოება, ჰიდროსამელიორაცია, სარკინიგზო და საავტომობილო გზების არასწორად დაგეგმილი მშენებლობები და სხვა, რამაც გამოიწვია ნიადაგის გამოფიტვა, დეგრადაცია და ეგზოდინამიკური პროცესების მკვეთრი აქტივიზაცია. პლანეტის მომავლის ბედზე ოდითგანვე ფიქრობდა კაცობრიობის პროგრესული ნაწილი,

რომლებიც აღნიშნავდნენ, რომ “საშიში ეკოლოგიური პროცესების შესწავლა და მასში ადამიანის როლის განსაზღვრა არა ნაკლებ მნიშვნელოვანია, ვიდრე კოსმოსის ათვისება” [38].

სტატისტიკური გაანგარიშებებით დადგენილია, რომ სტიქიური უბედურებებისაგან მიყენებული ეკონომიკური ზარალი მსოფლიოში მილიარდობით ამერიკული დოლარით, ხოლო ადამიანთა მსხვერპლი – ათეული მილიონებით განისაზღვრება. საშიში კატასტროფული მოვლენები განსაკუთრებით თვალშისაცემი გახდა 21-ე საუკუნის გარიჟრაჟზე, როცა წყალდიდობების, ქარიშხლების, მიწისძვრების და სხვა ეგზოდინამიკური პროცესების შედეგად რიგმა ქვეყნებმა აურაცხელი ეკონომიკური და მორალური ზარალი განიცადა. სტატისტიკისათვის შეიძლება ვაჩვენოთ ეკონომისტების მიერ დაანგარიშებული ეკონომიკური ზარალი და ადამიანთა მსხვერპლი წლების მიხედვით ამერიკის, აზიის, ევროპის კონტინენტებზე, რომლებიც მასშტაბურობით მსოფლიოში მიმდინარე ყველა დანარჩენ უბედურებებს აღემატება. 2005 წელს სანაპირო ზოლში განვითარებული ტორნადოს შედეგად მთლიანად დაინგრა აზიის კონტინენტის სამხრეთი სანაპირო ზოლის დიდი ნაწილი, დაიღუპა მილიონობით ადამიანი და უსახლკაროდ დარჩა მოსახლეობის ნახევარზე მეტი. არა ნაკლებ მასშტაბური იყო მიმდინარე წელს დატრიალებული ტრაგედია აშშ-ის სანაპირო ზოლში, რამაც გამოიწვია ქვეყნის არნახული ეკონომიკური ზარალი და ადამიანთა მსხვერპლი.

საშიში გეოდინამიკური და ეკოლოგიური მოვლენებისაგან დაცვის სამსახურები და შესაბამისი იურიდიული დოკუმენტები შექმნილია აშშ, საფრანგეთში, იტალიაში, კანადაში, პერუში, ახალ ზელანდიაში, დსთ-სა და სხვა ქვეყნებში. შეიძლება ითქვას, ამ ღონისძიებებში აქტიურად არის ჩაბმული საქართველო. კერძოდ, რესპუბლიკის მთავრობამ ბოლო 30 წლის განმავლობაში გამოსცა სპეციალური იურიდიული დოკუმენტები, როგორცაა “მეწყურული მოვლენების წინააღმდეგ ბრძოლის ზოგიერთი ღონისძიებების სწორი ორგანიზების უზრუნველყოფა”, “სტიქიური უბედურებების ლიკვიდაციის ღონისძიებები საქართველოს რესპუბლიკაში”, “ღვარცოფული ნაკადების, თოვლის ზვავებისა და მეწყრებისაგან დასახლებული პუნქტების, წარმოებების, სხვადასხვა ობიექტების და მიწების დაცვის ღონისძიებების გაუმჯობესება” და სხვა.

ქვეყნის დამოუკიდებლობის შემდეგ საქართველოს პარლამენტის მიერ მიღებულ იქნა რიგი კანონები: "გარემომცველი გარემოს დაცვა", "ნიადაგების დაცვა", "საქართველოს ბუნების მონიტორინგის ერთიანი სახელმწიფოებრივი სისტემის შექმნა" და სხვა. საქართველო საშიში გეოლოგიური პროცესების შესწავლის და პროფილაქტიკური ღონისძიებების გატარების თვალსაზრისით, დღეისათვის დსთ-ს ქვეყნებში ერთ-ერთ მოწინავე ადგილზე დგას.

**პრობლემის აქტუალობა.** დღეისათვის ქვეყნის ერთ-ერთ ძირითად სოციალურ-ეკონომიკურ, დემოგრაფიულ, ეკოლოგიურ პრობლემას წარმოადგენს საზოგადოების დაცვა ბუნებრივი, პირველ რიგში, სტიქიური კატასტროფული მოვლენებისგან. ეს პრობლემა განსაკუთრებით მკვეთრად დგას მთიან რეგიონებში. კერძოდ საქართველოში, სადაც ადამიანთა გაუმართლებელი ჩარევა ბუნების ეკოსისტემაში იწვევს ბუნებრივი გეოლოგიური და ეკოლოგიური პროცესების მკვეთრ გაუარესებას. ეს დამტკიცებულია გაეროს-ის სტატისტიკური მონაცემებით, სადაც ხაზგასმით არის მითითებული ბუნებრივი კატასტროფული პროცესების ყოველწლიურ ზრდაზე. პრობლემა განხილულ იქნა ამ საკითხებისადმი მიძღვნილ არაერთ ფორუმსა და კონფერენციაზე. კერძოდ, 1998 წელს ვლადიკავკაზის III საერთაშორისო კონფერენციაზე განხილულ იქნა მთიან რეგიონში ეკოლოგიური უსაფრთხოების საკითხები და ბუნებრივი და ტენოგენური კატასტროფებისაგან მოსახლეობის დაცვის საკითხები.

უკანასკნელ წლებში სტიქიური გეოდინამიკური პროცესები და მოვლენები საქართველოში საშიშ მასშტაბებს აღწევს. ქვეყნის გეომორფოლოგიური და გეოტექნოლოგიური პირობები ხელს უწყობს მეწყერების, ღვარცოფების, ეროზიული პროცესების აქტივიზაციას, რასაც კლიმატური პირობების გამწვავების შემთხვევაში მოყვება ეგზოდინამიკური პროცესების კატასტროფული ხასიათი, საცხოვრებელი გარემოს დაზიანება, ხშირად სრულ განადგურებამდე და ადამიანთა მსხვერპლი. მეწყერულ-გრავიტაციული და ღვარცოფული პროცესების მასშტაბებზე დიდ გავლენას ახდენს ისიც, რომ საქართველოს ტერიტორიის დიდი (განსაკუთრებით მთიანი) ნაწილი მოქცეულია მიწისძვრების (7-9) ბალიან ზოლში. საქართველოს რეგიონი განსაკუთრებულ ყურადღებას იმითაც იქცევს, რომ აქ გადის ევრაზიის სატრანსპორტო

სივრცის “დიდი აბრეშუმის გზა”, საერთაშორისო გაზ – ნავთობის სადენები, სატრანსპორტო მაგისტრალები, მაღალი ძაბვის ხაზები და მათი კომუნიკაციები. საქართველოში მაღალმთიანი ნიველურ-გლაციალური ზონები, შეიძლება ითქვას, სუსტად არის შესწავლილი და საჭიროებს მუდმივ მონიტორინგულ კონტროლს. შექმნილი კრიზისული სიტუაცია მოითხოვს პროექტების ფართო სპექტრის შემუშავებას, რომელიც მიმართული იქნება ბუნებრივი კატასტროფული პროცესების რისკის შემცირებისაკენ. აღნიშნული საკითხები განაპირობებს პრობლემის აქტუალურობას, რასაც მოსახლეობისა და ქვეყნის სასიცოცხლო ობიექტების დაცვის საქმეში ალტერნატივა არ გააჩნია.

**სამუშაოს მიზანი და ამოცანები.** კვლევის მიზანს წარმოადგენს საქართველოს ტერიტორიაზე ძირითადი გეოდინამიკური პროცესების კანონზომიერებების დადგენა, მათი გამოვლენა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით და ამ მიმართულებით ძიების რაციონალური კომპლექსის შემუშავება.

პრობლემის გადაწყვეტა მოითხოვს შემდეგი კონკრეტული ამოცანების გადაჭრას:

1. საქართველოს ტერიტორიაზე სტიქიური პროცესების მიმდინარეობის შესახებ არსებული კვლევების ანალიზი;
2. პოტენციურად განსაკუთრებით საშიში ობიექტების გამოვლენა და შემოკონტურება;
3. ეგზოდინამიკური პროცესების განვითარების მასშტაბის რისკ-ფაქტორების დადგენა;
4. ეგზოდინამიკური პროცესების მაპროგნოზირებელი მოვლენების დადგენა;
5. ეგზოდინამიკური პროცესების შესწავლის საქმეში საქართველოში ძიების გეოფიზიკური მეთოდების ეფექტურობის დადგენა და გეოფიზიკური კვლევების რაციონალური კომპლექსის შემუშავება;
6. საქართველოს ტერიტორიაზე ძირითადი გეოდინამიკური პროცესების კანონზომიერებების დადგენა;
7. გეოლოგიური გარემოს მონიტორინგის მეთოდების სრულყოფა.

**დაცვის ობიექტი.** საქართველოს ტერიტორიაზე გეოდინამიკური პროცესების შესწავლა ძიების გეოლოგიურ-გეოფიზიკური მეთოდებით.

**დაცვის მდგომარეობა.**

1. საქართველოს ტერიტორიაზე შეფასებულია სტიქიური გეოლოგიური პროცესების ზემოქმედებით გამოწვეული მოსახლეობისა და ქვეყნის სასიცოცხლო ობიექტის მდგომარეობა;
2. ნაჩვენებია ეგზოდინამიკური პროცესებისა და მოვლენების სივრცულ-დროითი განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე;
3. კრიტიკულად არის განხილული ეგზოდინამიკურ პროცესებზე მოქმედი გარე სუბიექტური და ობიექტური ფაქტორების გავლენა;
4. შეფასებულია საქართველოს ტერიტორიის დარაიონება ეგზოდინამიკური პროცესების განაწილების მიხედვით.
5. ჩატარებულია საქართველოს ტერიტორიაზე მეწყერების, ღვარცოფების, კარსტების და სხვა ტიპის ეროზიული პროცესების გავრცელების რაიონებში გარემოს ეგზოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების გამოკვლევა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით და შეფასებულია მათი როლი პრობლემის შესწავლის საქმეში.

**სამუშაოს მეცნიერული სიახლე.** ჩატარებულია საქართველოს ტერიტორიის რეგიონების შეფასება ეკო-გეოლოგიური პროცესების განვითარების თვალსაზრისით, საქართველოში ჩატარებულია განსხვავებული ტიპის გეოდინამიკური პროცესების გამოკვლევა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით, დადგენილია მათი ეფექტურობა და საერთო და განმასხვავებელი ნიშნები.

მოპოვებული მასალების ანალიზის, სისტემატიზაციის და განზოგადოების საფუძველზე მიღებულია თვისობრივად ახალი სამეცნიერო შედეგები საქართველოს ტერიტორიაზე სტიქიური გეოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების განვითარების შესახებ. განხორციელებულია მეწყერული გრავიტაციული მოვლენების თავისებურებებისა და რისკ-ფაქტორების შეფასება, კრიტიკულად არის შეფასებული,

აგრეთვე, საქართველოს ტერიტორიის დარაიონება განსხვავებული ტიპის გეოდინამიკური პროცესების ინტენსივობის მიხედვით.

წარმოდგენილი დისერტაციის ავტორი ყველა საველე გეოფიზიკური გამოკვლევის, მოპოვებული მასალის გეოლოგიური ინტერპრეტაციის და პუბლიკაციის ძირითადი შემსრულებელია.

სამუშაოს აპრობაცია. სამეცნიერო შედეგები მოხსენებულია გეოფიზიკის ინსტიტუტში და ამ მიმართულებით რესპუბლიკაში ჩატარებულ სამეცნიერო კონფერენციებზე.

გამოქვეყნებული სტატიები.

ავტორის მიერ სულ გამოქვეყნებულია 12 სტატია, აქედან სადისერტაციო თემის საკითხებზე \_ 7 სტატია.

სტრუქტურა და სამუშაოს მოცულობა. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლის, 4 თავისა და დასკვნებისაგან. გამოყენებული ლიტერატურის სიაში დასახელებულია 63 ავტორი. სამუშაოს მთელი მოცულობა მოიცავს გვერდს, 45 ნახაზს, 4 ცხრილს.

ავტორი უღრმეს მადლობას უხდის შრომის ხელმძღვანელებს: ფიზ.-მათ. მეცნ. დოქტორს პ. მინდელს, გეოლ. მინ. მეცნ. კანდიდატ გ. ჯაშს, აგრეთვე ჯ. ქირიას, თ. გვანცელაძეს, ვ. ჭიჭინაძეს, ზ. არზიანს.

**თავი I. სტიქიური პროცესების ძირითადი განმსაზღვრელი ფაქტორები და გეოფიზიკური გამოკვლევების როლი ეგზოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების შესწავლის საქმეში**

**§1.1 სტიქიური დამანგრეველი პროცესების ძირითადი ფაქტორები**

ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც განაპირობებენ სტიქიურ-დამანგრეველ პროცესებს და მოვლენების განვითარების კანონზომიერებებს, შეიძლება დაიყოს ორ ნაწილად: 1.ძირითადი ანუ შიგა ფაქტორი. იგი არის მუდმივმოქმედი ფაქტორი და



დამოკიდებულია რეგიონის გეოტექტონიკურ აგებულებაზე და 2. ე.წ. გარე ფაქტორები, რომლებიც გამოწვეულია ბუნებრივი სტიქიური მოვლენებით. ეს შეიძლება იყოს კლიმატის ანომალური ცვალებადობა, დედამიწის ქერქში მიმდინარე ტექტონიკური მოძრაობები, ადამიანის გავლენა მიწის ქერქის ზედა ნაწილის დინამიურ-წონასწორული პირობების დარღვევის საქმეში და სხვა [42].

რეგიონები, სადაც ახალი ტერიტორიების ათვისება ხდება, ხასიათდება ეგზოგეოლოგიური მოვლენების და გეოეკოლოგიური სიტუაციების გართულებებით. საქართველოს ტერიტორია, თავისი რთული ორო-ჰიდროგრაფიული და გეოტექტონიკური აგებულებით, ეგზოდინამიკური პროცესების განვითარებისათვის განსაკუთრებით მაღალი რისკის ობიექტს წარმოადგენს. ამას ემატება გარე ფაქტორების, უკანასკნელ წლებში კი კლიმატური პირობების გაუარესება და ანტროპოგენული ზემოქმედების შედეგად ტერიტორიის სტაბილური წონასწორობის პირობების დარღვევა, რის შედეგადაც ვითარდება ეგზოგეოლოგიური პროცესებისა და გეოეკოლოგიური სიტუაციების მკვეთრი გაუარესება.

სტიქიური დამანგრეველი პოცესების განმსაზღვრელი ფაქტორების შესახებ მსოფლიო მასშტაბით, და კერძოდ, საქართველოს რეგიონისათვის, მოიპოვება ბევრი ფუნდამენტალური გამოკვლევა [1,40-45]. საშიში გეოლოგიური პროცესების მექანიზმის და დინამიკის შესწავლის მიზნით გასული საუკუნის 70-იანი წლებიდან ხორციელდება რეჟიმული დაკვირვებების ფართო კომპლექსი. ექსპერიმენტული დაკვირვებებისა და თეორიული გამოკვლევების შედეგად მიღებულია დასკვნები და შემუშავებულია სტიქიურ უბედურებებთან ბრძოლის რეკომენდაციები.

ა. შეკო [51-53] ფაქტორებს, რომლებიც განსაზღვრავენ ეგზოდინამიკური პროცესების სირთულეს და ხასიათს, ყოფს სამ ძირითად ჯგუფად: მუდმივ, მდორედ ცვლად და სწრაფად ცვლად ფაქტორებად. პირველი ჯგუფის ფაქტორია რეგიონის გეოლოგიური და გეომორფოლოგიური აგებულება. იგი განაპირობებს რეგიონში მიმდინარე პროცესების გენეტიკურ ცვლილებებს და მათი გამოვლენის ინტენსივობას. მეორე ჯგუფის ფაქტორები შეიძლება ორ ნაწილად დაიყოს: დამოუკიდებელ (ტექტონიკური მოძრაობები და კლიმატი) და წარმოებულ (ჰიდროგეოლოგიური

პირობები, ნიადაგები, მცენარეულობა) ფაქტორებად. მეორე ჯგუფის ფაქტორები განსაზღვრავენ ეგზოდინამიკური პროცესების განვითარების საერთო ტენდენციას. ა. შეკო მესამე ჯგუფის ფაქტორებსაც ორ ნაწილად ყოფს. დამოუკიდებელ (მეტეოროლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობები, სეისმურობა) და ადამიანის სამეურნეო საქმიანობად. ამ ჯგუფის ფაქტორები განსაზღვრავენ ეგზოდინამიკური პროცესების აქტივიზაციის რეჟიმს. ძირითადი ფაქტორებიდან ყალიბდება ე.წ. წარმოებული ფაქტორები (ტენიანობა, ზედაპირული ჩამონადენი, სეზონური ცვალებადობა, გაყინვა-ლღობა, ქანების სიმტკიცე, დეფორმაციის თავისებურებანი და სხვა). შემდგომში ა. შეკოს კლასიფიკაცია განავითარა და კონკრეტული რეგიონებისათვის განავრცო ტ. პიოტროვსკაიამ [31]. საქართველოს ტერიტორიისათვის სტიქიური დამანგრეველი პროცესების ძირითადი განმსაზღვრელი ფაქტორები მოცემულია და დასაბუთებულია ე. წერეთლისა და მისი მოწაფეების შრომებში [40-45].

ეგზოდინამიკური პროცესებისა და სტიქიური მოვლენების განვითარების ძირითადი განმსაზღვრელი ფაქტორია რეგიონში ნიადაგისა და ქანების საინჟინრო გეოლოგიური პირობები. მთის ქანები ითვლებიან გეოდინამიკური პროცესების განმსაზღვრელ ბაზისად, რამდენადაც ისინი არიან რეგიონის საინჟინრო გეოლოგიური პირობების უმნიშვნელოვანესი ელემენტი-ბაზა ფუნდამენტი, რომელმაც უნდა განიცადოს ნებისმიერი სახისა და გენეზისის ეგზოდინამიკური პროცესი. ქანი შეიძლება აგებული იყოს რომელიმე ერთი მინერალიდან (კირქვა), ან მინერალთა აგრეგატიდან, რომელთაც ახასიათებთ გეოგრაფიულად გავრცელების დიდი არე და არის მიწის ქერქის მაშენებელი [96]. ძირითადად ქანები განიხილება, როგორც მრავალკომპონენტური დინამიური სისტემა, რის შედეგადაც ყალიბდება მისი თანამედროვე მდგომარეობა, სტრუქტურულ-ტექსტურული აგებულება და პეტროფიზიკური თვისებები, რომლებიც იცვლებიან დიაგენეზიდან ჰიპერგენეზამდე.

ე. წერეთლის მიერ [42] მოცემულია ქანების საინჟინრო გეოლოგიური ტიპიზაცია, რომელთა ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები განსაზღვრავენ სტიქიურ დამანგრეველი პროცესების ხასიათს და მასშტაბებს.

კახეთის ფარგლებში, თბილისის მერიდიანიდან აზერბაიჯანის საზღვრამდე, გავრცელებული ნალექებისათვის გეოფიზიკის ინსტიტუტის თანამშრომლების მიერ, ჩემი უშუალო მონაწილეობით, შედგენილია ცხრილი, საიდანაც ჩანს, რომ პეტროფიზიკური პარამეტრები იზრდება ქანების ასაკის ზრდასთან ერთად. ეს პარამეტრები იცვლება ჭრილებში როგორც ვერტიკალური, ისე ლატერალური მიმართულებით, რაც უდავოდ უნდა იყოს გათვალისწინებული როგორც გეოფიზიკური ველების გეოლოგიური ინტერპრეტაციის, ისე რეგიონში ეგზოდინამიკური პროცესების შეფასების საქმეში [60].

გეოლოგიურ ობიექტებზე ეგზოდინამიკური პროცესების განვითარების თვალსაზრისით ქანების ასაკი საყურადღებოა იმდენად, რამდენადაც კრისტალური ფუნდამენტის უძველესი ქანები, როგორც წესი, მეტამორფულია და ისინი ადვილად ემორჩილებიან ეროზიის გამომწვევ აგენტებს. მაგალითისათვის შეიძლება მოვიყვანოთ საქართველოს კრისტალურ მასივებზე (ძირულა, ლოქი, ხრამი) მაგმური და ტერიგენულ-მეტამორფული და ვულკანოგენური დანალექი ფორმაციის ქანები. ისინი სტრატეგრაფიულად და ლითოლოგიურად მოიცავენ რამოდენიმე კომპლექსს, რომელთა ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები მნიშვნელოვნად განსხვავდება. ეროზიული, მეწყერული და ღვარცოფული მოვლენები ინტენსიურად მიმდინარეობს ლაგუნური ტიპის ნალექებში. კერძოდ, ფლიშური ფორმაციის ნალექები-თიხაფიქლები, თიხები, ქვიშაქვები, მერგელები, მერგელოვანი კირქვები, კონგლომერატები და მათი რიტმული მონაცვლეობა სიმტკიცის მახასიათებლებით ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავდებიან, რაც იწვევს მათ ინტენსიურ გამოფიტვას. ასევე, ენდოგენური პროცესების განვითარების მაღალი რისკით ხასიათდება კარბონატული ფორმაციისა და ტერიგენული ფორმაციის ქანები, რომლებიც გავრცელებულია, ძირითადად, კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე, ცივგომბორისა და აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის ზოლში.

**ცხრილი №1**  
**საქართველოს ტერიტორიაზე მთის ქანების**  
**საინჟინრო-გეოლოგიური ტიპიზაცია**

ფორმაცია	ლითოლოგიურ-გენეტიკური კომპლექსები და მათი ასაკი	ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური თავისებურებანი და მათი მდგრადობის ხარისხი	თანამედროვე ეკზოდინამიკური პროცესების განვითარების ხარისხი	გეოგრაფიული მდებარეობა
1	2	3	4	5
ს ა ფ ა რ ო ვ ა ნ კ ო ნ ტ ი ნ ე ნ ტ ა ლ უ რ ი	თანამედროვე კალაპოტის და ჭალის ნალექები: ქვიშები, ქვიშნარები, თიხნარები და თიხები ( aQ <sup>2IV</sup> )	ფხვიერ მონატეხოვანი მსუბუქი და საშუალო გადარეცხვა	ნაპირების გამორეცხვა, წყალდიდობისას დატბორვა	აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოს მსხვილ მდინარეთა და მათ შენაკადთა მდინარეული ხეობები
	ჭალისზედა ტერასული ნალექები: კეჭნარი, ქვიშები, თიხნარი, თიხები ( aQ <sup>1IV</sup> )		წყალდიდობისას გვერდითი ეროზია, ქანების ჩამონგრევა	
	მაღალი მდინარეული ტერასის ნალექები: კონგლომერატები, შემჭიდროებული კენჭნარები, თიხები, თიხნარები ( a Q <sup>II III</sup> )	ფხვიერი და სუსტად შეცემენტებული მსხვილმონატეხოვანი ბმულით: მსუბუქი და საშუალო გადარეცხვა	ხრამული ეროზია, მეწყერები, ადგილ-ადგილ სელები და კლასტოკარსტი	
	ალუვიურ-პროლუვიური ნალექები: კენჭნარები და ღორღი წვრილმარცვლოვანი შემავსებლით ლინზებით და თიხნარების და თიხების შუაშრით ( a p Q <sup>III - IV</sup> )			
	პროლუვიური ნალექები: კენჭნარ-მონატეხოვანი და თიხნაროვანი გრუნტის მონაცვლეობით ( PQ )		სუსტად შეკავშირებული გათიხებული, წყალარამდგრადი, ადვილად გადარეცხვადი	
	ალუვიურ-ჭაობის ნალექები: ქვიშები, ქვიშნარები, კენჭნარი, ტორფის ლინზები და ლამი ( ahQ <sup>IV</sup> )	დაჭაობება, ზოგან მლაშე		
	ჭაობის ნალექები: ტორფები, ჰუმუსური ლამი, ლამიანი თიხნარები, თიხები, ქვიშნარი და ქვიშები ( hQ <sup>w</sup> )			
	ტბიური ნალექები: თიხები, თიხნარები, ქვიშები ( I Q <sup>IV</sup> )	შეკავშირებული და ქვიშიანი, წყალარამდგრადი, ადვილად გადარეცხვადი		
1	2	3	4	5
ს ა ფ ა რ ო ვ ა ნ	პლიაჟის ნალექები და I ზღვის ტერასა: კენჭნარი, ხრეში, ქვიშები ( mQ <sup>IV</sup> )	ფხვიერ მონატეხოვანი ადვილად გადარეცხვადი	აბრაზია, ზოგან აკუმულაცია	

		ზღვიური ტერასის ნალექები: კონგლომერატები და შემჭიდროვებული კენჭნარები ქვიშოვანი შუაშრით, თიხნარებით თიხებით ( m Q II - III )	სუსტად შეცემენტებული, ადვილად გადარეცხვადი	ხრამული ეროზია, ზოგან აბრაზია, მეწყერები	შავი ზღვის პირეთი
		ალუვიურ-პროვილიურ-დელივიური ნალექები: ლიოსისებული თიხნარი ღორღის და კენჭების ლინზებით ( a p d Q )	სუსტად შეკავშირებული, წყალარამდგრადი, ადვილად გადარეცხვადი	დაწევა, სუფოზია, ხრამული ეროზია, მეწყერები	ქართლისა და გარდაბნის ვაკეები, გარეკახეთის ველები, ზოგან ალაზნის ხეობა
		ფლუვიოგლაციური ნალექები: კაჭარ-კენჭნარი, ქვიშები, თიხნარების და თიხების შუაშრით ( f q Q )	ფხვიერი და საშუალოდ შემკვრივებული ძირითადად უშულოდ გადარეცხვადი	ეროზიული გადარეცხვა, სელების ფორმირება, კრიოგენულ-მიგრაციული პროცესები	კავკასიონის მაღალმთიანეთი, აბულ-სამსარის ქედი. მცირე კავკასიონი
		მცინვარული ნალექები: მორენული თიხები და თიხნარები ( q Q I-III )			
		პლიოცენ-გამოფიტვის მეოთხეული ქერქი: ლატერიტები ( e N - Q )	შეკავშირებული, საშუალო სიმტკიცის და წყალმდეგი	ხრამული ეროზია, მეწყერები, ნაკადები	აჭარის დადაბლება, შავიზღვისპირეთი
		მეოთხეული ნალექების არადანაწევრება, ხრეშოვან-ღორღოვანი და ქვიშა-თიხოვანი გრუნტები ( Q )	ფხვიერმონატეხოვანი საშუალო გადარეცხვადი	ხრამული ეროზია, სიბრტყული ჩამორეცხვა	ქვემო ქართლი მაღალი ვაკეები
მოლასური	კონტინენტალური ნალექები	ალაზნის წყება. კონგლომერატები და თიხნარები ( c N2 a )	სუსტადშეცემენტებული, საშუალოდ გადარეცხვადი წყალსიმტკიცით	სელები, ბედლენდული დანაწევრება. მეწყერები და სელები	ცივ-გომბორის ქედი. იორის ზეგანი
	კონტინენტალური ნალექები	შირაქის წყება: თიხები და ალეგროლიტები ქვიშაქვების და კონგლომერატების შუაშრით ( c N2 d )	ნახევრად კლდოვანი დაბალი სიმტკიცით	ბედლენდური დანაწევრება-ზოგან მეწყერი და სელი	იორის ზეგანი
1		2	3	4	5
მოლასური		დუშეთის წყება: კონგლემერატები, თიხების და ქვიშაქვების შუაშრით ( c N2 d )	საშუალოდ და მაგრად შეცემენტებული კავშირებით წყალმდეგი	ბედლენდური დანაწევრება, მეწყერები და სელი	ივერიის დეპრესიის გვერდით მხარეები
	კონტინენტალური ნალექები	კოლხიდური წყება: კონგლომერატები, ქვიშაქვები, ქვიშები, თიხები ( N23 - Q1 c )	სუსტად შეცემენტებული, მსხვილმონატეხოვანი, საშუალოდ გადარეცხვადი	ლატერიტური-ზაცია, ხრამის ეროზია, მეწყერი, ზოგან კლასტოკარსტი	კოლხეთის დაბლობის პერიფერიის მთისწინეთი

		ელდარის ( $Ni^{3e}$ ) და ნაცხორის ( $Ni^{3n}$ ) წყებები: თიხები განშრევებით და ქვიშაქვების და კონგლომერატების შვევრით	შეკავშირებული ნახევრად კლდოვანი საშუალო სიმტკიცის	ხრამის და სიბრტყული ეროზია- მეწყერი, ზოგან სელი	ქართლი. იორის ზეგანი
		ზედა სარმატი: იალნოს წყება ( $Ni^{3ra}$ ) თიხებისა და კონგლომერატების მონაცვლოებით	სუსტად და საშუალოდ შეცემენტებული, შეკავშირებული წყალმდგრადი	ბედლენდური დანაწევრება, სელები, მეწყერი	საგურამო-იალნოს ქედი. იშვიათად ცივ-გომბორი
	ზღვიური	აქჩაგილ – აკშერონი: თიხები, ქვიშაქვები და კონგლომერატები ( $N_2^3$ )	შეკავშირებული საშუალო სიმკვრივის და წყალმდგრადი	ბედლენდური დანაწევრება, ზოგან სელი, მეწყერი	იორის ზეგანი
		მეოტის ფონტის ზედა სარმატი, კიმერიული, გურიის ( $N_1 S_3 - N_{r3}$ ) კონგლომერატები, თიხები, ქვიშაქვები, მერგელები	საშუალოდ და მაგრად შეცემენტებული ნახევრად კლდოვანი დაბალი სიმტკიცით	მეწყერი, ხრამის ეროზია, ზოგან აბრაზია	
ტერიტორიული		შუა და ზედა მეოცენი ჩოკრაკ-საშუალო სარმატი ( $N_{12+3}$ ): თიხები, მერგელები, კირქვები, ქვიშაქვები და კონგლომერატები	შეკავშირებული, მკვრივი, მტკიცე, ნახევრად კლდოვანი დარბილებული	მეწყერი, ხრამის ეროზია, ფლატეები, სელი	ადმოსავლეთ საქართველოს მთისწინები და დადაბლებები
	ზღვიური	მაიკოპის წყება და მისი ანალოგი ( $P_3 - N_1^1$ ): თაბაშირიანი და კარბონატული თიხები, ქვიშაქვების და მერგელების შუაშრით	შეკავშირებული, მკვრივი, მტკიცე, ნახევრად კლდოვანი, დარბილებული, გაჯირჯვებული	მეწყერი, ეროზია ხრამის	
		ქვიშაქვები, თაბაშირიანი თიხების შუაშრით და სუბარგილიტებით ( $P_3 - N_1^1$ )	შეკავშირებული, მკვრივი, მტკიცე, გაჯირჯვებული, ნახ. კლდოვანი საშსიმტკიცე	ფლატეები და ქვათაცვენა, ზოგან სელი	შიდა ქართლის მთისწინები
		ოლიოცენი, სოჩის წყება ( $P_3 Sc$ ): კირქვიანი ქვიშაქვები, მერგერული თიხები	ნახ. კლდოვანი სხვადასხვა სიმტკიცის და წყალმდეგობის	მეწყერები, ხრამის ეროზია	მდინარე ფსოუს აუზი
1	2	3	4	5	
ტერიტორიული-კარბონატული	ზედა ცარცი-ეოცენი ( $K_2 - P_2$ ): კირქვები, მერგელები, ქვიშოვანი და მერგელური კირქვები, თიხები	კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი სხვადასხვა სიმტკიცის	ფლატეები, სელები, ზოგან მეწყერები, ჩამოქცევები, თოვლის ზვავები	დიდი კავკასიონის სამხრეთ ფერდობის დასავლეთ ნაწილი	
	აპტი, ალბი, სენომანი, ( $Kap-Cm$ ): თიხები, მერგელები, მერგელური კირქვები, ქვიშაქვები	შეკავშირებული, მკვრივი, ნახევრად კლდოვანი დაბალი სიმტკიცის	მეწყერები, ფლატე, იშვიათად სელი		
კარბონატულ	ქვედა ცარცი – ნეიკომი ( $K_1$ ): კირქვები, დოლომიტები, ქვიშაქვები და მერგერები	კლდოვანი, უმეტეს წილად მაღალი სიმტკიცით, წყალში ხსნადი	კარსტი, ფლატეები, ზოგან მეწყერი და სელი. კლდეზვავები		
	ზერა იურა ( $J_3$ ): რიფული და დოლომიტიზერებული კირქვები, მერგელები და თიხები				

ფლიშური	უხეში ფლიში ( $P_2^3-P_3, P_1-P^3$ ): მერგერული თიხები, არგილიტები, კირიანი ქვიშაქვები, კონგლომერატები, ზოგან ტუფებით	ნახევრადკლდოვანი სხვადასხვა სიმტკიცის, არამდგრადი	ფლატეები, სელი, მეწყერები	მდ. ფსოუს აუზი. ცივ- გომბორის ქედი თრიალეთი
	ტერიგენული ფლიში ( $K_{1-2}$ ) თიხოვანი ფიქლები და ქვიშაქვები მერგელების და კირქვების შუაშრით			მდ. არაგვის, ალაზნის, ლიახვის, რიონის აუზები
	კარბონატული ფლიში ( $J_3-K_1$ ), კირქვები, მერგერები, თიხოვანი ფიქლები	კლდოვანი, ნახევრადკლდოვანი სხვადასხვა სიმტკიცის და წყალგამტარი	მეწყერები, კლდეზავები, სელი, თოვლის ზვავები, ზოგან ყასტრი	
	კარბონატულ-ტერიგენური ფლიში ( $J_3^1$ ): არგილიტები და კირიანი ქვიშაქვები, მერგელები და მერგელური ფიქლები	ნახევრად კლდოვანი სხვადასხვა სიმტკიცის არამდგრადი	ფლატეები, სელი, თოვლის ზვავები	მდ. ფსოუს, ბზიფის, რიონის აუზები
ლაგუნური	ჭრელფერადოვანი და ნახშირიანი თიხები. ქვიშაქვები, ფურცლოვანი ფიქლები ( $J_2-3; P_3-N_1^1$ )	ნახევრადკლდოვანი სხვადასხვა სიმტკიცის, მკვრივი	მეწყერები, ხევის ეროზია, ზოგან სელი	ოკრიბა, რაჭა, მდ. ბზიფის აუზი, ახალქალაქის რაიონი
ვულკანოგენურ-ნალოიანი	ქისათიბის წყება ( $N_{1+2}$ ): ანდეზიტური და ანდეზიტო-დაციტური ბრეჩიები, დოლერიტები, ტუფები	ნახევრადკლდოვანი უხე შმონატეხოვანი, სხვადასხვა სიმტკიცის და მდგრადობის	ფლატეები, კლდეზავები, მეწყერები, სელი, თოვლის ზვავები	აჭარა თლიალეთი
1	2	3	4	5
ვულკანოგენურ-ნალექიანი	ადიგენის წყება და მისი ანალოგი ( $P_2^3-P_3^1$ ) ანდეზიტები, ბაზალტები, კონგლომერატები, ქვიშაქვები, არგილიტები	კლდოვანი, ნახევრადკლდოვანი უხე შმონატეხოვანი, სხვადასხვა სიმტკიცით და მდგრადობით	დახრამვა, მეწყერები, კლდეზავები	აჭარა თლიალეთი
	შუა ეოცენი, მასიური და უხეშმარცვლოვანი ტუფობრეჩიები, დოლერიტები, ტუფები, ნაკლებად კონგლომერატები		დახრამვა, მეწყერები, კლდეზავები	
	შუა ეოცენი, შრული ტუფები, ტუფოქვიშაქვები, არგილიტები, ქვიშაქვები, ფიქლები ( $P_2^2$ )	ნახევრადკლდოვანი სხვადასხვა სიმტკიცის	მეწყერები, ჩამოქცევები და ფლატეები	
	წყება მთავარი და მისი ანალოგი ( $K_2$ ), პორფილიტები, კვარცოპორფილიტები, ტუფობრეჩიები, ტუფოქვიშაქვები, კირქვების განშრევებით	კლდოვანი ნახევრადკლდოვანი სხვადასხვა სიმტკიცით	ფლატეები და ჩამოქცევები ეროზიულ- გრავიტაციულ	დიდი კავკასიონის სამხრეთი ფერდობის დასავლეთი ნაწილი. პერიფერია ძირულის, ხრამის და ლოქის

		პორფირიტების წყება ( $J_2 b_7$ ): პორფირიტები, სპილიტები, მათი ტუფები, ტუფობრექჩიები და ტუფოქვიშაქვები, არგილიტები, ქვიშაქვები, კონგლომერატები	და შერჩევითი მდგრადობით	ფერდობებზე, სელები, იშვიათად მეწყერები	მასივები
ტერიტორიულ-მეტამორფული		თიხოვანი და ნახშიროვანი ფიქლები ალევიტების, ქვიშაქვების შუაშრით ( $J_{1-2}$ )	კლდოვანი, შედარებით დაბალი და საშუალო სიმტკიცით და მდგრადობით	ფლატეები, ჩამოქცევები, სელები, მეწყერები, თოვლის ზვავები	დიდი კავკასიონის საშუალო და მაღალმთიანეთი, ძირულას მასივი
		ქვიშაქვები და ალევიტები, თიხოვანი ფიქლები, ზოგან კონგლომერატები( $J_{1-a}$ )			
		ასპიდური და თიხა-ფიქლები, იშვიათი ქვიშაქვები ( $J_{1^2}$ )			
		კვარც-არკოზიული ქვიშაქვები, თიხაფიქლები, კონგლომერატები, მარმარილო ( $J_{1^1}$ )			
1	2	3	4	5	
მეტამორფულ		დიზის წყება და მისი ანალოგი. ფილიტები, ფილიტიზირებული ფიქლები, კირქვები, გრაველიტები, ქვიშაქვები, კვარცული პორფილიტები და მათი ტუფები ( $S_2-T$ )	კლდოვანი ძირითადად მაღალი სიმტკიცით, მდგრადობით	ფლატეები, კლდეზვავები, სელი, თოვლის ზვავები, ზოგან კარსტი	მდ. ენგურის, ძირულას და ხრამის აუზები
კრისტალური		კრისტალური ფიქლები, გნეისები, ფილიტები, მიგმატიტები ( $P_2$ )		ფლატეები, ჩამოქცევები, სელი, თოვლის ზვავები	დიდი კავკასიონის მთავარი წყალგამყოფი ძირულის მასივი
მაგმური	ეფიზიური	პლეისტოცენი, ანდეზიტები, ანდეზიტო-დაციტები, დოლორიტები და ბაზალტები ( $Q_{I-III}$ )	კლდოვანი დიდი სიმტკიცით და მდგრადობით	ფლატეები, ქურუმი, ჩამოქცევები, თოვლის ზვავები	ჯავახეთის მთიანეთი. ყაზბეგის რაიონი მდ. რიონი
		წალკის წყება ( $N_2^3-O_{II}$ ) ბაზალტები, ანდეზიტები, თიხის, თიხნარის შრეები			
		ახალქალაქის წყება ( $N_2^3-Q_1$ )	კლდოვანი მაღალი სიმტკიცით		
		პლიოცენი, ანდეზიტი, ანდეზიტო-დაციტები, ონელიტები ( $N_1^3$ )			



ინტრუზიული	ალპური ინტრუზივები, გრანიტები, სიენიტები (YJ <sub>2</sub> - YP <sub>2</sub> )	კლდოვანი, საკმაოდ მაღალი სიმტკიცით და მდგრადი	კლდეზავები, ფლატეები, თოვლის ზვავები. (დიდი კავკასიონის) მეწყერები (ძირულის და ხრამის მასივების)	დიდი კავკასიონის მთავარი წყალგამყოფი, ძირულის, ხრამის, ლოქის მასივები
	პალეოზოური ინტრუზივები, გრანიტები, გრანოდიორიტები (YP <sub>2</sub> )			

კავკასიონის სამხრეთ ფერდზე და აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზოლში გავრცელებულია მოლასური ნალექები, აგრეთვე, სანაპირო ზღვიური და კონტინენტურ-ზღვიური დანალექი ფორმაციები, რომლებიც დათარიღებულია ზედა სარმატული-ზედა პლიოცენური ასაკით.

ცხრილი 2.

№	ჭაბურღილი	ჭაბურღილის სიღრმე (მ)	ასაკი		ქანები	სისქე (მ)	ქანების ფიზიკური თვისებები			მდებარეობა (პროფილი)
			ინდექსი	დასახელება			სიმკვრივე (გ/სმ <sup>3</sup> )	სიჩქარე (კმ/წმ)	ხვედრითი ელქ. წინაღ. (ომ)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	პატარა შირაქი	2500	N <sub>2aK</sub> N <sub>2csh2</sub>  N <sub>2csh1</sub> N <sub>1s</sub>	აქაგილი ჩოკრაკი (ქვედა)  ჩოკრაკი (ზედა) სარმატი	ქვიშაქვები, თიხები კონგლომერატები, კენჭები, თიხები, კენჭნარი, ქვიშაქვები თიხები, კენჭნარი, ქვიშაქვები ქვიშაქვები, თიხები, კირქვები	100 120 0 110 0 100	2.41 2.41  2.41 2.41  3.50	2.60  3.00  3.30 3.50	10-100 15-30  15-20 10-15	I
2	დიდი შირაქი	4890	N <sub>2(ak+ap)</sub>  N <sub>2<sup>3</sup></sub>  N <sub>1s</sub>	აქაგილ-აფშერონი შირაქის წყება სარმატი	ქვიშაქვები, თიხები, კენჭები, კონგლომერატები თიხები, არგილიტები, ქვიშაქვები ქვიშაქვები, თიხები, კირქვები	193 4 123 0 172 9	2.40  2.40 2.40  2.40	2.30  - 3.30	10-50 8-10 10-15	I-II
3	ელდარი	5500	N <sub>2(ak+ap)</sub> N <sub>2<sup>1</sup>(m+p)</sub>  N <sub>1<sup>1</sup>s</sub>	მეოტის პონტი სარმატი (შირაქის წყება)	ქვიშაქვები, თიხები, კონგლომერატები, ქვიშები თიხები, ქვიშაქვები	200 0 700	2.40 2.40  2.40	2.80 3.20  3.30	20-50 15-25	I

			$P_3+N_1^1$ $P_3$	მაიკოპის წყება ოლიგოცენი	თიხები, ქვიშაქვები ქვიშაქვები, კონგლომერა ტები, თიხები	100 0 120 0 600	2.20	3.30	3-5	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	ტარიბანა 38	415 0	Q $N_2csh_2$ $N_1s$	მეოთხეული	ქვიშები, თიხა, კენჭები	200 240 0 155 0	2.39 2.39 2.39	2.60 3.20 3.50	20-30 15-20 10-15	II
5	ხირსა	501 0	Q <sub>i</sub> $N_2$ $P_3$ $I_3$ $I_2$	ზედა იურული შუა იურული	კირქვები, ტუფ- ქვიშაქვები კირქვები, ტუფ- ქვიშაქვები, ტუფ-ბრექცია	220 140 0 600 140 0 530	- 2.38 - 2.50 2.45	1.00 3.20 4.50 6.50 5.80	5-10 15-30 15-20 70-100 60-70	PII
6	ბაიდა- ჩათმა	253 9	$N_1s$			253 9	2.20	3.30	5-10	III
7	უდაბნო 20	528 9	Q $N_2(ak+ap)$ $N_1s$ $P_3N_1^1$ $P_2^3$	ზედა ეოცენური	ქვიშაქვები, ტუფ- ქვიშაქვები, ტუფ-ბრექცია	335 665 162 0 162 0 104 9	- 2.40 2.38 2.20 -	- - - -	50-100 20-50 - 3-5 30-40	IV- V
8	ვაშლოვან ი	481 5	$N_2 ak$ $N_2 csh_1$ $N_1s$			500 250 0 181 5	2.35 2.35 2.35	2.40 3.40 3.60	- - -	F V
9	კაკაბეთი	257 0	$N_1s$			257 0	2.30	-	10-15	V
10	ნინოწმინ და	405 0	$N_1s$ $P_3 +N_1^1$ $P_2^3$			915 750 238 5	2.32 2.15 -	2.70 2.50 3.70	10-15 3-5 30-40	VI
11	ყუფარაა ნთ- ხევი 1	420 0	Q $N_2^3(ak+ap)$ $N_1^2s$ $P_2+N_1^1$ $P_2^3$			50 220 826 207 4 108 0	- 2.40 2.35 2.20 -	- - - -	20-50 10-50 10-15 3-5 30-40	VI
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	ნაქარალი 4	551 5	$N_2(ak+ap)$ $P_3+N_1^1$ $P_2^3$ $P_2^2$	შუა ეოცენი	თიხა-ფიქლები, ტუფ-	110 223 0 255	2.30 2.15 2.40 2.50	3.00 2.40 3.20 3.80	10-15 3-5 30-40 80-150	

			$P_2^1$	ქვედა ეოცენი	ბრექჩიები, ტუფ-ქვიშაქვები, ტუფები ქვიშაქვები, თიხა ფიქლები, მეგელეები	2 228  395	-	3.60	20-50	VI
13	მანავი 1	492 0	$N_{1s}$ $P_3+N_1^1$			220 0 272 0	2.50 2.20	3.40 3.20	10-15 3-5	VI
14	ნაქარალი 3	400 0	$N_{2ak}$ $N_{1s}$ $P_3+N_1^1$ $P_2^3$			600 500 190 0 100 0	2.40 2.35 2.15 - -	2.40 2.70 2.30 3.00	10-50 10-15 3-5 30-40	VI
15	შუა გორა 5	300 0	$N_2^1(m+p)$ $K_2$	ზედა ცარცი	ტუფ-ბრექჩიები, კირქვები, მერგელეები	500 250 0	2.40 2.65	3.00 4.60	15-25 100-150	VII
16	შუა გორა 2	300 0	$N_2^3(ak+ap)$ $K_2$			400 260 0	2.30 2.60	2.40 5.00	20-50 100-150	VII
17	შუა გორა 3	212 0	$N_2(ak+ap)$ $K_2$			400 172 0	2.30 2.65	2.40 5.00	20-50 100-150	VII
18	გომბორი 5	350 0	$N_{1s3}$  $N_{1s2}$ $N_{1s1}$		თიხები, მერგელოვანი თიხები, ქვიშიანი თიხები თიხები, ქვიშიანი თიხები Mმერგელეები, თიხები, ქვიშა-ქვები	130 0  130 0 900	2.30  2.30 2.30	3.00  3.30 3.50	5-10  10-15 15-20	VII
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
19	გომბორი 3	500 0	$N_{1s}$ $P_3+N_1^1$ $N_{1s}$			280 0 400 180 0	- 2.15 -	- -	5-10 3-5 5-10	IV
20	რუსთავი 9	420 0	$Q$ $P_3+N_1^1$ $P_2^3$ $P_2^2$ $P_2^1$			15 215 5 110 0 200 740	- 2.15 - 2.35 -	2.30 2.20 3.50 3.80 3.70	20-50 3-5 30-40 80-200 30-50	VII
21	რუსთავი 2	410 0	$P_3+N_1^1$ $P_2^3$ $P_2^2$ $P_2^1$			200 0 120 0 500 400	2.20 2.30 2.50 2.40	2.20 3.50 3.80 3.70	3-5 30-40 50-2000 20-50	VII

22	რუსთავი 15	416 0	Q P <sub>3</sub> +N <sub>1</sub> <sup>1</sup> P <sub>2</sub> <sup>3</sup> P <sub>2</sub> <sup>2</sup>			20 290 0 115 0 90	- 2.20 2.45 2.50	2.30 2.40 3.40 3.80	20-50 3-5 30-40 50-200	VII
23	რუსთავი 7	433 0	P <sub>3</sub> +N <sub>1</sub> <sup>1</sup> P <sub>2</sub> <sup>3</sup> P <sub>2</sub> <sup>2</sup> P <sub>2</sub> <sup>1</sup>			280 0 110 0 300 130 0	2.20 - 2.55 -	2.20 3.40 3.80 3.70	3-5 30-40 50-200 20-50	VII
24	სამგორი 40	420 0	P <sub>3</sub> +N <sub>1</sub> <sup>1</sup> P <sub>2</sub> <sup>3</sup> P <sub>2</sub> <sup>2</sup> P <sub>2</sub> <sup>1</sup> P <sub>1</sub>	პალეოცენი	ქვიშა-ქვები,მერგელები	800 140 0 600 150 0 900	2.20 2.30 2.47 - -	2.20 3.20 4.20 - -	3.5 30.40 50.100 20.50 20.50	VII
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
25	სამგორი 202	455 0	P <sub>3</sub> +N <sub>1</sub> <sup>1</sup> P <sub>2</sub> <sup>3</sup> P <sub>2</sub> <sup>2</sup> P <sub>2</sub> <sup>1</sup>			137 0 130 0 600 118 0	2.15 2.30 2.35 -	2.20 3.20 4.00 3.80	3-5 30-40 50-100 20-50	VII
26	სამგორი 105	536 0	N <sub>2</sub> ak P <sub>3</sub> +N <sub>1</sub> <sup>1</sup> P <sub>2</sub> <sup>3</sup> P <sub>2</sub> <sup>2</sup> P <sub>2</sub> <sup>1</sup>			200 120 0 130 0 110 0 172 0	2.30 2.15 - 2.50 -	2.40 2.20 3.20 4.20 3.90	20-50 3-5 30-40 50-100 20-50	VII
27	მარტყოფი 10	440 0	P <sub>3</sub> +N <sub>1</sub> <sup>1</sup> P <sub>2</sub> <sup>2</sup> P <sub>2</sub> <sup>1</sup>			230 0 200 0 100	2.15 - 2.42	2.20 3.50 -	3-5 30-40 20-50	VII
28	თელეთი 23	460 0	P <sub>2</sub> <sup>3</sup> P <sub>2</sub> <sup>2</sup> P <sub>2</sub> <sup>1</sup> P <sub>1</sub>			150 0 600 150 0 100 0	2.50 2.60 2.50 2.55	3.10 4.00 3.50 4.20	30-40 50-150 20-50 50-100	VII
29	თელეთი	422	P <sub>2</sub> <sup>3</sup>			400	2.40	3.20	30-40	

55	0	P <sub>2</sub> <sup>2</sup>	600	2.70	4.00	50-150	VII
		P <sub>2</sub> <sup>1</sup>	140	2.50	3.80	20-50	
		P <sub>1</sub>	0	2.60	4.50	50-100	
		K <sub>2</sub>	120	2.65	5.20	150-200	
			0				
			620				

მეოთხეული დანალექი საფარი განთავსებულია საქართველოს თითქმის მთელ ტერიტორიაზე და მას დიდი მნიშვნელობა აქვს მთიანი რეგიონების ეგზოდინამიკური პროცესების განვითარებაში. დანალექი ქანების მრავალსპექტრული გენეტიკური ტიპებიდან ეგზოდინამიკური პროცესების განვითარებისა და აქტივიზაციის საქმეში გადამწყვეტ როლს თამაშობს ფერდობებზე განლაგებული ნალექები, მთათაშორისი დეპრესიის ფორმაციები და ლაოსისებური ქანები.

თანამედროვე სტიქიური პროცესების განვითარებაში ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორია რელიეფი, რომელმაც ეროზიულ პროცესებზე შეიძლება იქონიოს პირდაპირი და ირიბი გავლენა. რელიეფის ფორმა და მისი ენერგეტიკული გრადიენტები მჭიდროდ არის დაკავშირებული თანამედროვე ტექტონიკურ მოძრაობებთან. ეს პროცესები მით უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს, რაც უფრო მაღალ ჰიფსომეტრიულ დონეზეა განთავსებული დანალექი ფორმაციები და რაც უფრო ნაკლებია მათი შეჭიდულობა. ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ მორფოგენეზის განვითარებაზე არსებით გავლენას ახდენს გრავიტაციის ძალა – დამაბულობის ველის ვექტორი, რომელიც განისაზღვრება ტექტონიკური მოძრაობის გრადიენტით და რელიეფის ენერგეტიკული პოტენციალით [42]. ამის საილუსტრაციოდ ქვემოთ მოყვანილია ცხრილი №3.

ფერდობების მორფოლოგიური დახასიათება, დინამიური მდგომარეობით და გაბატონებული ეგზოდინამიური პროცესების მიხედვით.

ცხრილი 3.

ფერდობების დახრილობა გრადუსებში	რელიეფის კლასი	ჰიფსომეტრიული სარტყლები ფართობების მიხედვით (კმ <sup>2</sup> )				ეგზოდინამიური პროცესების გაბატონებული ტიპები
		მაღალმთიანი	საშუალო მთიანი	დაბალი მთიანი	მთათაშორისი დეპრესიული ვაკეები	
3-მდე	სწორი	450	954	4560	10740	დაჭაობება აკუმულაციურ ფერდობებზე.

						ელუვიური ზონის და ნიადაგის საფარის სრული პროფილის ფორმირება.
3-8	დამრეცი	300	1030	4054	270	ღვარცოფული და მდინარეული ნატანის აკუმლაცია, ელუვიური ზონის და ნიადაგის საფარის სრული პროფილის ფორმირება. მდინარეთა აკუმულაციური ნაპირების ეროზიული გამორეცხვა გამომუშავებული ეროზიული პროფილის პირობებში. კრიპის და ნიადაგის საფარის ამოზურცვა.
8-15	სუსტად-დახრილი	1942	2789	5848	110	გამოფიტვის ქერქის ზონების წარმოქმნა, სიბტყითი გადარეცხვა, ხრამული ეროზია და ნაწილობრივი პლასტიური გადაადგილების მეწყერები და ნაკადი –მეწყერები ელუვიურ-დელუვიურ ფერდობებზე.
15-25	ძლიერ-დახრილი	1350	4955	2842	90	აქტიური დახრამვა, სიბტყითი გადარეცხვა, მეწყერები (უპირატესად ცოცვის და პლასტიური გადაადგილების ტიპის) ფხვიერ-დელუვიურ ნალექებში.
25-35	ზომიერად დახრილი	5490	11700	1120	70	სუსტად მოძრავი ნაყარი წარმოქმნა, სრიალის და ბლოკური ტიპის მეწყერები. დახრამვა და სიბტყითი გადარეცხვა.
35-45	საშუალო დახრილობის	3100	3620	300	30	ნაყარი ფერდობების ინტეგრირება, გადარეცხვა, ხრამების და ბლოკური მეწყერების წარმოქმნა, ცოცვის ტიპის მეწყერები, მაღალმთიანეთში ღვარცოფები და ზვავები.
45-65	მაღალი დახრილობის	940	851	40	20	უმეტესად ლოდნარი და ლოდნარ-მონატეხოვანი ზონების ფორმირება. ზვავურ-ნაყარი და ნაყარი პროცესების ინტესიური განვითარება აქტიური სელების წარმოქმნით, სუსტად მდგრადი ქანების ბედლენდული დანაწევრება. მაღალმთიანეთში-ზვავები.
65-90	დახრამული ფერდობები და კარნიზები	285	120			ლოდნარული ზონის უმეტესად ფორმირება, გრავიტაციული პროცესების მუდმივი განახლება. დომინირებს კლდეზვავები, სელური კერები, ნაწილობრივ თოვლის ზვავები.

დედამიწის რელიეფის ეგზომორფოგენეზის ჩამოყალიბებაში და დამანგრეველი ბუნებრივი პროცესების განვითარებაში ერთ-ერთ მთავარ მოქმედ ფაქტორად კლიმატური პირობები ითვლება. დადგენილია, რომ ეგზოდინამიკური პროცესები სტაბილურია, როცა ატმოსფერული ნალექების დონე და ჰაერის ტენიანობა, დროის მოცემულ მონაკვეთში, საშუალო მრავალწლიანი დონის ზღვრულ მნიშვნელობებზე ნაკლებია. საშიში გეოლოგიური პროცესების განვითარება ექსტრემალურია, როცა დროის მოცემულ პერიოდში (წელი, სეზონი, თვე, დღე-ღამე), ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა მნიშვნელოვნად აჭარბებს მრავალწლიან ნორმას.

ატმოსფერულ ნალექებსა და ეგზოდინამიკურ პროცესებს შორის არსებობს რაოდენობრივ ფუნქციური კავშირი [42]. ეს საკითხი შესწავლილია მთელ მსოფლიოში მოპოვებული სტატისტიკური მასალების ანალიზის საფუძველზე.

კერძოდ, ა. შეკოს მიერ [51-52] კავკასიის რეგიონში ჩატარებული სტაციონარული გამოკვლევების საფუძველზე შემუშავებულია ეგზოგენური გეოლოგიური პროცესების (მეწყრები, ღვარცოფები) ხანგრძლივი რეგიონალური პროგნოზი. დადგენილია, რომ მეწყრული პროცესების ჩამოყალიბებას ძირითადად განაპირობებს კლიმატური პირობების გამწვავება შედარებით ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში, ხოლო ღვარცოფების ფორმირებაში უფრო მნიშვნელოვანია დღეღამური თავსხმა წვიმები. რელიეფისა და გეოლოგიური გარემოს თავისებურებათა მიხედვით შეიძლება წარმოიშვას განსხვავებული მასშტაბის წყალდიდობებიც და ღვარცოფებიც, რაც დამოკიდებულია ღვარცოფწარმომქმნელი კერების საინჟინრო გეოლოგიურ მდგომარეობაზე [40-41]. ჰიდრომეტეოროლოგიური გამოკვლევებით დადგენილია, რომ დღეღამეში 30 მმ ნალექი იწევს საშიში ეგზოდინამიკური პროცესების განვითარების პროვოცირებას, ხოლო (80-120) მმ დღეღამური ნალექები ნაკლებად მკვეთრი რელიეფის პირობებშიც კი განაპირობებს მეწყრული და ღვარცოფული მოვლენების განვითარებას.

სტიქიური დამანგრეველი პროცესების ფორმირებაზე და აქტივიზაციაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ადამიანის ყოველდღიური შრომითი საქმიანობა. ადამიანის დამოკიდებულება ბუნებასთან ისტორიულად ჩამოყალიბებული ხანგრძლივი და მუდმივი პროცესია. ცივილიზაციის საწყის პერიოდში ანთროპოგენური მოვლენების როლი ბუნებრივი სტაბილური პირობების დარღვევაში შედარებით უმნიშვნელო იყო, ხოლო მე-20 საუკუნიდან, სამეცნიერო ტექნიკური რევოლუციის ეპოქაში, ადამიანის გავლენა მკვეთრად გაიზარდა. აღნიშნულ საკითხებზე ჩატარებულია მრავალი გამოკვლევა და მოცემულია რეკომენდაციები ბუნებაში სტაბილური წონასწორობის შესანარჩუნებლად. ა. კოტლოვი [28] გამოყოფს ადამიანის ზემოქმედების შედეგად გარემოს ცვალებადობის ორ კატეგორიას: 1. ბუნებრივ ანთროპოგენურს და 2. ანთროპოგენურს. პირველი შეიძლება წარმოიშვას და განვითარდეს ადამიანის საინჟინრო-სამეურნეო საქმიანობის ზემოქმედების გარეშე,

თუმცა მისი შემდგომი განვითარება ხარისხობრივად და რაოდენობრივად განისაზღვრება უკვე ანთროპოგენური ფაქტორით. მეორე ანთროპოგენური (ტექნოგენური) პროცესები მთლიანად გამოწვეულია ბუნებაზე ადამიანის ზემოქმედებით. ამის უამრავი მაგალითი აღინიშნება საქართველოს პირობებში, კერძოდ, მეწყერული და ღვარცოფული მოვლენები თბილისში, კავკასიონის სამხრეთი ფერდის, აჭარა-თრიალეთსა და ცივ-გომბორის ქედებზე, მთიან აჭარაში, სვანეთში, მთიულეთში, შავი ზღვის სანაპირო ზოლში და სხვა.

ანთროპოგენური პროცესების შედეგად ბუნებაში სტაბილური პირობების მკვეთრი გაუარესება გამოიწვია უკანასკნელ წლებში საქართველოში დატრიალებულმა კატაკლიზმებმა, ენერგეტიკულმა კრიზისებმა. ფერდობების დეფორმაციას, ეროზიული პროცესების, მეწყერებისა და ღვარცოფების წარმოშობას ხელს უწყობს არარაციონალურად დაგეგმილი ჰიდროტექნიკური, საგზაო, სასოფლო და საქალაქო მშენებლობები. სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების არაგემაზომიერმა ათვისებამ, ფერდობებზე ტყეების გაჩეხვამ გამოიწვია ეროზიული, მეწყერული და ღვარცოფული პროცესების გააქტიურება (ახალი კერების წარმოშობა, ჩაკირული კერების გამოცოცხლება).

არაგონივრული სამუშაოების ჩატარების შედეგად, ბოლო წლებში, საქართველოში მკვეთრად გაუარესდა გეოეკოლოგიური მდგომარეობა. მთელ რიგ სარწყავ ფართობებზე გრუნტის წყლის დონემ აიწია, რამაც გამოიწვია გრუნტების დაჯდომა და ნიადაგის დაჭაობება, მაგისტრალური სარწყავი არხების ზონაში სუფოზიური ძაბრების და მეწყერული კერების წარმოშობა. მსხვილი წყალსაცავების ნაპირების თითქმის 70% დეფორმირებულია სხვადასხვა ტიპის გეოდინამიკური პროცესებით. მიმდინარეობს წყალსაცავების ფსკერის ინტენსიური გავსება ჩამოტანილი მასალით, ამასთან, ჯეროვანი ყურადღება არ ექცევა მათ დროულ გაწმენდას.

სტიქიური ეგზოგეოლოგიური პროცესების განვითარების მაღალი რისკის ზონაშია მოქცეული საქართველოს საავტომობილო გზების თითქმის 30%. კერძოდ, მეწყერული პროცესებით დეფორმირებული და მწყობრიდან გამოსულია თბილისის, სოხუმის, ცხინვალის შემოვლითი საავტომობილო გზების მნიშვნელოვანი ნაწილი [42].



სამთო სამუშაოები (განსაკუთრებით ღია კარიერები) ხელს უწყობს ეროზიების, მეწყერებისა და ღვარცოფების წარმოშობას. გეოლოგიური გარემოს ნეგატიურ ცვლილებაზე დიდ გავლენას ახდენს ურბანიზაციის პროცესი, დიდ ქალაქებში მოსახლეობის რიცხოვრივი ზრდა. ბოლო წლებში ქ. თბილისის მოსახლეობამ გადააჭარბა 1.5 მილიონს, რამაც მოითხოვა ქალაქის საზღვრების გაფართოება, მისი შემოგარენის არაგეგმიური ათვისება. დეფორმირებული და საცხოვრებლად უვარგისია ქალაქის, განსაკუთრებით მისი ძველი უბნების საცხოვრებელი სახლები, რასაც, უკანასკნელ წლებში სეისმოგეოლოგიური პროცესების გააქტიურების შედეგად, სტიქიური უბედურებები, მათ შორის, ადამიანის მსხვერპლიც კი მოჰყვა.

მიგვაჩნია, რომ მსხვილი ნაგებობების, საავტომობილო და სარკინიგზო გზების, გაზისა და ნავთობის მაგისტრალების მშენებლობებს წინ უნდა უსწრებდეს ტერიტორიის საინჟინრო გეოლოგიური და გეოფიზიკური გამოკვლევები, სადაც შეფასებული იქნება გრუნტების მდგომარეობა, გრუნტის წყლის დონე და აგრესიულობა და სხვა ეგზოდინამიკურად და ეკოლოგიურად საშიში პირობები. უნდა აღინიშნოს, როგორც მაღალ განვითარებულ ქვეყნებში, გეოფიზიკური გამოკვლევებისა და დასკვნების ჩატარების გარეშე, არც ერთი მნიშვნელოვანი მშენებლობა არ მიმდინარეობს.

## **§1.2 ძიების გეოფიზიკური მეთოდების როლი ეგზოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების კვლევის საქმეში**

ადამიანები უხსოვარი დროიდან აკვირდებოდნენ ბუნებაში მიმდინარე პროცესებს. პირველყოფილი ადამიანები, რომლებიც გამოქვაბულებში ცხოვრობდნენ და ყოველდღიური თუ პრიმიტიული საყოფაცხოვრებო მოთხოვნილებების დასაკმაყოფილებლად უმარტივეს იარაღებს იყენებდნენ, უფრო მეტად იყვნენ დამოკიდებულნი ბუნების სტიქიურ მოვლენებზე. მიწისძვრები, ვულკანური ამოფრქვევები, წყალდიდობები, ჭექა-ქუხილი და სხვა ბუნებრივი მოვლენები მათთვის თავზარდამცემი ხდებოდა, იწვევდა ზებუნებრივი ძალებისადმი შიშს და სიყვარულს, აღვივებდა მორჩილებისა და მათთვის გამოუცნობი ძალებისადმი თაყვანისცემის

რწმენას, რამაც წარმოშვა ცეცხლის, ჭექა-ქუხილისა და სხვა ძალებისადმი თაყვანისცემის კულტი და სხვადასხვა ეთნოსის ხალხებში რამდენადმე განსხვავებული, თუმცა ზოგადად საერთო ნიშნების მქონე, რიტუალები. ჯერ კიდევ პირველყოფილი თემური წყობილების დროინდელი გამოქვაბულების კედლებიდან შემორჩენილ ნახატებში ჩანს ეგზოდინამიკური პროცესებისადმი ადამიანების პანიკური შიში და მძაფრი განცდები, რომლებიც შემდგომში რელიგიურ რიტუალებში აისახა.

განვითარების შემდგომ ეტაპზე ადამიანებმა ისწავლეს ბუნებრივ პროცესებთან შეგუება, მოვლენების პროგნოზირება და, ამდენად, ისინი გარკვეულ წილად დაცული გახდნენ გარეშე ფაქტორების მავნე ზემოქმედებისაგან. უფრო მეტიც, დღეისათვის შესაძლებელი გახდა ბუნებრივი პროცესების მართვა, გარემოს დაცვა მავნე ბუნებრივი პროცესებისაგან. ეს საკითხი სულ უფრო აქტუალური ხდება, რამეთუ როგორც ანთროპოგენური დატვირთვა, ისე ბუნებრივი პროცესების გავლენა გარემოზე სწრაფად იზრდება. სტიქიური მოვლენების პროგნოზირებასა და მართვის საქმეში დღეისათვის ძიების გეოფიზიკური მეთოდები, შეიძლება ითქვას, ყველაზე ეფექტურად ითვლება. ამ მეთოდების ფართოდ გამოყენება ეგზოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების შესწავლის საქმეში განპირობებულია გეოფიზიკური მეთოდების სიიარაღით, ბუნებაზე უკუმაჩვენებლების არ არსებობით და კვლევის შედეგების ფართო სპექტრით, რაც გამოიხატება მათი უნარით დაფარული სტრუქტურული ერთეულებისა და სტიქიური მოვლენების (განსაკუთრებით ატმოსფერული) პროგნოზირებაში. ბუნებრივი რესურსების ინტენსიურმა ექსპლუატაციამ და ურბანიზაციამ ძალზე აქტუალური გახდა გეოფიზიკური კვლევების ეკოლოგიური მიმართულებები. მოთხოვნები გეოეკოლოგიის მიმართულებით ჩატარებულ გამოკვლევებზე სულ უფრო იზრდება. ამ მიმართულებით, შეიძლება ითქვას, ვითარდება კვლევების ახალი მიმართულება – ეკოგეოფიზიკა.

გეოფიზიკური გამოკვლევების ძირითად საგანს წარმოადგენს დედამიწა და მასში მიმდინარე გეოდინამიკური მოვლენები – მიწისძვრები, მეწყერები, ღვარცოფები, მავნე ნივთიერებათა სამარხები, მოქმედი და მიტოვებული სამთო გამონამუშევრები, გაზისა და ნავთობის მოპოვების, დამუშავების და ტრანსფორმირების არეები, მინარევებით

გაჭუჭყიანებული მიწისქვეშა წყლები და გრუნტები, მსხვილი საინჟინრო ობიექტები. მათი სივრცეში გამოვლენა და შემოკონტურება წარმოადგენს ეკოგეოფიზიკური კარტირების, ხოლო დროში განვითარება - ეკოგეოფიზიკური მონიტორინგის საგანს.

გეოფიზიკური კვლევების წარმატებით წარმართვისათვის აუცილებელია დადგინდეს მათი შესაბამისობა საძიებო ობიექტისადმი, შეირჩეს კვლევების ოპტიმალური კომპლექსი და შემუშავდეს ეფექტური რეკომენდაციები სტიქიური საშიშროებების შესამცირებლად. ადამიანთა მსხვერპლი და ეკონომიკური ზარალი მნიშვნელოვნად მცირდება საფრთხის პროგნოზირებით და შესაბამისი პროფილაქტიკური ღონისძიებების მიღებით. ამ თვალსაზრისით განუზომელია გეოფიზიკური გამოკვლევების როლი. მაგალითისათვის, შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ ჩინეთში, ხაიჩენგის მიწისძვრის წარმატებულმა პროგნოზმა 100000-ზე მეტი სიცოცხლე გადაარჩინა. დიდი წარმატებებია მიღწეული ვულკანური ამოფრქვევების პროგნოზში. კერძოდ, ვულკან პინატუბის ამოფრქვევის წარმატებულმა პროგნოზმა 350000 ადამიანის სიცოცხლე იხსნა. ისეთი, შედარებით ნაკლები რისკის, ეგზოდინამიკური პროცესების, როგორცაა მეწყერები, ღვარცოფები, წყალდიდობები, სხვადასხვა ტიპის ეროზიები, პროგნოზირება კიდევ უფრო წარმატებულია და ფართოდ ხორციელდება.

ცხრილში №4 ნაჩვენებია ძირითადი ბუნებრივი და ტექნოგენური საშიშროებების ნუსხა, რომელთა პროგნოზირებაში და მართვაში შესაძლებელია ძიების გეოფიზიკური მეთოდების გამოყენება.

ცხრილი 4

ბუნებრივი საშიშროებანი	ტექნოგენური საშიშროებები
<p>მიწისძვრები წყალდიდობები მეწყერები ღვარცოფები ზვავები ვულკანური ამოფრქვევები</p>	<p>კაშხლების დაზიანება ნავთობ და გაზსადენების ავარიები რადიაციული ავარიები მომწამვლელი ნივთიერებების სამარხები ნიადაგისა და გრუნტის თვისებების დაქვეითება</p>

გეოფიზიკური კვლევების მეთოდებიდან ეგზოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების შესწავლის საქმეში განსაკუთრებით ეფექტურია ელექტროდიების მეთოდები. გეოფიზიკის ინსტიტუტში არსებული ელექტროდიებისა და საინჟინრო ელექტრომეტრული გამოკვლევების განყოფილება ძირითადად ამ მიმართულებების კვლევებით არის დაკავებული.

სხვადასხვა ტიპის საინჟინრო ამოცანის გადასაწყვეტად ინსტიტუტში წარმატებით გამოიყენება ელექტროდიება ძირითადად ბუნებრივი ელექტრული ველისა (ბევ) და მუდმივი დენის წინაღობის მეთოდების სხვადასხვა მოდიფიკაციებით: ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება (ვეზ), სიმეტრიული (სეკ) და კომბინირებულ ელექტროპროფილირება (კეკ) და სხვა. ამავე საკითხებზე მუშაობს სეისმოდიების განყოფილებაც. კერძოდ სეისმოდიების მეთოდებიდან საინჟინრო ამოცანების გადასაწყვეტად გეოფიზიკის ინსტიტუტში რეგულარულად მიმდინარეობს სავსე სამუშაოები გარდატეხილი ტალღების კორელაციური მეთოდით (გტკმ). ელექტრომეტრული და სეისმომეტრული გამოკვლევების ინტერპრეტაცია მიმდინარეობს კომპლექსურად კომპიუტერული მეთოდების გამოყენებით.

სადისერტაციო შრომის ავტორი გეოფიზიკის ინსტიტუტში უკანასკნელ წლებში ჩატარებული ყველა სავსე საინჟინრო ელექტრომეტრული გამოკვლევების ერთ-ერთი ძირითადი მონაწილეა.

**თავი II. სტიქიური პროცესების შესწავლის სამეცნიერო ბაზა საქართველოს ტერიტორიაზე და მისი დარაიონება ეგზოდინამიკური და ეკოლოგიური საშიშროებების მიხედვით**

**§2.1 სტიქიური-კატასტროფული პროცესების საშიშროების მდგომარეობა და მისი შესწავლის სამეცნიერო ბაზა საქართველოში**

სტიქიური კატასტროფული პროცესების განვითარების მასშტაბით, დროში განმეორებადობითა და მიყენებული ეკონომიკური ზარალის მიხედვით საქართველო

მსოფლიოს მთიან მხარეთა ურთულეს რეგიონს წარმოადგენს. დაზიანებულია თითქმის ყველა ლანდშაფტურ-გეოგრაფიული ზონა, რომლებშიც განვითარებულია ღვარცოფები, მეწყერები, მდინარეთა ეროზიები, ზღვებისა და წყალსაცავების მიერ ნაპირების ჩარეცხვა და სხვა. მათ მიერ გამოწვეული უარყოფითი სოციალურ-ეკონომიკური და გეოეკოლოგიური შედეგები მეურნეობის ყველა სფეროს მოიცავს.

საქართველოს ტერიტორიაზე ბუნების სტიქიური მოვლენები ჯერ კიდევ უხსოვარი დროიდან აღინიშნებოდა. ასე მაგალითად, კატასტროფულმა წყალდიდობამ მდ. რიონზე (1811-12) წლებში მნიშვნელოვნად დააზარალა იმერეთის მოსახლეობა, დაინგრა საცხოვრებელი სახლები, გაჩანაგდა სავარგულები, მოსახლეობის რაოდენობა შემცირდა 30%-ით [19]. ამგვარი წყალდიდობები მდ. რიონზე კიდევ მრავალჯერ 1839, 1912, 1922, 1962, 1982, 1987 წლებშიც განმეორდა, როცა ზოგიერთ შემთხვევაში წყლის დონემ 10 მ-ით აიწია. განსაკუთრებით დიდი კატასტროფული წყალდიდობა დასავლეთ საქართველოში დაფიქსირდა 1987 წელს, როცა დაიტბორა 20000 ჰა-ზე მეტი ფართობი, დაზიანდა და დაინგრა 2000 საცხოვრებელი სახლი, მწყობრიდან გამოვიდა 1,1 ათასი კმ სიგრძის ელექტროგადამცემი ხაზები, ევაკუირებული იქნა 16 ათასი ადამიანი და საერთო ზარალმა 300 მლნ. ამერიკულ დოლარს გადააჭარბა [35].

კატასტროფული წყალდიდობები არაერთხელ აღინიშნა აღმოსავლეთ საქართველოში, მდ. მტკვრის აუზში, კერძოდ, 1939 წ. მდ. მტკვრის დონემ მეტეხის ხილთან 9,6 მეტრით აიწია და გამოიწვია ნაპირების ძლიერი გადარეცხვა.

მეწყერულ-გრავიტაციული და ღვარცოფული პროცესების აქტივიზაციას საქართველოს მთიან რაიონებში ქვეყნისა და მოსახლეობისათვის მძიმე ეკონომიკური ზარალი მოაქვს. ამასთან ერთად, სეისმური საშიშროებების მაღალი რისკის ზონებში ეგზოდინამიკური პროცესები არნახულ მასშტაბებს აღწევს. კერძოდ, 1988 წლის სპიტაკის ტრანზიტული მიწისძვრის, 1991-92 წლების რაჭა-იმერეთის, ფასანაური-ბარისახოს მაღალი ენერგეტიკული დონის მიწისძვრების შედეგად გააქტიურდა ძველი და ახლად წარმოიქმნა 20 ათასზე მეტი მეწყერულ-გრავიტაციული სხეული, რომელთა შედეგად გამოწვეულმა ეკონომიკურმა ზარალმა ათულ მილიონობით აშშ დოლარს გადააჭარბა [42].

სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით, საშიში სტიქიური პროცესების გამო, უკანასკნელ ათწლეულებში საქართველოში სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები მუდმივად მცირდება (7%-ით ბოლო 50 წელში). დღეისათვის კოლხეთის დაბლობის ერთდროს დაჭაობებული, მელიორაციის შედეგად ამოშრობილი მიწების 60% გამეორებით დაჭაობებას განიცდის, რის შედეგად ადგილი აქვს მეწყერული პროცესების განვითარებას. ამ ტერიტორიაზე გამავალი გაზისა და ნავთობის სადენები უშუალოდ არის მოქცეული საშიში ეგზოგენური პროცესების მოქმედების ზონაში [40,46-48].

მეწყერული კერების გააქტიურებას ადგილი აქვს შავი ზღვის სანაპირო ზოლში, სადაც დაფიქსირებულია 6000-მდე მეწყერული უბანი. ზღვიური აბრაზიის შედეგად უკანასკნელი 50 წლის მანძილზე საქართველოს ტერიტორიაზე შავი ზღვის სანაპირო ზოლი შემცირდა 1400 კმ-ით. გეოეკოლოგიური სიტუაციების მკვეთრი უარყოფითი ცვლილებები აღინიშნება ბათუმის, ფოთის, ოჩამჩირის, სოხუმის, გუდაუთის, ტყვარჩელის, გაგრის და სხვა ტერიტორიებზე. სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ფართობი სანაპირო ზოლში, რომელმაც ზარალი განიცადა ეროზიული, მეწყერული და სხვა სტიქიური პროცესებით, აჭარბებს 22%-ს [42]. ამას, გარკვეულ წილად, ხელს უწყობს წყალუბვ მდინარეებზე მსხვილი საინჟინრო ნაგებობები, რომლებიც ამცირებენ მდინარეების დელტაში ჩამონატანის რაოდენობას, რაც იწვევს სანაპირო ზოლის დაწევას და ზღვიური აბრაზიის პროვოცირებას. ამასთან, ანტროპოგენიზაციის შედეგად გარემოს ეკოსისტემაში მიმდინარე უარყოფითმა მოვლენებმა კრიტიკულ ზღვარს მიაღწია, რის შედეგადაც იკარგება თვითრეგულირებისა და თვითაღდგენის უნარი. სანაპირო ზოლის გადარეცხვა განსაკუთრებით ინტენსიურად მიმდინარეობს გასული საუკუნის 90-იანი წლების შემდეგ, როდესაც შეწყდა პლაჟმადგომირებელი მყარი ნატანის დაბალანსების ღონისძიებების განხორციელება.

სტიქიური მოვლენების განსაკუთრებული გააქტიურება დაიწყო 2001 წლიდან და პიკს მიმდინარე წელს მიაღწია. უკიდურესად გამწვავდა მდგომარეობა სვანეთის, რაჭა-ლეჩხუმის, აჭარის, კახეთის, მესხეთისა და გურიის მთიან რეგიონებში.

სტრატეგრაფიული ობიექტებიდან განსაკუთრებული საშიშროების რისკის ზონაში აღმოჩნდა საქართველოს სამხედრო გზა, ტრანსკავკასიის გაზსადენის

მაგისტრალისა და ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის მაგისტრალის ცალკეული უბანი, აგრეთვე ონი-შოვის, ლენტეხი-ჩიხარეშის, ლაჯანური-ცაგერის საავტომობილო გზების მრავალი მონაკვეთი.

საშიში ბუნებრივი კატასტროფული პროცესების შესწავლის სამეცნიერო ბაზა საქართველოში, შეიძლება ითქვას, საკმაოდ ინფორმაციულია. მე-19 საუკუნის მე-2 ნახევრის პერიოდულ გამოცემებში უკვე მოიპოვება სხვადასხვა პუბლიკაციები ამა თუ იმ სტიქიურ მოვლენაზე. მე-19 საუკუნის ბოლო დ მე-20 საუკუნის დასაწყისში სტატკოვსკის, როდნერის, ლისნევსკის, რომინის, ბოგდანოვიჩის და სხვათა შრომებში მოცემულია საქართველოს სამხედრო გზის გეოლოგიური გამოკვლევების ინფორმაციები. 1901 წელს ს. რაუნერის ხელმძღვანელობით დაიწყო დასავლეთ საქართველოში მეწყერების წარმომქმნელი კერების შესწავლა, რის შედეგადაც პირველად იქნა შედგენილი ღვარცოფების წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიების პროექტი. გეგმაზომიერი სამელიორაციო სამუშაოები ნიადაგის ეროზიის წინააღმდეგ საქართველოში დაიწყო მე-20 საუკუნის 20-ანი წლებიდან. ამ გამოკვლევებმა ფართო მასშტაბები შეიძინეს ვ. გუსაკის ხელმძღვანელობით ჩატარებულ სამუშაოებში, რომელიც მიემდვნა საქართველოს სუბტროპიკულ რაიონებში ნიადაგის ეროზიის გამოკვლევას.

ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიისა და მელიორაციის ინსტიტუტის დაარსების შედეგად, 1946 წლიდან ვ. გულისაშვილის, გ. ტარასაშვილის, ზ. გიგაურის და სხვათა მიერ შემუშავებულ იქნა ნიადაგების ეროზიისაგან დაცვის სამელიორაციო ღონისძიებების სისტემა [7,8,10,42].

მეცნიერულად დასაბუთებული გამოკვლევები მეწყერული პროცესების ფორმირებისა და განვითარების შესახებ გვხვდება აკად. ა. ჯანელიძის და მისი მოწაფეების შრომებში. ამ პროცესების მაღალ მეცნიერულ დონეზე შესწავლა და სისტემატიზაცია მოცემულია ი. ბუაჩიძის და მისი თანამშრომლების შრომებში [6].

საქართველოში ღვარცოფების გეგმაზომიერი გამოკვლევა დაიწყო მე-20 საუკუნის 30-იანი წლებიდან. მას შემდეგ ამ საკითხზე გამოქვეყნდა არა ერთი ლიტერატურული

წყარო, რომლებშიც გადმოცემულია ღვარცოფების გენეზისისა და განვითარების თავისებურებანი[1,3-5,8,40-49].

გასული საუკუნის სამოციანი წლებიდან საქართველოში დაიწყო საშიში გეოლოგიური პროცესების ინტენსიური შესწავლა საქართველოს სახელმწიფო გეოლოგიური დეპარტამენტის მიერ. შედგენილია რუქები, რომლებიც ასახავენ საქართველოში ეგზოდინამიკური პროცესების განვითარების სურათს. ამ მხრივ აღსანიშნავია რუქები: საქართველოს ტერიტორიის დარაიონება მეწყერებით დაზიანებებისა და საშიშროებების რისკის მიხედვით; საქართველოს ტერიტორიის დარაიონების რუქა ღვარცოფული მოვლენებით დაზიანების ხარისხისა და აქტივიზაციის რისკის მიხედვით. მსხვილმასშტაბიან თეორიული ხასიათის გამოკვლევებთან ერთად ჩატარებულია დეტალური საინჟინრო გეოლოგიური გამოკვლევები საქართველოში მეწყერ და ღვარცოფსაშიში უბნების შესწავლის მიზნით [46-49].

საქართველოში ეგზოგეოლოგიური პროცესების შესახებ მდიდარ ინფორმაციებზე დაყრდნობით ა. შეკოს ხელმძღვანელობით შემუშავებული იქნა გრძელვადიანი რეგიონალური პროგნოზი მეწყერების, ღვარცოფებისა და აბრაზიების შესახებ [51-53].

ეგზოდინამიკური პროცესების შესწავლა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით საქართველოში ხორციელდება გასული საუკუნის 50-იანი წლებიდან. ამ მიზნით მ. ნოდისას სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტში ჩამოყალიბდა საინჟინრო გეოფიზიკური გამოკვლევების სპეციალური ლაბორატორია (ხელ. მეც. კანდიდატი დ. ციციშვილი), რომელიც სწავლობდა საქართველოში მიმდინარე თითქმის ყველა სახის გეოდინამიკურ პროცესს. ამ საკითხებზე გამოცემული მონოგრაფიები სამაგიდო წიგნია უფრო ახალგაზრდა თაობის მკვლევარებისათვის [46-49].

გასული საუკუნის 90-იანი წლების პირველ ნახევარში, საქართველოში მიმდინარე პოლიტიკური კატაკლიზმების პერიოდში, საშიში გეოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების შესწავლის საქმეში გეგმაზომიერი გეოფიზიკური კვლევები გარკვეული წლების განმავლობაში რამდენადმე შესუსტდა. 2000 წლიდან გეოფიზიკის ინსტიტუტში ისევ ხორციელდება ინტენსიური სამუშაოები, რომლის ერთ-ერთი აქტიური მონაწილეა



აღნიშნული სადისერტაციო ნაშრომის ავტორი. ჩვენი კვლევის აქცენტი ეგზოდინამიკური პროცესებიდან განსაკუთრებით გამახვილებულია მეწყრული და ღვარცოფული მოვლენების შესწავლის საქმეში ძიების გეოფიზიკური მეთოდების ეფექტურობის დადგენაზე და ამ მიმართულებით კვლევის რაციონალური კომპლექსის შემუშავებაზე. ამდენად, ნაშრომში საკმაოდ დეტალურად არის ეს საკითხები გაშუქებული.

## **§2.2 საქართველოს ტერიტორიის დარაიონება ეგზოდინამიკური და ეკოლოგიური საშიშროების მიხედვით**

უკანასკნელ წლებში მკვეთრად გაუარესდა გარემოს დინამიკური წონასწორობის პირობები, რაც გამოწვეულია რიგი სუბიექტური და ობიექტური ფაქტორებით. ეგზოდინამიკური პროცესების შედეგად, მსოფლიო მასშტაბით, განსაკუთრებით კრიზისული სიტუაციაა შექმნილი მთიან რეგიონებში, სადაც გარემოს ლანდშაფტური პირობები ხელს უწყობს სტიქიური პროცესების-მეწყერები, ღვარცოფები, მდინარეთა ნაპირების გადარეცხვა, კლდეზვავები, თოვლის ზვავები და სხვა \_ განვითარებას.

სტიქიური, კატასტროფული პროცესების განვითარების მასშტაბით, დროში განმეორებითა და მიყენებული ეკონომიკური ზარალის მიხედვით საქართველო მსოფლიოს მთიან მხარეთა ერთ-ერთ ურთულეს რეგიონს წარმოადგენს, სადაც სტიქიური პროცესების შედეგად დაზიანებულია თითქმის ყველა ლანდშაფტურ-გეოგრაფიული ზონა. 2005-006 წლებში განვითარებული კლიმატური პირობების შედეგად საქართველოში გეოეკოლოგიური სიტუაცია გართულებულია «დამაბულობიდან» \_ «კრიზისულ» მდგომარეობამდე. ამას კიდევ უფრო ართულებს ის გარემოება, რომ ქვეყნის მთიანი ტერიტორია თითქმის მთლიანად მოქცეულია 7-9 ბალიანი ინტენსივობის მიწისძვრების რისკის არეში, რომლის უარყოფითი ზემოქმედება გამოიხატება საინჟინრო ნაგებობების ნგრევაში და გეოლოგიური კატასტროფული მოვლენების პროვოცირებაში [17, 34,39,42,45,46]. ამ პროცესების განსაკუთრებული გააქტიურება გამოიწვია კაცობრიობის არასწორი საქმიანობის

მაღალმა პრესინგმა; ცალკეულ რეგიონებში ტექტოგენური წნეხის კოეფიციენტმა კრიტიკულ ზღვარს მიაღწია, რასაც, როგორც წესი, მოჰყვება გარემოს ეკოსისტემის შეუქცევადი რღვევა და გეოეკოლოგიური კატაკლიზმები.

საქართველოში, ეგზოდინამიკური პროცესების შეფასებისა და დარაიონების თვალსაზრისით, უკანასკნელ წლებში მნიშვნელოვანი გამოკვლევებია ჩატარებული. კერძოდ, ე. წერეთლის მიერ [42] საქართველოს მთელი ტერიტორია დაყოფილია 10 რეგიონად, რასაც საფუძვლად უდევს გეომორფოლოგიურ, გეოტექნიკურ და ეგზოდინამიკურ პროცესებზე საშიშროების რისკი. მეწყერული და ღვარცოფული დაზიანებებისა და საშიშროებების რისკის მიხედვით შედგენილია საქართველოს ტერიტორიის დარაიონების რუკა. ქვემოთ მოკლედ არის განხილული თითოეულ რეგიონში სტიქიური კატასტროფული მოვლენების სახეები და თავისებურებანი.

აჭარის რეგიონში ტერიტორიის რელიეფი იცვლება საკმაოდ დიდ ფარგლებში - ზღვის დონიდან საკმაოდ მაღალ მთიანამდე. ამასთან დაკავშირებით, სხვადასხვა ლანდშაფტურ ზონაში ადგილი აქვს ეგზოდინამიკური პროცესების სპეციფიკურ გამოვლინებებს. კერძოდ, ზღვისპირეთში გაბატონებულ ადგილს იკავებს ზღვისა და მდინარეთა ნაპირების ინტენსიური გადარეცხვა, გორაკ-ბორცვიან ზონაში-მეწყერული პროცესები; მთიან ზონაში - მეწყერების, ღვარცოფების, ფერდობული ეროზიის და თოვლის ზვავების კომპლექსური განვითარება. რეგიონში ბუნებრივ-ანთროპოგენური პროცესების არნახულმა გააქტიურებამ და მათგან გამოწვეულმა სოციალურ-ეკონომიკურმა პრობლემებმა კრიზისული სახე მიიღო - მოსახლეობისაგან დაცარიელდა რიგი დასახლებული ადგილები, ეკონომიკურმა ზარალმა მილიონობით ლარს გადააჭარბა. ტერიტორიის უსისტემო ათვისებამ მრავალსპექტრიანი ლანდშაფტის ძლიერი ანთროპოგენიზაცია გამოიწვია, მოხდა გარემოს, რიგ შემთხვევაში, შეუქცევადი რღვევა და, ფაქტიურად, მთელი მთიანი აჭარა მოექცა საქართველოში ბუნებრივი ტექნოგენური კატასტროფების ხშირი განმეორებადობის ყველაზე მაღალი რისკის არეში.

აჭარის რეგიონისათვის შედგენილია სტიქიური გეოლოგიური პროცესების საშიშროების ზონაში მოქცეული დასახლებული პუნქტების რუკა (მასშტ.1:225000),

სადაც გამოყოფილია სტიქიური პროცესების განსაკუთრებით საშიში უბნები. ცხადია, კატასტროფული რისკის ზონაში ზღვის სანაპირო ზოლთან შედარებით უფრო მეტად არის მოქცეული მთიანი აჭარის, განსაკუთრებით შუახევისა და ხულოს რაიონები.

საინჟინრო გეოდინამიკური პირობების მიხედვით საკმაოდ რთულ რეგიონად ითვლება გურიის რეგიონი. შედგენილია რუქა (მასშტ. 1:200000), სადაც გამოყოფილია სტიქიური პროცესებით განსაკუთრებით დამაბული უბნები. აქედან ჩანს, რომ ბუნებრივი სტიქიური პროცესები ფართის მიხედვით უფრო მეტად არის განვითარებული გურიის მაღალმთიან ჩოხატაურის რაიონში.

სამეგრელო-ზემო სვანეთის რეგიონის ლანდშაფტურ-გეომორფოლოგიური პირობები ერთმანეთისაგან მკვეთრად არის განსხვავებული. აქედან გამომდინარე, განსხვავებულია რეგიონში გავრცელებული მეწყერებისა და ღვარცოფების მოძრაობის მექანიზმი, აქტიურობა და სივრცობრივი განლაგება. კერძოდ, კოლხეთის დაბლობზე, სამეგრელოს სამხრეთ პერიფერიაზე მეწყერული პროცესების ტერიტორიის დაზიანების კოეფიციენტი პრაქტიკულად ნულის ტოლია, ხოლო საშუალო და მაღალმთიან რაიონებში ფორმირდება ტექტოსეისმოგენური და ეროზიული და გრავიტაციული პროცესების შედეგად წარმოშობილი მეწყერები და ღვარცოფები. სტიქიური პროცესების განსაკუთრებული აქტიურობით ხასიათდება მესტიის რაიონი, სადაც მეწყერული და ღვარცოფული კერები ძირითადად ფორმირდება იურული ასაკის ნალექების – თიხაფიქლების გამოფიტვის ქვადორდიან ზონაში. ზემო სვანეთისა და სამეგრელოს რეგიონებისათვის ცალ-ცალკე არის შედგენილი გეოლოგიური პროცესების საშიშ ზონაში მოქცეული დასახლებული პუნქტების რუქა (მასშტ. 1:300000).

რაჭა-ლეჩხუმისა და ქვემო სვანეთის რეგიონი მიეკუთვნება მთიან ზონას და ხასიათდება საკმაოდ რთული ლანდშაფტურ-კლიმატური პირობებით. რეგიონში ეგზოდინამიკური პროცესების გააქტიურების მთავარი რისკ-ფაქტორებია: რთული რელიეფი, ქანების გეოლოგიური აგებულება, ტექტონიკური მოძრაობები, კლიმატური თავისებურებანი, ანთროპოგენური ზემოქმედება ბიოსფეროზე და განსაკუთრებით უკანასკნელ წლებში მიწისძვრებს შორის არსებული წონასწორობის პირობების დარღვევა. სტიქიური პროცესებით განსაკუთრებით დამაბული რისკის უბნების

არსებობა აღინიშნება ლენტეხის რაიონში 6 უბანზე, ცაგერის რაიონში 4 უბანზე, ამბროლაურის რაიონში 5 უბანზე და ონის რაიონში სამ უბანზე. ამ რაიონებისათვის შედგენილია სტიქიური საშიშროების რუკები (მასშტ. 1:200000).

**მთიულეთის** რეგიონში უკანასკნელ წლებში გააქტიურდა მეწყერები, ღვარცოფები, თოვლის ზვავები. ამ პროცესების განვითარება-გააქტიურების მთავარი ბუნებრივ-ანთროპოგენური ფაქტორებია რეგიონში რელიეფის მკვეთრად გამოხატული ვერტიკალური კონტრასტულობა, სადაც გამოიყოფა ყველა მორფოლოგიური ზონა ვაკე აკუმულაციური და მთის წინეთის გორაკ-ბორცვიანი ტერასული რელიეფით დაწყებული და მაღალმთიანი გლაციალურით დამთავრებული. ყურადსაღებია რეგიონში გავრცელებული ნალექების აგებულება, ფიზიკური პარამეტრები. იურული ასაკის ტერიგენულ-მეტამორფული თიხაფიქლები, არგილიტები, ასპიდური ფიქლები და ქვიშაქვები, მოდასური ნალექები – სუსტად შეცემენტებული კონგლომერატები, თიხები და ქვიშაქვები ადვილად ემორჩილებიან ეგზოგენურ აგენტებს. ამასთან, გართულებულია ტექტონიკური, უმეტესწილად აქტიური, რღვევებით, რომელთა გასწვრივ მიმდინარეობს ცალკეული ბლოკების ვერტიკალური გადაადგილება და სეისმური მოვლენების გააქტიურება. ტექტონოგენური პრესინგით გამოწვეული გეოეკოლოგიური გართულებები განსაკუთრებით თვალში საცემია საავტომობილო გზების და ტრანსკავკასიის გაზსადენი მაგისტრალების გასწვრივ. აღსანიშნავია ტექნოგენური ღვარცოფების განვითარება ჟინვალის წყალსაცავის ირგვლივ, მდინარე არაგვის ორივე ფერდობზე. გამოცოცხლდა პოტენციურად საშიშ მდგომარეობაში მყოფი და განვითარდა ახალი მეწყერული კერები. ჩამოთვლილი ფაქტორების შედეგად დღეისათვის რეგიონში არსებობს კრიზისული გეოეკოლოგიური სიტუაცია, რეგიონისათვის შედგენილია რუკა (მასშტ. 1:500000), სადაც ყაზბეგის, დუშეთის, ახალგორის, თიანეთის და მცხეთის რაიონებში სტიქიური პროცესებით განსაკუთრებით დაძაბული უბნებია გამოყოფილი.

**შიდა ქართლის** რეგიონში ეგზოდინამიკური პროცესები ხასიათდება რთული დინამიკით. აქ განვითარებულია როგორც ზედაპირული (2-3 მ სიმძლავრის), ისე ღრმა (15-20მ სიმძლავრის) ცოცვის ზედაპირის მქონე მეწყერები. რთულ მეწყერებს ხშირად

ორი ან მეტი ზედაპირი აქვთ. რეგიონში განსაკუთრებით ფართოდაა გავრცელებული ღვარცოფები. კერძოდ, თრიალეთის ქედის თითქმის ყველა მდინარე წყალქვიან-ტალახიანია და გამონატანი მასალის სიუხვით ხასიათდება. შედგენილია რუქა (მასშტ. 1:350000), სადაც შიდა ქართლის რეგიონისათვის გამოყოფილია სტიქიური პროცესებით განსაკუთრებით დამაბული უბნები.

**მესხეთ-ჯავახეთის** რეგიონში ფართოდაა გავრცელებული მეწყრული, ღვარცოფული, ეროზიული, კლდეზვაური, დატბორვითი, თოვლის ზვავების პროცესები. მათი სახეები და ინტენსივობა განსაკუთრებულია სეისმოტექტონიკური, გეოლოგიური, გეომორფოლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური ანტროპოგენური ფაქტორებით. ეგზოდინამიკური პროცესების გააქტიურება გამოიწვია ბაქო-ჯეიჰანის მაგისტრალური ნავთობსადენის მაგისტრალის გასწვრივ ხშირად არაკვალიფიციურად (გეგმაზომიერი გეოლოგიური და გეოფიზიკური გამოკვლევების გარეშე) ჩატარებულმა საინჟინრო სამუშაოებმა. შედგენილია რუქა (მასშტ. 1:350000), სადაც რეგიონებისათვის გამოყოფილია სტიქიური პროცესებით განსაკუთრებით დამაბული უბნები.

**კახეთის რეგიონში** უკანასკნელ წლებში აღინიშნება საშიში გეოდინამიკური პროცესების გააქტიურება, ღვარცოფები, მეწყერები, ფერდობების ეროზია, მდინარეთა ნაპირების გადარეცხვა, თოვლის ზვავები და სხვა ღვარცოფული და მეწყრული მოვლენები ფართოდ არის განვითარებული მთიანი კახეთისა და ცივ-გომბორის სეისმოტექტონიკურ ზონებში. აქ განვითარებული მეწყერები და ღვარცოფები ხასიათდება მასშტაბებით და ხშირი განმეორებადობით. მაგალითისათვის შეიძლება დავასახელოთ ღვარცოფების მასშტაბურობა და სიხშირე დურუჯის ხეობაში (ამაზე ვრცლად შევჩერდებით III თავში), რასაც ადამიანთა მსხვერპლიც ახლდა. კახეთის რეგიონისათვის შედგენილია რუქა (მასშტ. 1:500000), სადაც გამოყოფილია სტიქიური მოვლენებით განსაკუთრებით დამაბული უბნები..

**ქვემო ქართლის** რეგიონში ეგზოდინამიკური პროცესები ხშირი, თუმცა შედარებით ნაკლები მასშტაბებით ხასიათდება. რეგიონისათვის შედგენილია რუქა (მასშტ. 1:350000), სადაც გამოყოფილია სტიქიური მოვლენებით საშიში უბნები.

საქართველოს ტერიტორიაზე მეწყერების სივრცობრივი განაწილებისა და ინტენსიურობის მიხედვით გამოყოფენ 7 რაიონს. თითოეული რაიონი მეწყერული პროცესებით გამოწვეული დაზიანების ხარისხისა და განვითარების რისკის მიხედვით დაყოფილია ქვერაიონებად. სულ გამოყოფილია 32 ქვერაიონი. გამოყოფილი რაიონებია:

1. მეწყერებით ძლიერ დაზიანებული რაიონი მოიცავს რაჭა-ლეჩხუმის სინკლინურ დეპრესიას, ზემო იმერეთის ზეგანს, აჭარა-თრიალეთის ქედის ნაწილს, შავი ზღვის სანაპიროს ზოლს აფხაზეთის ზერიტორიაზე და მთიან აფხაზეთს. აღნიშნულ რაიონებში საშიშროების კოეფიციენტი 0.7-0.9. რაჭა-ლეჩხუმის სინკლინურ დეპრესიაში განვითარებულია ზედაპირული მეწყერები. გადაადგილების მექანიზმის მიხედვით გამოყოფილია: მეწყერული ნაკადები (ტოლა, გენდუში), პლასტიკური გადაადგილების მეწყერები (ჩორჯო, ზნაკვა), მცოცავი მეწყერები (ბუგეული, ჟოშხა). მეწყერები ვითარდება ფერდობების გასწვრივ ოლიგოცენ-მიოცენის, ზედა იურის ფერადი წყების და ალუვიალურ-დელუვიალურ ნალექებში. ზედა-იმერეთის ზეგანზე მეწყერების ფორმირება ძირითადად ხდება გამოფიტვის ქერქში – ალუვიალურ-დელუვიალურ ნალექებში. შავი ზღვის სანაპირო ზოლში აფხაზეთის ტერიტორიაზე მეწყერები ძირითადად დაკავშირებულია მაიკოპის წყების ქანების, ხოლო მთიან აფხაზეთში მეწყერები ფორმირდება ვულკანოგენური ქანების გამოფიტვის ქერქში.
2. მეწყერებით დაზიანებული რაიონი – მოიცავს ძირითადად გურიას, აჭარას, სოჩა-ადლერის დეპრესიას, ოკრიბას, ცივ-გომბორის ქედს. აღნიშნულ რაიონში მეწყერული პროცესების განვითარების რისკია 0.5-0.7. გურიისა და აჭარის მთიანეთში განვითარებულია ძირითადად ცოცვის, შედარებით ნაკლებად პლასტიური ტიპის მეწყერები, რომლებიც დაკავშირებულია ეოცენური ასაკის ვულკანოგენურ დანალექ ფორმაციებთან. სოჩა-ადლერის დეპრესიაში ძირითადად განვითარებულია მცოცავი და პლასტიკური ტიპის მეწყერები. ოკრიბაში მეწყერული პროცესები განვითარებულია მდ. ცხენისწყლის და მდ. რიონის აუზებს შორის, სადაც წარმოდგენილია იურული ასაკის პორფირიტული წყებისა და კიმერიჯული ასაკის ნალექები. ცივ გომბორის მთათა სისტემაში

განვითარებულია ძირითადად ღრმა და ზედღრმა ტიპის მეწყრები, რომლებიც ფორმირდება მოლასურ ნალექებში ჰიდროსტატიკური და ჰიდროდინამიკური ფაქტორებით.

3. მეწყრებით მნიშვნელოვნად დაზიანებული რაიონი, სადაც მეწყრული პროცესების განვითარების ალბათობა საშუალოა (რისკ-ფაქტორი 03.-05.). განვითარებულია ძირითადად პლასტიური ტიპის მეწყრები. ისინი ფორმირდება კავკასიონის სამხრეთ ფერდზე (მდ. დიდი ლიახვის და მდ. არაგვის აუზებს შორის), რომელიც აგებულია ტერიგენული ფლიშებით და თიხიან ფორმაციებზე შეცოცებული ტერიგენული ნალექებით. ამავე ტიპის მეწყრებია განვითარებული ჩრდილო კოლხეთის ბორცვიან-ტერასულ მთისპირეთში, რომელიც იჭერს ფართს მდ. ენგურსა და მდ. ცხენისწყალს შორის.
4. მეწყრებით საშუალოდ დაზიანებული რაიონი, სადაც მეწყრული პროცესების განვითარების ალბათობა შესამჩნევია (რისკ-ფაქტორი ნაკლებია 0.3). იგი მოიცავს აჭარა-იმერეთის ქედის ჩრდილო ფერდს, სადაც მეწყრული კერები ფორმირდება ვულკანოგენურ-დანალექი ქანების გამოფიტვის ქერქში. ასპინძა-მანგლისის ტექტონიკურ ქვეზონაში მეწყრები ძირითადად განვითარებულია ტექტონიკური შეცოცებისა და რღვევების გასწვრივ და დაკავშირებულია ფლიშურ ნალექებთან. ასეთივე ტიპის მეწყრები ვითარდება ტირიფონ-მუხრანის ველზე მოლასურ და ნაწილობრივ ტერიგენულ ფორმაციებში და კავკასიონის სამხრეთი ფერდის აფხაზეთის ქვეზონის ტერიგენულ-მეტაფორფულ და ფლიშურ ნალექებში, აგრეთვე ცივ-გომბორის ქედზე სიონის წყალსაცავიდან ს. კაკაბეთამდე, კარდანახი სიღნაღი-წითელი წყაროს ზოლში. ანალოგიური ინტესივობისა და რისკ ფაქტორების მეწყრები ფორმირდება გორის, კასპის, გაჩიანის მიდამოებში მდ. მტკვრისა და მისი შენაკადების გასწვრივ სარწყავი არხებით დასერილ ტერასებზე.
5. მეწყრებით მცირედ დაზიანებული რაიონი, სადაც მეწყრული პროცესების წარმოშობა და აქტივიზაცია ნაკლებად ალბათურია (რისკ ფაქტორის კოეფიციენტი  $k=0.01 - 0.1$ ). იგი იჭერს დიდ ფართს კავკასიონის სამხრეთ ფერდზე,

მცირე კავკასიონზე (ლოქისა და ხრამის მასივებზე), დასავლეთ საქართველოში დაკარსტულ ქანებში (კარბონატულ ტერიგენული ფორმაცია). ლოქისა და ხრამის მასივებზე კრისტალური ფუნდამენტის ტერიგენულ მეტამორფული და ვულკანოგენურ-დანალექი ფორმაციები ძლიერ დისლოცირებულია. მისი საკმაოდ ღრმა გამოფიტვის ქერქი პოტენციურად მეწყრულია და წონასწორობიდან ადვილად შეიძლება გამოვიდეს როგორც ბუნებრივი ეგზოგენური ფაქტორების, ისე ბუნებაზე ანტროპოგენური ჩარევით.

6. მეწყერებით ძალიან მცირედ დაზიანებული რაიონი, სადაც მეწყრული პროცესების წარმოშობის ალბათობა ძალიან მცირეა (რისკ ფაქტორი ნაკლებია 0.01). იგი მოიცავს კელასურის გრანიტოიდულ მასივს, ჯავახეთისა და ერუშეთის მთიანეთს, დეპრესიულ ზოლს მდ. მტკვრის, ალგეთისა და ხრამის გასწვრივ, მარნეულისა და გარე კახეთის მიდამოებს.
7. მეწყერებით დაუზიანებელი ტერიტორია. აქ მეწყერები, როგორც ბუნებრივი გეოლოგიური პროცესი, რელიეფის სიწყნარის და ნაკლებად ეროზიულობის გამო, არ ფორმირდებიან.

მრავალწლიანი დაკვირვებების შედეგად, ე. წერეთლის მიერ ე.წ. შიგა და გარე ფაქტორების გათვალისწინებით, დადგენილია გეოდინამიკური პროცესების ტიპიზაცია. გამოვლენილია სხვადასხვა სახისა და ფორმის საინჟინრო გეოლოგიური კომპლექსის სივრცობრივი განაწილების ძირითადი კანონზომიერებანი. კერძოდ, დადგენილია მჭიდრო ურთიერთკავშირი ლანდშაფტურ პირობებსა და საშიშ გეოდინამიკურ პროცესებს შორის. ბუნებაში აღინიშნება როგორც პირველადი, ისე მეორადი ფერდობები, რომლებიც განსხვავდებიან მორფოლოგიით, შედგენილობით და მათში მიმდინარე პროცესების დინამიკით. ფერდობის ფორმირების პროცესების შედეგად, წარმოიშობა შესაბამისი გენეტიკური ტიპის ფერდობი, რომლის გეომეტრია არის გეოდინამიკური ციკლის განვითარების ფუნქცია. ანალოგიურად, კლიმატური ფაქტორი განსაზღვრავს საშიში გეოდინამიკური პროცესების განვითარების ხასიათს, რომლის აქტიურობის ხარისხი მეტეოროლოგიური ფაქტორების ცვალებადობის შესაბამისად იცვლება. მაგალითისათვის,



მრავალწლიანი ნორმისაგან ნაკლები ნალექების მოსვლის შემთხვევაში პოტენციურად საშიში მეწყრული უბნები დროებით სტაბილური ხდება. თუ დღე-ღამის განმავლობაში მოდის 30 მმ ნალექზე მეტი, იქმნება ღვარცოფული პროცესების წარმოშობის საშიშროება, ხოლო თუ დღეღამური ნალექები აღემატება 80-120 მმ-ს, ყველა ლანდშაფტურ გეომორფოლოგიურ ზონაში ვითარდება საშიში ღვარცოფული პროცესები. ეგზოდინამიკური პროცესების (მეწყერები, ღვარცოფები) გამოვლენის ხარისხზე ლანდშაფტთან ერთად არსებით გავლენას ახდენს მათი ამგები ფორმაციების ასაკი, პეტროფიზიკური შედგენილობა და ნეოტექნიკა. კერძოდ, მთათა წარმოქმნის და დაძირვის ტემპი კავკასიაში, იზრდება პლეისტოცენიდან და კულმინაციას აღწევს ჰილოცენში, როცა ცალკეული სტრუქტურების ამალღება შეადგენს 10-15 მმ/წლ., ხოლო დაძირვა სანაპირო ზოლის ცალკეულ უბნებზე – 6-12 მმ/წლ., რასაც ასეთ რეგიონებში შეესაბამება ეგზოდინამიკური პროცესების მაქსიმალური აქტივიზაცია [15,16].

ფერდობების მდგრადობას ასუსტებს და გრავიტაციულ მოძრაობებს ააქტიურებს მიწისძვრები, რომლებიც იწვევს რღვევით დისლოკაციებს, ჩამოქცევებს, მეწყრების, ღვარცოფებისა და ზვავების წარმოშობას. სეისმურობის განსაკუთებული გააქტიურება იწყება XX საუკუნის შუა წლებიდან, 9 ბალიანი მიწისძვრების განმეორებადობა აღინიშნება 60-100 წელიწადში, 8 ბალიანის – 40-50 წლ-ში, 7 ბალიანის – 30 წლ-ში, 6 ბალიანის – 10-15 წლ-ში, 5 ბალიანის – 4 წლ-ში, 2 ბალიანის 2 – წლ-ში. მძლავრი მეწყრულ-გრავიტაციული მოვლენები ძლიერი მიწისძვრების არეების გარეთაც ტრანზიტულ ზონებშიც ფორმირდება [42].

კავკასიაში აღრიცხული 5000-ზე მეტი ღვარცოფული აუზიდან საქართველოზე თითქმის ნახევარზე მეტი მოდის. ისინი ინტენსიურად არის განვითარებული კავკასიონის სამხრეთი ფერდის მდინარეთა კალაპოტებში, აგრეთვე, აჭარა-თრიალეთის მოლასური ნალექების გავრცელების ზოლში. ღვარცოფების მიერ ჩამოტანილი მასალის შედგენილობა და სიმძლავრე რეგიონის გეომორფოლოგიური პირობებითა და მისი ამგები ქანების თვისებებით განისაზღვრება. კერძოდ, მთისწინა ბორცვიდან და მაღალმთიან მასივებზე დომინირებს ეროზიულ-მეწყრული

პროცესები, საშუალო სიმაღლის მთიან რაიონებში – გრავიტაციულ-მეწყრული, მაღალმთიან რაიონებში გრავიტაციულ-ღვარცოფული პროცესები და ზვავები, ხოლო ალპურ ზონებში – გლაციალურ-ღვარცოფული პროცესები.

ღვარცოფების ფორმირების პირობებისა და რისკის მიხედვით საქართველოს ტერიტორია ე. წერეთლის მიერ [42] დაყოფილია რეგიონებად: 1. ძლიერ საშიში, სადაც საშიშროების რისკი  $K = 0.9$ , 2. მაღალი რისკის ( $K = 0.8$ ); 3. მომეტებული რისკის ( $K = 0.5 - 0.6$ ) 4. მნიშვნელოვანი რისკის ( $K = 0.3 - 0.5$ ) 5. საშუალო რისკის ( $K = 0.1 - 0.3$ ) 6. მცირე რისკის ( $K = 0.01 - 0.1$ ) 7. შეზღუდული რისკის ( $k < 0.01$ ) რეგიონები.

როგორც აქედან ჩანს, ე. წერეთელი იძლევა მეწყრული და ღვარცოფული პროცესების მიხედვით საქართველოს ტერიტორიის დარაიონებას ორი ნიშნის – ადმინისტრაციულ – ტერიტორიული და პროცესების განმეორებადობის საშიშროების ნიშნის მიხედვით. მიგვაჩნია, რომ დარაიონება ადმინისტრაციულ-ტერიტორიული ნიშნის მიხედვით ნაკლებად დამაჯერებელია, რამდენადაც მეწყრებისა და ღვარცოფების ტერიტორიული განაწილება და მისი მორფოსტრუქტურა გეოგრაფიულ საზღვრებს არ ექვემდებარება, ხოლო საშიშროების რისკის მიხედვით ერთიდაიმავე გეოტექტონიკურ ზონაში ხშირად მოქცეულია მეწყრული და ღვარცოფული რეგიონები, სადაც პროცესების ტიპიზაცია აფორმით, მასშტაბურობით და გენეზისის პირობებით ხშირად არ ხერხდება. უფრო ადეკვატურად და ლოგიკურად მიგვაჩნია მეწყრებისა და ღვარცოფების განაწილების მიხედვით საქართველოს ტერიტორიის დაყოფა გეომორფოლოგიური ნიშნის მიხედვით, სადაც რეგიონის გეოტექტონიკური დარაიონებაც იქნება გათვალისწინებული. ასეთ შემთხვევაში, მაგალითად, კავკასიონის სამხრეთ ფერდის გასწვრივ განვითარებული მეწყრები და ღვარცოფები გეომორფოლოგიური ნიშნის მიხედვით მოხვდებიან ერთ, მაგრამ გეოტექტონიკური ზონების მიხედვით ხშირად განსხვავებულ, ჯგუფებში, რაც განაპირობებს მათში ეგზოდინამიკური პროცესების თავისებურებებს და, ამდენად, კლასიფიკაციისთვის დამატებითი კრიტერიუმი ხდება.

სტიქიურ პროცესებს შორის კავშირის დადგენა გართულებულია მრავალფაქტორიანობით და მაინც, აქ ერთ-ერთი ძირითადია გეოლოგიური ფაქტორი, რომელიც განსაზღვრავს მეწყერებისა და ღვარცოფების სიმძლავრეს, მათ სტრუქტურას, გენეზისისა და გადაადგილების მექანიზმს და განმეორებადობას.

### **თავი III. საქართველოს ტერიტორიაზე ეგზოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების კვლევა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით.**

ეგზოდინამიკური პროცესებიდან განსაკუთრებით კატასტროფული შედეგებით ხასიათდება მეწყერები და ღვარცოფები. მათ მიერ გამოწვეული ეკონომიკური ზარალი განუზომელია და კაცობრიობისათვის მიყენებული ფიზიკური და მორალური ტრავმების შეფასება ალურიცხველი და ფაქტიურად შეუძლებელია. სადისერტაციო ნაშრომში ჩვენი ყურადღება სტიქიური კატასტროფების ამ ორ მონსტრზე იქნება გამახვილებული.

#### **§3.1 მეწყერული პროცესების შესწავლა საქართველოს ტერიტორიაზე ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით**

ეგზოგენურ პროცესებს შორის მეწყერები ითვლება ერთ-ერთ ყველაზე უფრო მეტად გავრცელებულ სახედ, რომელიც თავისი კატასტროფული შედეგებით კაცობრიობას უდიდესი ეკონომიური და მორალური წნეხის ქვეშ აყენებს. მისი გენეზისის და გარეშე ფაქტორებზე დამოკიდებულების საკითხი ნაშრომში საკმაოდ ვრცლად იყო განხილული, ამიტომ აქ მასზე აღარ შევჩერდებით. ქვემოთ ნაჩვენებია ძიების გეოფიზიკური მეთოდების როლი მეწყერებით გამოწვეული შედეგების შესწავლის საქმეში რაჭაში ჩატარებული საველე ელექტრომეტრიული და სეისმომეტრიული გამოკვლევების მიხედვით.

### §3.2 ბუგეულის მეწყერის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების გამოკვლევა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით

საქართველოს ტერიტორიის დიდი ნაწილი ხასიათდება მთიანი რელიეფით, სადაც ფართოდ არის გავრცელებული ეგზოდინამიკური პროცესები (მეწყერები, ღვარცოფები, ეროზიები და სხვა). ამ თვალსაზრისით ერთ-ერთ საშიშ რეგიონს წარმოადგენს მთიანი რაჭა, სადაც ძალუმადაა გავრცელებული განსხვავებული ტიპისა და ინტენსივობის მეწყრული მოვლენები, რაც დიდ საშიშროებას უქმნის ადგილობრივ მოსახლეობას.

უკანასკნელ წლებში გააქტიურებულმა მეწყრულმა პროცესებმა დიდად დააზარალა რაჭის მოსახლეობა. ამის შედეგად ზოგიერთი, ერთ დროს მჭიდროდ დასახლებული, პუნქტი მოსახლეობისაგან საერთოდ დაცარიელდა (კლდის უბანი, სარტყი), ხოლო ზოგიერთ სოფელში მუდმივად მაცხოვრებელთა რიცხვი საგრძნობლად შემცირდა (ბარეული, დიდი ჩორჯო, პირველი ტოლა, გენდუში, ჟოშხა და სხვა). რაჭის ტერიტორიაზე მეწყერული პროცესების გააქტიურებას ხელი შეუწყო ბოლო წლებში ამ რეგიონში განვითარებულმა ხშირმა სეისმურმა პროცესებმა, რაც იწვევს მეწყრული პროცესების პროვოცირებას.

2003 წლის აპრილში ამბროლაურის რაიონის სოფ. ბუგეულში ხანგრძლივი წვიმების შედეგად თიხიანი გრუნტი გაჯერებულ იქნა წყლით, რამაც სოფლის ერთ-ერთ უსახელო ღელეში (მდ. რიონის მარცხენა შენაკადი) გამოიწვია მეწყერი და მოსახლეობის ნაწილს საგრძნობი ზარალი მოუტანა. მეწყრული მასის გადაადგილება ღელის კალაპოტში მიმდინარეობდა სამი დღის განმავლობაში დაბალი სიჩქარით (0,4-0,5 კმ/დღე-ღამეში). მდინარის კალაპოტში ძირითადი ქანების (თიხიანი ქვიშაქვები) წლის პირობები თანხვედრილია რელიეფთან, რაც ხელს უწყობს მეწყერის წარმოშობას. მეწყერის შედეგად ღელის კალაპოტში გადაადგილდა 50000 მ<sup>3</sup> მოცულობის მასა.

მეწყერების და მეწყერსაშიში უბნების საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების შესწავლისათვის გამოყენებულ იქნა ძიების გეოფიზიკური მეთოდების კომპლექსი-ელექტროძიება (ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების) სიმეტრიული

ელექტრული პროფილირების და ბუნებრივი ელექტრული ველის მეთოდები) და სეისმოძიება (გარდატეხილი ტალღების კორელაციური მეთოდი) [23].

გეოფიზიკური პროფილების და დაკვირვების წერტილების განლაგება ნაჩვენებია სქემატურ ნახაზზე (ნახ. 1).

ბევ მეთოდით კვლევის მიზანს შეადგენდა დამეწერილ ფართზე და მიმდებარე ტერიტორიაზე გრუნტის წყლის მოძრაობის მიმართულებისა და სიჩქარის (მიახლოებით) განსაზღვრა. დაკვირვებები ჩატარდა გრადიენტის მოდიფიკაციით [25, 26, 33, 37, 54]. მანძილები დაკვირვების წერტილებს შორის შეადგენდა 25 მეტრს. გაზომვები ტარდებოდა უშუალოდ დამეწერილი მასის ზედაპირზე, აგრეთვე ღელის ორივე ფერდოზე, შედარებით მდგრად გრუნტზე.

პროფ I-I' აჩვენებს, რომ ამ უბანზე ადგილი აქვს გრუნტის წყლის ინტენსიურ დინებას მდინარე რიონის მიმართულებით. პროფ. II-II' გადის მდ. რიონის პარალელურად მისგან 50 მეტრში. როგორც ნახაზიდან ჩანს, გრუნტის წყალი გადაადგილდება მდ. რიონის მიმართულებით (ნახ. 2).

პროფ. V-V' გადის ღელის მარცხენა ნაპირზე. მის გასწვრივ ადგილი აქვს გრუნტის წყლის ინტენსიურ მოდინებას ღელის სათავიდან შესართავისკენ. ამასთან, წ. 70-დან 65-მდე აღინიშნება გრუნტის წყლის დინების მიმართულების შეცვლა (ნახაზზე დინების მიმართულება ნაჩვენებია ისრით). ვიზუალური დაკვირვებით ჩანს, რომ 65-ე წერტილზე მთავრდება დამეწერილი მასის გადაადგილება. პროფ VI-VI' გადის დამეწერილი მასის ცენტრზე ღელის დინების მიმართულებით (ნახ.3). ნახაზზე ისარი აჩვენებს, რომ მიწისქვეშა წყლის დინების მიმართულება წარმოადგენს რელიეფის სარკულ ანარეკლს. 60-56 წერტილებს შორის დინების მიმართულება იცვლება, რაც ემთხვევა ღელის კალაპოტში დამეწერილი მასის გადაადგილების ბოლოს (მეწერის ენას).

ბევ-ს განაწილების ანალოგიური სურათი დაიკვირვება პარალელურ პროფილებზე VII-VII', VIII-VIII' და IX-IX'. მიწისქვეშა ფილტრაციული ნაკადის სიჩქარეები ამ პროფილების გასწვრივ დაახლოებით თანაბარია.

ნახ. 4-ზე ნაჩვენებია დამეწყრილი სხეულის გასწვრივ ბუნებრივი ელექტრული ველის სივრცული განაწილების სურათი.

დამეწყრილი მასის სიმძლავრის განსაზღვრა ჩატარდა ვეზ-ის ინტერპრეტაციის შედეგად [25, 26, 32]. საველე პირობებში განისაზღვრა ძირითადი ქანებისა და დამეწყრილი მასის ხვედრითი ელექტრული წინაღობა. უნდა აღინიშნოს, რომ დამეწყრილი მასისა და ძირითადი ქანების ელექტრული პარამეტრი ერთმანეთისაგან დიდად არ განსხვავდება. კერძოდ, დამეწყრილი მასის წინაღობა იცვლება 10-15 ომმ-ის ფარგლებში. მასში გამოიყოფა ცალკეული მეტად გაწყლიანებული უბნები, სადაც  $\rho$  მცირდება 6-8 ომმ-მდე. დამეწყრილი მასა გადაფარავს სუსტად დაფიქლებულ თაბაშირიან თიხებს, რომელთა ხვედრითი ელექტრული წინაღობა ლატერალური მიმართულებით შედარებით არასტაბილურია და მერყეობს 30-50 ომმ-ის ფარგლებში.

გეოელექტრული ჭრილი I-I' გადის ბევ-ს პროფილი VI-VI'-ის პარალელურად (ნახ. 5). ვეზ 23-26-ის მიხედვით ჭრილში აღინიშნება ორი ფენის არსებობა, სადაც პირველი ფენი შეესაბამება დამეწყრილ მასას. ვეზ 17-22 მიხედვით გეოელექტრულ ჭრილზე გამოიყოფა სამი ფენა, სადაც მეორე ( $\rho = 6-8$  ომმ) შეესაბამება ძლიერ გაწყლიანებულ სხეულს, ხოლო მესამე ფენა – ძირითად ქანებს.

ვეზ. 14-ის ჩრდილოეთით მეწყრული მასა დიდ ფართზე ინარჩუნებს მუდმივ სიმძლავრეს ( $h \approx 20$  მ). პროფილზე 1-5 ვეზ-ის მიხედვით აგებულია სამფენიანი გეოელექტრული ჭრილი, სადაც პირველი ( $\rho = 40-50$  ომმ) შეესაბამება ნიადაგის თიხოვან საფარს, მეორე ( $\rho = 7-100$  ომმ) – სუსტად შეცემენტებულ მდინარეულ ნალექებს (მდ. რიონის ძველი კალაპოტი), ხოლო მესამე ( $\rho = 40-50$  ომმ) – ძირითად ქანებს.

გეოელექტრული ჭრილი II-II' (ნახ. ) გადის ბევ პროფ V-V'-ის გასწვრივ. ჭრილში პირველი ფენა შეესაბამება ნიადაგის თიხოვან საფარს. მეორე ფენის წინაღობა დამეწყრილი მასის წინაღობის ანალოგიურია ( $\rho = 10-12$  ომმ), რაც მიუთითებს, რომ აღნიშნული ფენი პოტენციურად მეწყერ საშიშია. ეს ვიზუალურადაც კარგად შეინიშნება, განსაკუთრებით, ღელის მეორე ნაპირზე.

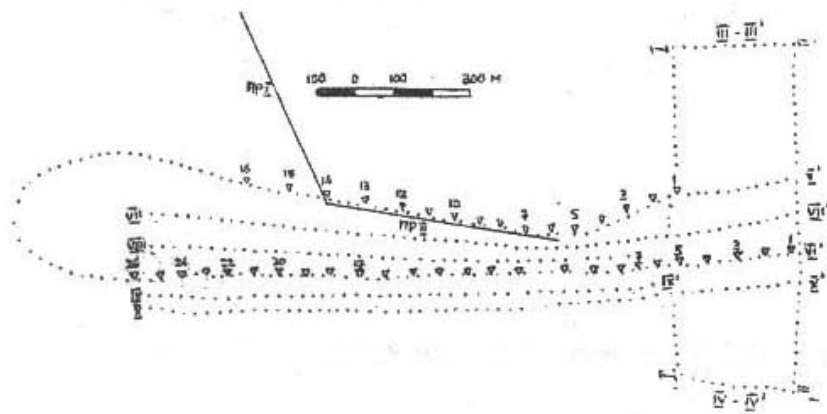
სეისმოსაძიებო სამუშაოები მიმდინარეობდა თორმეტარხიანი სეისმურ სადგურ ასს- 6/12-ით. სეისმური ტალღის აღზნება ხორციელდებოდა 30 კგ წონის ტვირთის 4 მ სიმალიდან ჩამოგდებით. მანძილი სეისმურ მიმღებებს შორის შეადგენდა 1 მ-ს. ერთ დგომაზე სეისმური კოსის სიგრძე 110 მ. იყო. სეისმური ტალღები იწერებოდა 12 მმ-ან ფოტოქალაქოფოტოგრაფის საშუალებით [11, 17].

გამოკვლევების შედეგები დატანილია ორ პროფილზე: პროფილ 1-ზე ხუთი დგომის წერტილის (I-V)-ის, ხოლო პროფილ 2-ზე ასევე ხუთი დგომის წერტილის მიხედვით (VI-X). ერთ წერტილში ჩატარდა ცალკე გაზომვები (დგომა XI). მიღებული მასალა დამუშავდა  $t^0$ -ის მეთოდით, აგრეთვე, გეოფიზიკის ინსტიტუტში შემუშავებული მოდიფიცირებული  $t^0$ -ის მეთოდით. სამუშაოების შედეგად აგებულია სეისმოლოგიური ქრილები. ორივე პროფილზე დადგინდა დამეწყრილი მასაში და ძირითად ქანებში სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარეები და განისაზღვრა მეწყერული მასის სიმძლავრე (ნახ. 7).

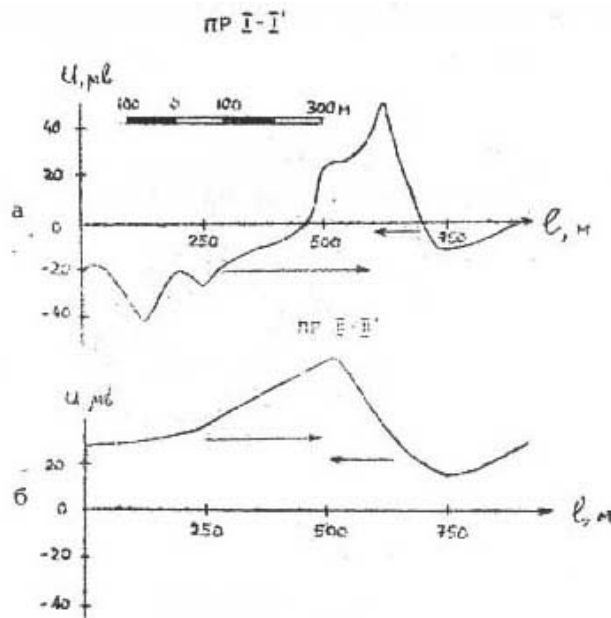
როგორც კვლევის ინტერპრეტაციის შედეგები აჩვენებს, ელექტრო და სეისმოძიების მონაცემები ერთმანეთთან კარგ თანხვედრაშია [23].

ვიზუალური დაკვირვებით ღელის კალაპოტში განისაზღვრა დამეწყრილი მასის სიგანე, ხოლო ვეზ-ების ინტერპრეტაციის შედეგად დადგინდა მისი საშუალო სიმძლავრე. ამ სიდიდეების გათვალისწინებით აგებულ იქნა დამეწყრილი მასის მოდელი. გეოელექტრული ქრილი ჩვენს მიერ დაყოფილ იქნა 6 ნაწილად და ელემენტარული გაანგარიშებით გამოთვლილ იქნა თითოეულ ნაწილში დამეწყრილი მასის ზედაპირის ფართობი და ამ მასის მოცულობა. გამოთვლებით დადგინდა, რომ დამეწყრილი მასის ზედაპირის საერთო ფართობია  $49000 \text{ მ}^2$ , ხოლო საერთო მოცულობა –  $500000 \text{ მ}^3$ . მეწყერული მასის სიმკვრივის გათვალისწინებით ( $\sigma = 2,4 \cdot 10^3 \text{ კგ/მ}^3$ ), გამოთვლილ იქნა დამეწყრილი მასის წონა ( $P = \sigma \cdot v = 2,4 \cdot 10^3 \text{ კგ/მ}^3 \cdot 500000 \text{ მ}^3 = 1,2 \cdot 10^6 \text{ ტონა}$ ). აქედან ჩანს, რომ მეწყერის ჩამოწოლის შედეგად, შედარებით მცირე სიგრძის ღელეშიც კი, მოძრაობაში მოდის კოლოსალური პოტენციური ენერჯის მასა, რომელსაც მოძრაობის გზაზე ხელეწიფება ნებისმიერი სიდიდის დაბრკოლების გადალახვა.

ამრიგად, ბევ-ის მეთოდით ბუგეულის მეწყერზე და მიმდებარე ტერიტორიაზე განსაზღვრულ იქნა მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის მიმართულება, დადგინდა მათი დინების საკმაოდ მაღალი სიჩქარე და დაფიქსირდა დამეწყრილი მასის გადაადგილების ბოლო ნიშნულები. ვერტიკალური ელექტრული ზონდირებისა და გარდატეხილი ტალღების კორელაციური მეთოდებით განისაზღვრა დამეწყრილი მასის ფიზიკური პარამეტრები, დადგინდა მისი სიმძლავრე და გავრცელების საზღვრები; დამეწყრილი ღელის მიმდებარე ტერიტორიაზე დაფიქსირდა პოტენციურად მეწყერსაშიში უბნების არსებობა და მოხდა მათი შემოკონტურება.

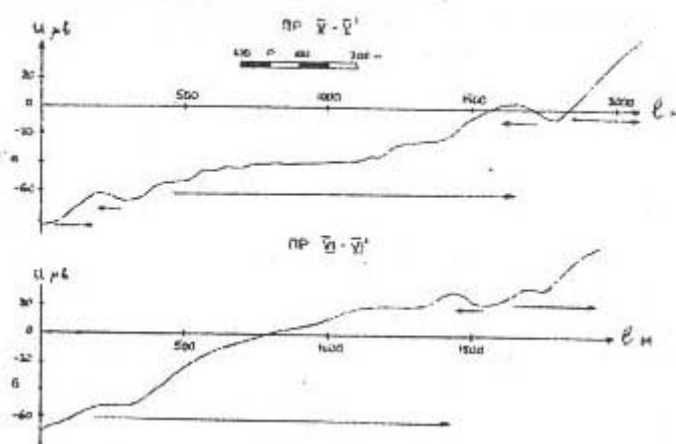


ნახ. 1

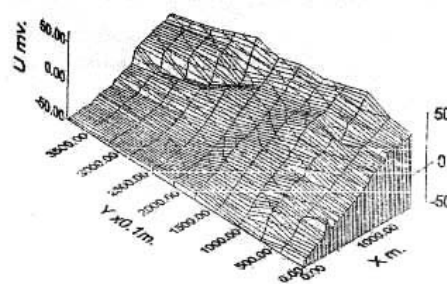




Биб. 2



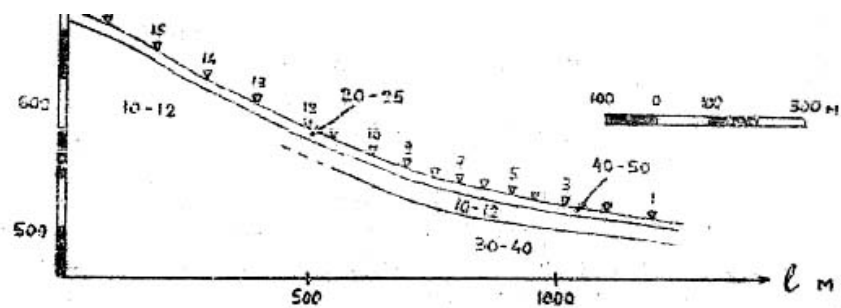
Биб. 3



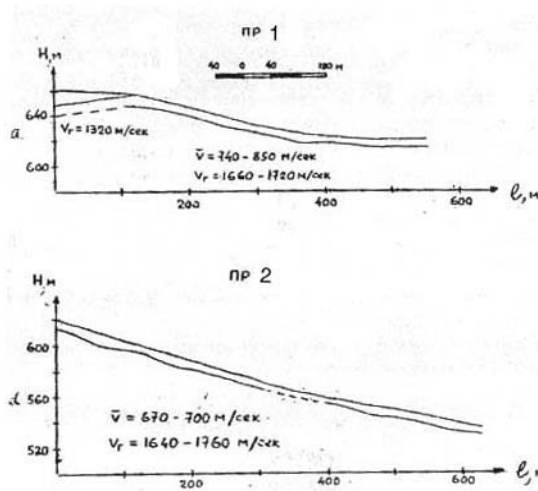
Биб. 4



Биб. 5



Биб. 6



ნახ. 7

### §3.3 ჟომხა – გუნდუმის (რაჭა) ტერიტორიის საინჟინრო და გეოდინამიკური პირობების გამოკვლევა ძიების ელექტრომეტრული მეთოდებით.

2005 წლის მარტის პირველ დეკადაში ხანგრძლივმა წვიმებმა და თოვლის დნობამ ამბროლაურის რაიონის სოფ. გუნდუმის ტერიტორიაზე მდ. ლაშისღელის სათავეში გამოიწვია დიდი მასშტაბის მეწყრული პროცესის განვითარება. ამასთან, მდ. ასკის წყლის მარცხენა ნაპირზე, ფერდობების ეროზიის შედეგად, მდინარის კალაპოტმა 40 მეტრით გადაინაცვლა დასავლეთით, რამაც გამოიწვია მარცხენა ნაპირზე, სოფ. ჟომხის ტერიტორიაზე, ახალი მეწყრული პროცესების განვითარება. ამ მოვლენებმა კატასტროფული საშიშროება შეუქმნა სოფლების – გუნდუმისა და ჟომხის მოსახლეობას, მათ სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებს და გზებს.

სოფ. გუნდუმისა და ჟომხის ტერიტორიებზე მეწყრული მოვლენების განვითარებას ადგილი ადრეც ჰქონდა. ამას ხელს უწყობს ამ ტერიტორიების გეოლოგიური აგებულება და რელიეფის მორფოლოგიური თავისებურება. სოფლები მთლიანად გაშენებულია ძველ მეწყრულ სხეულსა და ღვარცოფულ გამონატანზე.

გუნდუმის მეწყრული სხეული იწყება მდ. ლაშის ღელის წყალშემკრები აუზის ზედა ნაწილში, რომელიც მოიცავს გველისთავი-საკალმიას წყალგამყოფი ქედის სამხრეთი ფერდობის ძირს. საკალმიას ქედი გეოლოგიურად აგებულია ქვედა ცარცის კირქვებით და კარბონატული თიხებით. მის სამხრეთ ფერდობზე გადის ქედის

პარალელური ტექტონიკური რღვევა, რაც მორფოლოგიურად გამოხატულია ციცაბო გრავიტაციული ფერდობის სახით. რღვევის გასწვრივ უწყვეტად მიმდინარეობს გრავიტაციული პროცესები, რაც იძლევა მძლავრ კოლუვიონს – ღვარცოფებისა და მეწყერების ფორმირების ულევ წყაროს. რღვევის სამხრეთით წარმოდგენილია ოლიგოცენ-ქვედა მიოცენის ნალექები – თაბაშირიანი კარბონატული თიხები კვარცხანის ქვიშების შუა შრეები. სამხრეთით ოლიგოცენის ქანებს ცვლის მიოცენური თიხებისა და ქვიშაქვების მორიგეობა. მესამეული ასაკის ნალექებითაა აგებული გენდუმისა და ზემო ჟოშხის ტერიტორიები.

ტექტონიკური რღვევების ზონაში ადგილი აქვს კარსტული წყლების მაქსიმალურ განტვირთვას, რაც იწვევს მეწყერსაშიში ფერდობების მუდმივ გაწყლიანებას და ახალი მეწყრული კერების ფორმირებას. მდ. ლაშისღელის ბორტების უმეტესი ნაწილი, განსაკუთრებით მისი მარცხენა ნაპირი დინამიკურად დამაბული და პოტენციურად მეწყრულია.

მეწყრული სხეულის აქტიური მოძრაობა იწყება ტექტონიკური რღვევის ძირიდან, კარბონატული ქანების კოლუვიონში. იგი ნაკადის სახით მოძრაობს ოლიგოცენის თიხებზე და წარიტაცებს გვერდითი შეხების შესუსტებულ ზონებს. [55]

სოფ. გენდუმის ზედა ნაწილში მეწყერის დიდმა მასამ მოძრაობაში მოიყვანა ხეობის ამგები ძველი მეწყრული ნალექები, რამაც მარცხენა ნაპირის მანამდე სტაბილური ფერდობიც წარიტაცა. ამჟამად ლაშისღელის ხეობის ვიწრო ქვედა ნაწილის ბორტები იმყოფება აქტიური მეწყერის ზემოქმედების ქვეშ, რასაც ატმოსფერული ნალექების სიუხვის პირობებში შესაძლებელია მოჰყვეს ახალი ღვარცოფული ნაკადების წარმოქმნა.

ჩვენი კვლევის მიზანს შეადგენდა დამეწყრილი მასის სიმძლავრის დადგენა და მისი შესაძლო დიფერენციაცია კუთრი ელექტრული წინაღობის მიხედვით, ვერტიკალური და ლატერალური მიმართულებით; გენდუმის (ახალ) და ჟოშხის (ძველ) მეწყრულ ნალექებს შორის განსხვავებული ფიზიკური პარამეტრების შესაძლო ფიქსაცია; მეწყრულ ნალექებში მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის მიმართულების დადგენა.

ამ ამოცანების გადასაწყვეტად გამოყენებული იყო ძიების ელექტრომეტრული მეთოდები – ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება (ვეზ), სიმეტრიული ელექტროპროფილირება (სეპ), ბუნებრივი ელექტრული ველის (ბევ) მეთოდი.

გეოფიზიკური პროფილებისა და დაკვირვების წერტილების განლაგება ნაჩვენებია ნახ. 8-ზე.

ვეზ-ის ინტერპრეტაცია ჩატარდა ტრადიციული პალეტური [32] და კომპიუტერული [59] მეთოდებით. გეოელექტრულ ჭრილებში ნათლად ჩანს დამეწყრილი მასის სიმძლავრე, მასში წყალშემცველი უბნების არსებობა და კუთრი ელექტრული წინაღობის მიხედვით დიფერენციაცია ვერტიკალური და ლატერალური მიმართულებით.

გეოელექტრული ჭრილი I-I' ვეზ 1-დან და ვეზ 36-მდე გადის ლაშისღელის სამხრეთი ფერდობის გასწვრივ. იგი გვიჩვენებს გველისთავი – საკალმისა წყალგამყოფი ქედის სამხრეთი ფერდობის ძირიდან სოფ. ჭრებალომდე კუთრი ელექტრული წინაღობის მიხედვით დამეწყრილი მასისა და ნაწილობრივ ძირითადი ქანების დიფერენციაციას (ნახ. 9 ა). ჭრილის დასაწყისში ვეზ 1-5-ის მიხედვით გამოიყოფა 5-8 სიმძლავრის 300-400 ომმ კუთრი ელექტრული წინაღობის გარემო, რომელიც შეესაბამება სხვადასხვა ზომის დამსხვრეული კირქვების ნატანს. იგი მეწყრის მიერაა ჩამოტანილი კოლუვიონიდან. მთელი ჭრილის გასწვრივ თითქმის უწყვეტად ვრცელდება ფენა ( $\rho = 50 - 70$  ომი), რომლის სიმძლავრე სოფ. ჟოშხამდე მერყეობს 15-25 მ ფარგლებში. იგი წარმოადგენს მეწყრის მიერ ჩამოტანილ, შედარებით უკეთ დამუშავებულ ნამსხვრევთა (კირქვები, თიხები) მასას, რომელიც ტექტონიკური რღვევიდან სამხრეთი მიმართულებით თანდათანობით უკეთ დამუშავებული და ერთგვაროვანი ხდება. გეოელექტრული ჭრილის გასწვრივ ასევე უწყვეტად ვრცელდება დაბალი კუთრი ელექტრული წინაღობის ( $\rho = 10-12$  ომი) ფენა. მისი სიმძლავრე განსაზღვრულია საწყისიდან 900 მეტრის შემდეგ მონაკვეთზე და მერყეობს 25-40 მ. ფარგლებში ზემოაღნიშნული ყველა ფენა ქმნის ახალი (გენდუმის ფარგლებში) და ძველი (ჟოშხის ფარგლებში) მეწყრული მასებით აგებულ შრეებს, რომლებიც ჭრილის ცალკეულ უბნებზე არათანაბრადაა გაწყლიანებული. მათ საგებში წარმოდგენილი ძირითადი

ქანების კუთრი ელექტრული წინაღობაა 50-70 ომი. ეს უკანასკნელი დღიურ ზედაპირზე გამოდის სოფ. ჭრებალოსთან. გეოელექტრული ჭრილის გასწვრივ 9-16 ვეზ-ის მიხედვით გამოყოფილია 10-15 ომმ კუთრი ელექტრული წინაღობის მქონე 2-3 მ. სიმძლავრის ფენა. მისი დაბალი წინაღობა გამოწვეული უნდა იყოს ამ მონაკვეთზე მეწყრული მასების ძლიერი გაწყლიანებით.

ჩატარებული საველე გამოკვლევების შედეგად მიღებულია ვეზ-ის ორ და სამფენიანი H ტიპის მრუდები (ნახ. 9 ბ).

ჭრილის საწყისიდან 2400 მეტრამდე, 100 მეტრიანი ბიჯით, ჩატარდა სიმეტრიული ელექტროპროფილირება მკვებავი ელექტროდების 150 და 240 მეტრიანი გაშლებით, რაც კარგად ასახავს წარმოდგენილ გეოელექტრულ ჭრილს (ნახ. 10).

გეოელექტრული ჭრილი II-II' გადის მდ. ლაშისღელის ღერძულ ნაწილში, სადაც დამეწყრილი მასის სიმძლავრე მაქსიმალურია, ხოლო გამოყოფილი ფენების კუთრი ელექტრული წინაღობები I-I' ჭრილში გამოყოფილ ანალოგიურ ფენებთან შედარებით რამდენადმე ნაკლებია. მთელი ჭრილის გასწვრივ თითქმის უწყვეტად გამოიყოფა ძირითადი ქანები ( $\rho \approx 50-70$  ომი), რომელთა დიფერენციაცია კუთრი ელექტრული წინაღობის მიხედვით არ ხერხდება (ნახ. 11 ა), ნახ 11 ბ. ნაჩვენებია გეოელექტრული ჭრილის გასწვრივ ვეზ-ის ტიპური მრუდები.

მე-12 ნახ-ზე სეკ-ის მიხედვით ნაჩვენებია ლატერალური მიმართულებით კუთრი ელექტრული წინაღობის ცვალებადობა, რაც კარგად შეესაბამება წარმოდგენილ გეოელექტრულ ჭრილს. აქვე ნაჩვენებია ჭრილის გასწვრივ ბევ-ის განაწილების სურათი.

გეოელექტრული ჭრილი III-III' (ნახ.13) გადის მდ. ლაშისღელის მარჯვენა ნაპირზე, რომელიც, წარმოდგენილი ვეზ-ის ინტერპრეტაციიდან გამომდინარე, პოტენციურად მეწყერსაშიშია. მე-13 ა ნახაზი გვიჩვენებს გეოელექტრული ჭრილის გასწვრივ კუთრი ელექტრული წინაღობის ცვალებადობას ლატერალური მიმართულებით, ხოლო მე-13 ბ ნახაზი – ვეზ-ის ზონდირების მრუდების ხასიათს.

მე-10 და მე-12 ნახაზებზე ნაჩვენებია პროფილების გასწვრივ ბევ-ის განაწილების ხასიათი.

ამრიგად, ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად დადგინდა დამეწყრილი მასების სიმძლავრე და მათი დიფერენციაცია ვერტიკალური და ლატერალური მიმართულებით. აღნიშნულია, რომ ხვედრითი ელექტრული წინააღობის მიხედვით განსხვავება ახალ (გენდუშის ტერიტორიაზე) და ძველ მეწყრულ (ჟოშხის ტერიტორიაზე) ნალექებს შორის პრაქტიკულად არ შეინიშნება, რაც მათ შორის საზღვრის გავლების საშუალებას არ იძლევა და ახალი მეწყრული ფერდობების ფორმირების საშიშროებას ქმნის. ნაჩვენებია მეწყრულ ნალექებში გრუნტის წყლის მოძრაობის მაღალი სიჩქარე, რაც გარკვეულად ზრდის მეწყრული პროცესების განვითარების რისკს.

### **§3.4 ღვარცოფული პროცესები საქართველოს ტერიტორიაზე**

პირველი, მეცნიერულად დასაბუთებული გამოკვლევები ბუნების ამ მრისხანე მოვლენის შესახებ მოიპოვება მე-19 საუკუნის მეორე ნახევრიდან [42]. ღვარცოფული პროცესების გეგმაზომიერი გამოკვლევები საქართველოში იწყება გასული საუკუნის 50-იანი წლებიდან [3, 5, 7, 8, 10, 40, 42].

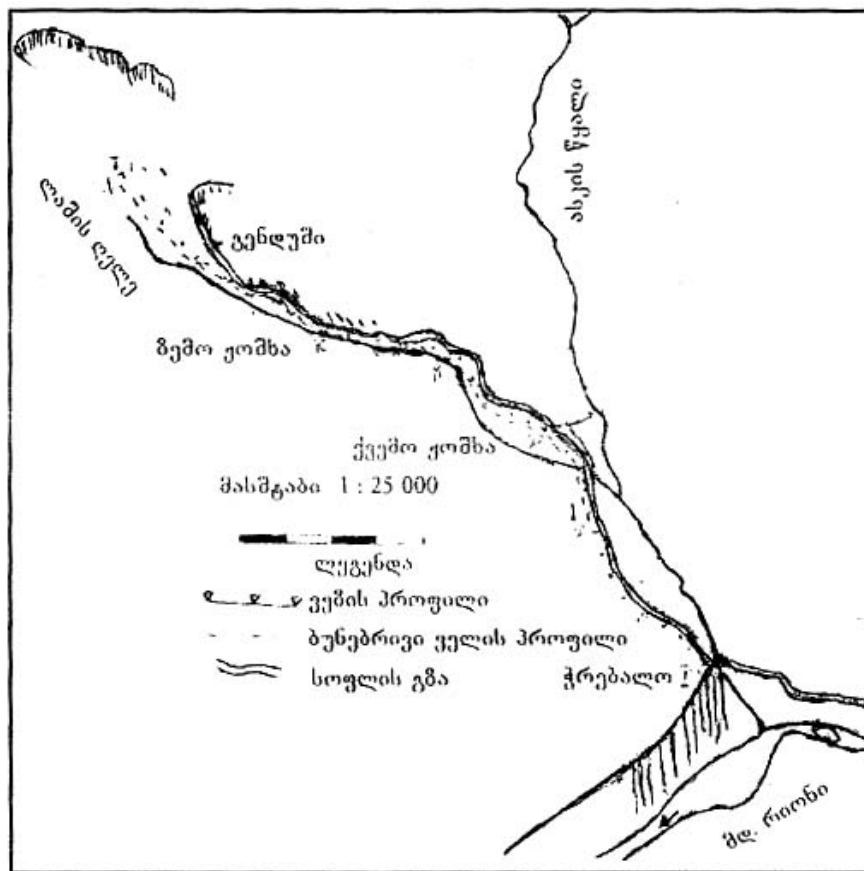
ღვარცოფული აუზების რაოდენობის, ნაკადების წარმოშობისა და განმეორადობის სიხშირის, სიმძლავრის, ფორმირების სირთულის და მიყენებული ზარალის მიხედვით საქართველოს ტერიტორია მსოფლიოში ერთ-ერთ რთულ და საშიშ რეგიონთა რიცხვს მიეკუთვნება. უკანასკნელი გამოკვლევების ღვარცოფული აუზების რიცხვი საქართველოში 1000-ს აჭარბებს [42]. ისინი ძირითადად განლაგებულია დიდი და მცირე კავკასიონის დამრეც ფერდობებზე ჩქარი მდინარეების ხეობების გასწვრივ.

ღვარცოფული პროცესების ფორმირებას და მის ინტენსიურობას ძირითადად აპირობებს ლანდშაფტურ-კლიმატური პირობების დიდი კონტრასტულობა, ქანების ლითოფაციალური შედგენილობა და რელიეფის სირთულე.

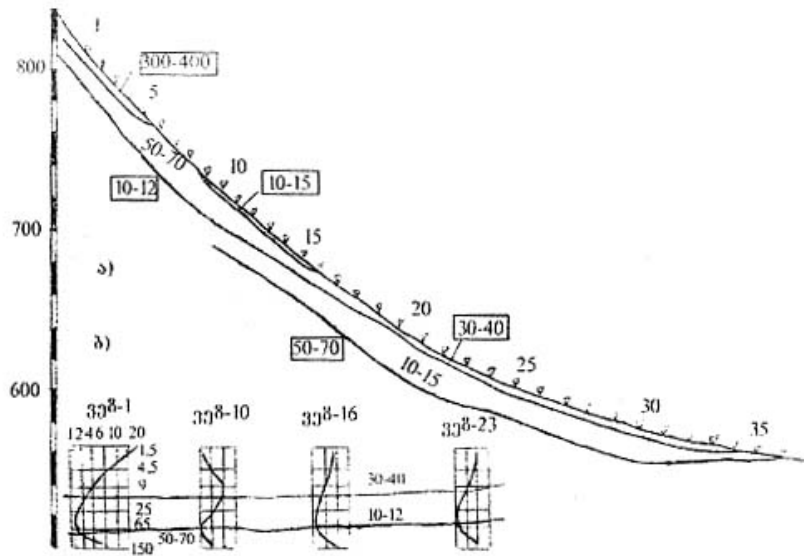
ღვარცოფული მოვლენები საქართველოში განვითარებულია თითქმის ყველა ლანდშაფტურ-გეომორფოლოგიურ ზონაში, დაწყებული გორაკ-ბორცვიანიდან მაღალ მთიანი ალპური ზონით დამთავრებული. ამასთან, განსხვავებულ გეომორფოლოგიურ და კლიმატურ პირობებში ღვარცოფული პროცესების წარმოქმნა, მისი დინამიკა,

ენერგეტიკული პოტენციალი და დროში განმეორადობა ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავდება. საშიში ღვარცოფების წარმოშობისათვის აუცილებელი პირობაა ხეობების მკვეთრი დახრილობა და ქანების გამოფიტვის მაღალი ხარისხი, რათა შეიქმნას მათი დაშლისა და დედაქანიდან მოწყვეტის საფუძველი. ჰიდრომეტეოროლოგიური ფაქტორებიდან მთავარ როლს ასრულებს ინტენსიური თავსხმა წვიმები (საათში 30 მმ-ზე მეტი). ატმოსფერული ნალექების 60-120 მმ შემთხვევაში საქართველოში ღვარცოფები ფორმირდება ყველა ლანდშაფტურ გეომორფოლოგიურ ზონაში.

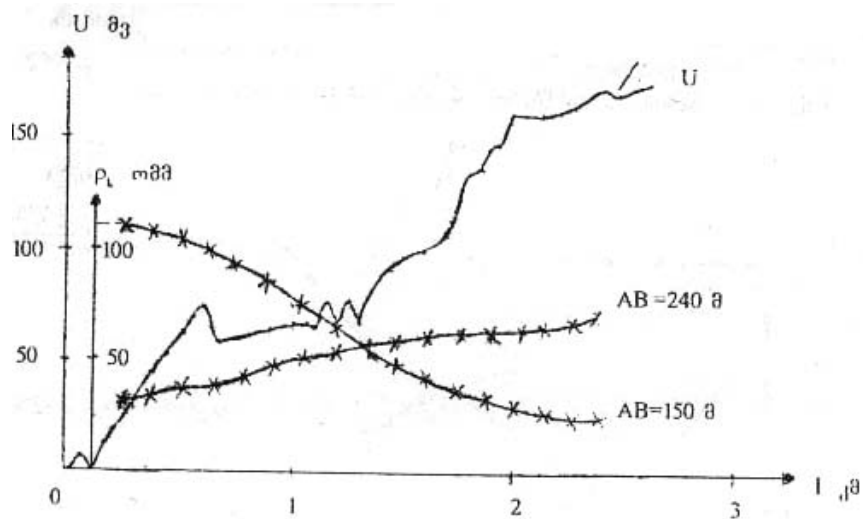
სადისერტაციო ნაშრომში ღვარცოფული ნაკადით გამოწვეული გარემოს მიკროგეოლოგიური პირობების თავისებურებანი და მის დადგენაში ძიების გეოფიზიკური მეთოდების აქტუალობა ნაჩვენებია მდ. დურუჯის აუზში ჩატარებული გამოკვლევების მაგალითზე.



ნახ. 8

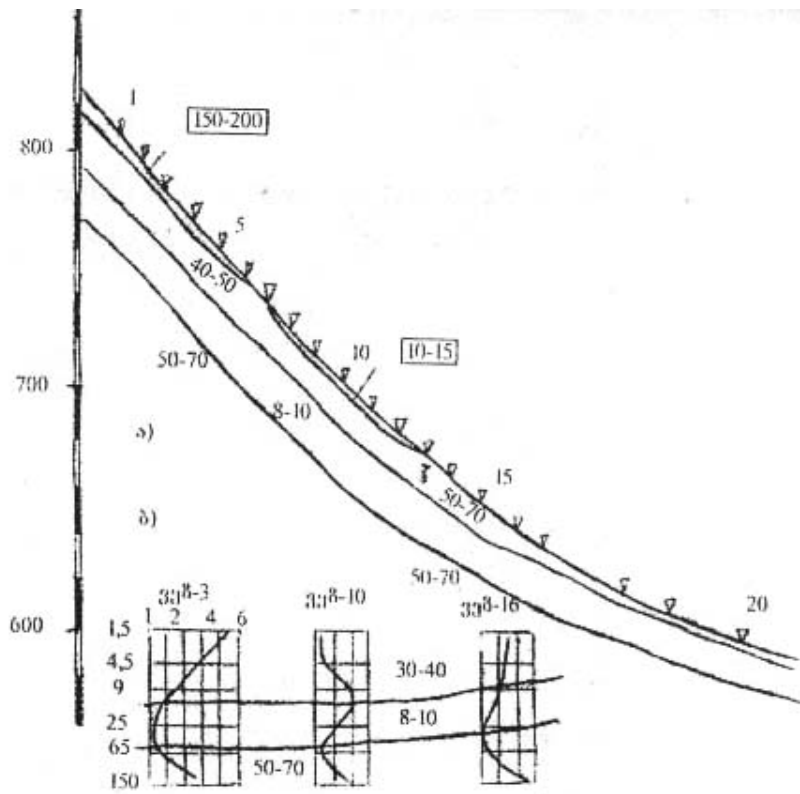


Биб. 9

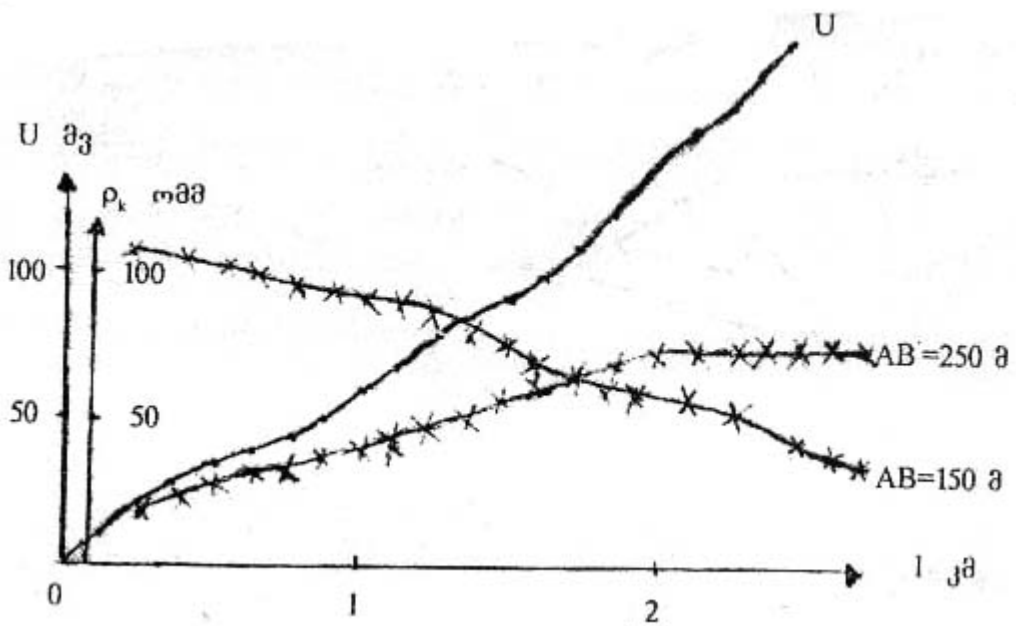


Биб. 10

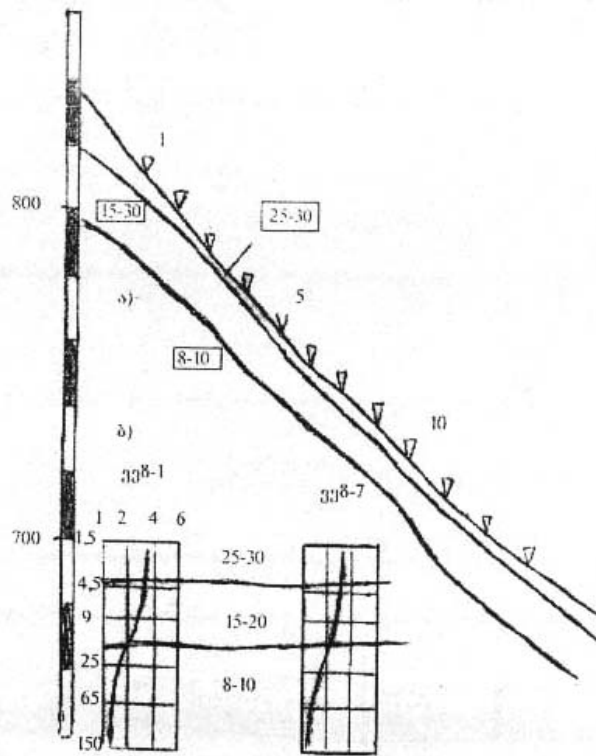




Биб. 11



Биб. 12



ნახ. 13

**§3.5 მდ. დურუჯის აუზში ღვარცოფული ნალექების სიმძლავრისა და ფრაქციული დიფერენციაციის განსაზღვრა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით**

კავკასიონის სამხრეთი ფერდის ცენტრალური ნაწილი, კახეთის ფარგლებში, თავისი გეოდინამიური პირობებით მეწყრული და ღვარცოფული პროცესების გამოვლენის კლასიკურ მაგალითს წარმოადგენს. საილუსტრაციოდ შეიძლება მოვიყვანოთ მდინარე დურუჯის აუზი, სადაც განვითარებული მძლავრი ღვარცოფული ნაკადები დიდ საფრთხეს უქმნის ქ. ყვარელის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებს და მის მოსახლეობას.

მდ. დურუჯის აუზში ბოლო 100 წლის განმავლობაში დაფიქსირდა 40-მდე კატასტროფული ღვარცოფი, რომლებმაც 200-ზე მეტი ადამიანის სიცოცხლე შეიწირა. ბოლო წლებში მომხდარმა მაღალი ენერგეტიკული კლასის მიწისძვრებმა მნიშვნელოვნად შეასუსტა მეწყერ და ღვარცოფსაშიში ფერდობების მდგრადობა. ითვლება, რომ მდ. დურუჯის აუზში მუდმივად განახლებადი ღვარცოფული

პროცესების ძვრის ფართობი 20 კმ<sup>2</sup>-ს შეადგენს, სადაც ღვარცოფული მასალის მარაგი აღწევს 500 მილიონ მ<sup>3</sup>-ს. ეგზოდინამიკური პროცესების შედეგად ყოველწლიურად ჩამოინგრევა და მდინარის აუზში ჩაირეცხება 1 მლნ მ<sup>3</sup> მყარი მასალა. ერთი საშუალო სიმძლავრის ღვარცოფული ფაზისათვის დალექვის მოცულობა გამოტანის კონუსზე 300000 - 640 000 მ<sup>3</sup>-ით განისაზღვრება [3, 7, 9, 22, 29, 40-45, 48-50].

მდ. დურუჯის (სიგრძე 26 კმ) აუზი ზემო წელში მოედინება ვიწრო ხეობაში, რომელიც ძირითადად აგებულია უხეშმარცვლოვანი ქვიშაქვებით. დინების შუა ნაწილში კანიონი შედარებით ფართოა და აგებულია ალუვიალურ-დელუვიალური ნალექებით. აუზის ქვემო წელში ალუვიალური დელუვიალური და პროდუვიალური ნალექები წვრილმარცვლოვანი ხდება, ამასთან, ამ ნალექების სიმძლავრე მნიშვნელოვნად იზრდება (500 მ-მდე). აუზის გამოტანის კონუსის საერთო ფართობი შეადგენს 95 კმ<sup>2</sup>-ს. დურუჯის აუზი ჩამოყალიბდა მეოთხეულ პერიოდში, კერძოდ პლიოცენის ზოდის, ახალი ტექტონიკური მოძრაობის შედეგად [49-50].

მდ. დურუჯის აუზის გეოლოგიურ აგებულებაში მონაწილეობას იღებს შემდეგი ფორმაციები: 1. ზედა ლიანური ასაკის თიხაფიქლები. ლითოლოგიურად ეს ნალექები ძირითადად ერგვაროვანია და წარმოდგენილია ძლიერ წვრილმარცვლოვანი ფრაქციით, რომელშიაც გამოიყვანა მცირე სიმძლავრის ქვიშაქვების და ფიქლების შრეები. 2. ზედა ლიანური ასაკის ქვიშაქვები. მათში აღინიშნება ფიქლების შრეები. 3. ზედა ლიანური ასაკის კარბონატული თიხაფიქლები. 4. ზედა იურისა და ქვედა ცარცის კარბონატული ფორმაცია. იგი გაშიშვლებულია მდ. დურუჯის ქვემო წელში და წარმოდგენილია მასიური კირქვებით, რომელიც მონაცვლეობს ფიქლობრივ მერგელებთან, ქვიშიან მერგელებთან და ბრექჩიისებრ კირქვებთან. 5. მეოთხეული და თანამედროვე ნალექები, რომლებიც წარმოდგენილია ტერასული და ახალგაზრდა მდინარეული ნალექებით (დელუვიონი) და შენაკადების პროლუვიონით [22, 48-50].

მდ. დურუჯის აუზში ღვარცოფული პროცესების დინამიკა საკმაოდ კარგად არის შესწავლილი [3, 7, 9, 22, 29, 40, 45, 48-50], გამოვლენილია საშიში და შედარებით მდგრადი უბნები, შედგენილია სპეციალური გეოლოგიური, გეომორფოლოგიური და საინჟინრო გეოდინამიკური რუკები (მსშტ. 1:25000). აღნიშნული გამოკვლევების

საფუძველზე შემუშავებულია საშიში ღვარცოფული პროცესებისაგან ქ. ყვარელის დაცვის პროექტი [3,7,42].

უნდა აღინიშნოს, რომ უკანასკნელ წლებში მდ.დურუჯის აუზში ღვარცოფული მოვლენებისგან დაცვის სამუშაოები პრაქტიკულად შეწყვეტილია და, ამდენად, ქ. ყვარელი და მისი მიმდებარე ტერიტორია მუდმივი საშიშროების ქვეშ იმყოფება.

გეოფიზიკური გამოკვლევების მიზანს შეადგენდა მდ. დურუჯის აუზში ალუვიალური, დელუვიალური და პროდუვიალური ნალექების სიმძლავრის და მათი ფრაქციული დიფერენციაციის განსაზღვრა ვერტიკალური და ლატერალური მიმართულებით; აგრეთვე, მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის მიმართულებისა და ძირითადი ქანების არაერთგვაროვნებისა და საკვლევი ტერიტორიის მიკროტექტონიკური სურათის დადგენა.

დასახული ამოცანების გადასაწყვეტად გამოყენებული იყო ელექტრომეტიების (ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება, წრიული ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება, სიმეტრიული ელექტრული პროფილირება და ბუნებრივი ელექტრული ველის) და სეისმური (გარდატეხილი გადაღების კორელაციური მეთოდები) [11, 17, 22, 25, 26, 34].

გეოფიზიკური სამუშაოები ჩატარებულ იქნა მდ. დურუჯის შუა და ქვემო წელის დინების საზღვრებში. ძირითადი პროფილი იწყება სათავიდან დაახლოებით 12 კმ-ში და ვრცელდება ხეობის გასწვრივ სამხრეთ-დასავლეთი მიმართულებით 12 კმ-ზე. პროფილებზე ვეზ-ის წერტილები ძირითადად თანაბრადაა განლაგებული. ზემო ნაწილში მანძილები მათ შორის შეადგენს 100 მ-ს, შუაში \_ 150 მ-ს, ხოლო ქვემო ნაწილში \_ 450-550 მ-ს.

სეისმოსამიებო სამუშაოები ძირითადად ჩატარდა ხეობის ჩრდილო ნაწილში. დამუშავებულ იქნა 15 დგომა (110 მ დაშორებით), რამაც შეადგინა 1650 მ. სიგრძის უწყვეტი პროფილი. ამის გარდა, ცალკეულ უბნებზე დამუშავებულ იქნა კიდევ 6 დგომა. სეისმომომღებებს შორის მანძილი იყო 10 მ. გამოყენებულ იქნა დაკვირვების სრული სისტემა - პირდაპირი, შებრუნებული და დამწვევი ჰოდოგრაფები [11, 17].

გეოფიზიკური პროფილების და დაკვირვების წერტილების განლაგება ნაჩვენებია ნახ. 14.

ალუვიური, დელუვიური, პროლუვიური და ძირითადი ქანების ხვედრითი ელექტრული წინაღობები დადგენილ იქნა პარამეტრული გაზომვების საფუძველზე. უნდა აღინიშნოს, რომ ხშირ შემთხვევაში ერთიდაიმავე ფორმაციის ხვედრითი ელექტრული წინაღობა ლატერალური მიმართულებით საკმაოდ დიდ ფარგლებში იცვლება. მიუხედავად ამისა, საკვლევი ობიექტის გეოლოგიური სიტუაციის გათვალისწინებით დადგენილია განსხვავებული გეოლოგიური ფორმაციების ელექტრული პარამეტრები. ამას ხელს უწყობს ის, რომ ძირითადი ქანებისა და მეოთხეული წარმონაქმნების ელექტრული დიფერენციაცია ვერტიკალურ ჭრილში საკმაოდ მკვეთრია, რაც გათვალისწინებულია გეოელექტრულ ჭრილებში სტრატეგრაფიული ჰორიზონტების გამოყოფის დროს.

საველე სამუშაოების შედეგად ძირითადად მიღებულია სამ და ოთხფენიანი ვეზ-ის მრუდები. მდ. დურუჯის ქვემო წელში გამოტანის კონუსში ჭაბურღილის მონაცემებით ნატანის სიმძლავრე 360 მ-ს აღემატება, შესაბამისად ამ წერტილში მიღებულია ორფენიანი ვეზ-ის მრუდი.

გეოელექტრული ჭრილი I-I' (ნახ 15) პროფილის დასაწყისიდან 2850 მ აგებულია ვეზ-ის ორფენიანი მრუდების მიხედვით. 3-5 მ სიმძლავრის და 50-60 ომმ ხვედრითი ელექტრული წინაღობის პირველი ფენი გადაფარავს ჰორიზონტს, რომელიც ხასიათდება 40-60 ომმ წინაღობით (ვეზ 1-4). ვეზ 5-დან დაწყებული ვეზ 30-მდე ჭრილში გამოიყოფა 5-10 მ. სიმძლავრის და 300-40 ომმ ხვედრითი ელექტრული წინაღობის ფენა, რომელიც გადაფარავს 150200 ომ მ წინაღობის ჰორიზონტს.

გეოელექტრულ ჭრილში წარმოდგენილი ქანების ლითოლოგიური შედგენილობა დადგენილია ჭაბურღილის მონაცემებით, კერძოდ, ვეზ 4 ემთხვევა ჭაბურღილს, რომლის სიღრმეა 360 მ. ჭაბურღილში პირველი 220 მ გადის ჰოლოცენის ნალექებში, რომელიც პლეისტოცენური ასაკის ნალექებს გადაფარავს. ლითოლოგიურად ეს ნალექები ერთმანეთისაგან პრაქტიკულად არ განსხვავდებიან, ამიტომ, გეოელექტრულ ჭრილში პირველ და მეორე ფენას მივაკუთვნებთ ჰოლოცენური ასაკის ალუვიალურ,

დელუვიალურ და პროლუვიალურ ნალექებს (დიფერენციაციის გარეშე), რომელთა ხვედრითი ელექტრული წინაღობა იცვლება ლატერალური მიმართულებით.

ვეზ 7-14-ის მონაცემებით გეოელექტრულ ჭრილში გამოიყოფა სამი ფენა, სადაც მესამე ფენა ( $\rho=200-250$  ომმ) უნდა შეესაბამებოდეს პლეისტოცენის (აპQ<sub>III-IV</sub>) ალუვიურ და პროლუვიურ ნალექებს. იგი ჩრდილოეთის მიმართულებით ფაციალურად იცვლება, რაც იწვევს წინაღობის 50-100 ომ-მდე შემცირებას.

ვეზ 16-40-ის მიხედვით გეოელექტრულ ჭრილში გამოიყოფა ოთხი ფენა, სადაც ბოლო ფენა ( $\rho=200-250$  ომმ) ჩვენი ინტერპრეტაციით უნდა შეესაბამებოდეს კიმურიჯ-ტიტონის ( $\gamma km+t$ ) კირქვებსა და მერგელებს.

ვეზ 49-50 არის K ტიპის მრუდები, რომლებიც არ კორელირდება მეზობელი ვეზ-ის მონაცემებიდან, რაც, ჩვენი ინტერპრეტაციით, გამოწვეულია ამ უბნის ტექნიკური პირობებით.

ვეზ 51-62 ყველა მრუდი არის საფენიანი Q ტიპის, რომლებიც კარგ ურთიერთ კორელაციაშია. ვეზ 65-74 მონაცემებით გამოიყოფა ფენა ( $h=25-30$  მ,  $\rho=300-400$  ომმ), რომელიც შეესაბამება ჰოლოცენის ალუვიურ-დელუვიურ ნალექებს. მასში გამოიყოფა ფენა ( $h=10-15$  მ,  $\rho=100-150$  ომმ), რომელშიც წინაღობის დაცემა გამოწვეული უნდა იყოს იმავე ლითოლოგიური შედგენილობის ქანების გაწყლიანებით.

საკვლევი ობიექტის გეოლოგიური რუკა აჩვენებს, რომ მდ. დურუჯისა და მისი მარცხენა შენაკადის (სამალის ხევი) სამხრეთით 4-5 კმ მანძილზე აღინიშნება რთული ტექტონიკური სურათი – შეცოცებები და შესხლეტები [13, 14]. გეოფიზიკური გამოკვლევების საფუძველზე ძნელია ერთმნიშვნელოვნად ვიმსჯელოთ ამ მონაკვეთის ტექტონიკურ აგებულებაზე, თუმცა შეგვიძლია რამოდენიმე დასკვნის გაკეთება. კერძოდ, 49-50 ვეზ-ით გამოყოფილი ფენა (კირქვები, მერგელები), შემოსაზღვრული უნდა იყოს რღვევებით. იქმნება ჰორსტის ტიპის სტრუქტურა, რაც მიუთითებს შესაბამის წერტილებში K ტიპის ვეზ მრუდების არსებობაზე, მაშინ, როცა მათ ორივე მხარეზე წარმოდგენილია H და Q ტიპის მრუდები. ჩვენი ინტერპრეტაციით ამ ადგილას იურული ნალექები შემოცოცებულია ალაზნის დეპრესიის ფლიშურ ნალექებზე.

ნახ. 14ა-ზე ნაჩვენებია გეოელექტრული ჭრილის გასწვრივ ელექტროპოფილირების მრუდების ცვლილების ხასიათი მკვებავი ელექტროდების სხვადასხვა გამლების შემთხვევაში ( $\frac{AB}{2} = 65, 100$  და  $250$ ). მდინარის ქვედა წელში (ვეზ 1-35) ელექტრული წინაღობა სხვადასხვა გამლებზე თითქმის არ იცვლება, რაც მიუთითებს ვერტიკალური და ლატერალური მიმართულებების იქ გავრცელებული ნალექების ერთგვაროვნებაზე. ვეზ 35-ის ჩრდილოეთით წინააღმდეგობა სწრაფად იცვლება, რაც არაერთგვაროვნების მანიშნებელია. ელექტროპოფილირების მონაცემები პროფილის გასწვრივ სრულ თანხვედრაშია გეოელექტრულ ჭრილთან.

გარდატეხილი ტალღების კორელაციური მეთოდით აგებული პროფილი (დგომა 1-15) ემთხვევა ვეზ 57-74 წერტილებს და იგი კარგ თანხვედრაშია გეოელექტრულ ჭრილთან ნახ. 16.

გეოელექტრული ჭრილი II-II' (ნახ 17) გადის ხეობის მარჯვენა ნაპირზე I-I' ჭრილის პარალელურად. 52-74 ვეზ-ის შესაბამის წერტილებში გეოელექტრული ჭრილი თავისი ხასიათით I-I' ჭრილის ანალოგიურია. აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ II-II' ჭრილზე წარმოდგენილი ვეზ-ის მრუდები ერთმანეთთან კარგად კორელირებენ (ნახ. 17). ერთმანეთთან კარგ კორელაციაშია, აგრეთვე, მდინარის მარჯვენა და მარცხენა ნაპირების შესაბამისი გეოელექტრული ჭრილები, თუმცა პირველი და მეორე ფენების სიმძლავრე მდინარის მარჯვენა ნაპირზე მარცხენა ნაპირთან შედარებით გაცილებით დიდია. მდინარის მარჯვენა ნაპირზე ვიზუალურად შეინიშნება ვერტიკალური კედლის არსებობა, რომელიც აგებულია ალუვიური ნალექებით ( $\rho = 300-400$  ომმ). გარემოს ასეთი ელექტრული პარამეტრი დადგენილია პარამეტრული გაზომვებით (ნახ. 17,გ). ნახ. 17ა შედგენილია სეკ მონაცემებით და იგი კარგად შეესაბამება წარმოდგენილ გეოელექტრულ ჭრილს.

გეოელექტრული ჭრილი III-III' (ნახ. 18) აგებულია ვეზ 1-7-ის მონაცემებით. იგი გადის მდინარის მარცხენა ნაპირზე I-I' ჭრილის (ვეზ 50-57) შესაბამისი წერტილების პარალელურად. გეოელექტრულ ჭრილზე ვეზ 1-3-ის მონაცემებით გამოყოფილია პირველი ფენა ( $h=1-2$  მ,  $\rho=100-150$  ომმ), რომელზედაც გაშენებულია სასოფლო-სამეურნეო კულტურები. მეორე ფენა ( $h=10-25$  მ,  $\rho=300-400$  ომმ) შეესაბამება

ჰოლოცენის ალუვიურ-პროლუვიურ ნალექებს). ეს უკანასკნელი გადაფარავს აალენური ასაკის თიხა-ფიქლებს ( $h=40-70$  მ,  $\rho=100-150$  ომ მ), საგებში გამოიყოფა 200-250 ომმ წინალობის მქონე ჰორიზონტი, რომელიც შესაძლებელია ზედა ტოარსული ასაკის ნალექებს შეესაბამებოდეს [22].

მიწისქვეშა ფილტრაციული ნაკადის დინების მიმართულების დადგენის მიზნით I-I' გეოელექტრული ჭრილის პარალელურად 1,2 კმ-იან მონაკვეთზე 50 მ. ბიჯით ჩატარდა ბევ განაწილების გამოკვლევა (ნახ. 19). ნაკადის მიმართულების დაზუსტების მიზნით ჩატარდა ფიქსირებული წერტილიდან ბევ განაწილების გაზომვა ოთხი მიმართულებით, რამაც დაადგინა დინების სამხრეთ აღმოსავლეთური მიმართულება.

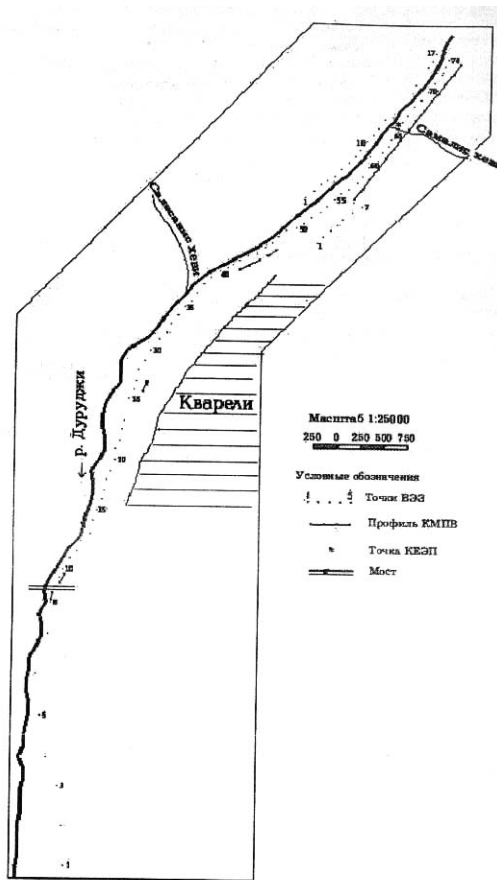
გეოფიზიკური დაკვირვებების გეოლოგიური ინტერპრეტაციის საფუძველზე ვასკვნით, რომ გეოფიზიკური გამოკვლევებით გეოელექტრული ჭრილები შესწავლილია 200 მ. სიღრმემდე. ღვარცოფების მიერ ჩამოტანილი მასალის სიმძლავრის დადგენა შესაძლებელი ხდება I-I'-ის გეოელექტრული ჭრილის ბოლოდან 3,5 კმ მანძილზე. უფრო სამხრეთით ამ ნალექების სიმძლავრე თანდათანობით იზრდება და, ამდენად, ძირითადი ქანების სახურავის ჩაწოლის სიღრმის დადგენა არ ხერხდება. ვეზ 52-74 მიხედვით ძირითადი ქანების წინალობა დამაჯერებლად ისაზღვრება ( $\rho=100-150$  ომმ) და იგი შეესაბამება აალენური ასაკის თიხაფიქლებს, ქვიშაქვებისა და სპილიტების შუა შრეებით.

გარდატეხილი ტალღების კორელაციური მეთოდით გეოფიზიკური ჭრილი შესწავლილია 22 მ სიღრმემდე. გამოტანის კონუსის ზედა ნაწილში სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარის მიხედვით გამოიყოფა ძირითადი ქანების (აალენური ასაკის თიხაფიქლები, ქვიშაქვებისა და სპილიტების შუა შრეებით) სახურავი. უფრო სამხრეთით, სეისმოგეოლოგიურ ჭრილში სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარის მიხედვით გამოყოფილი სამი ფენი მიუთითებს ღვარცოფული ნაკადის მიერ მოტანილი ნალექების დიფერენციალაზე.

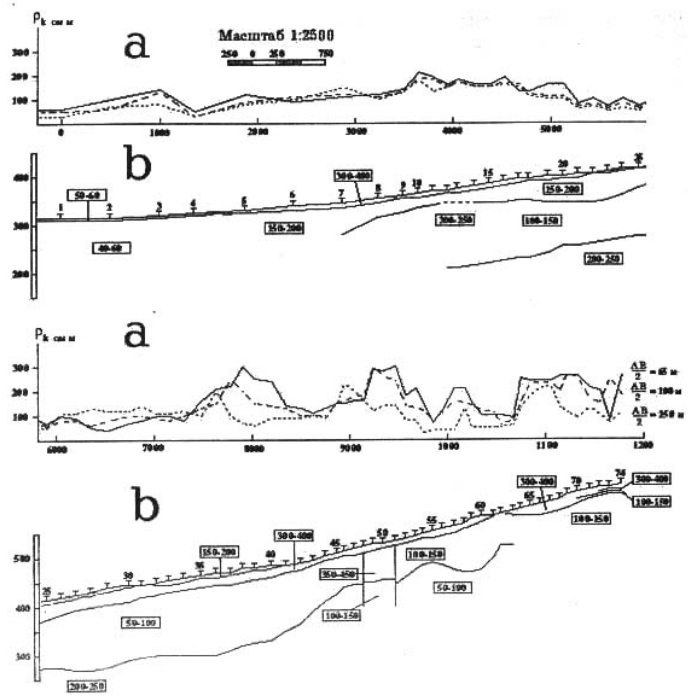
ამრიგად, მდ. დურუჯის აუზში ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით შესაძლებელი გახდა ღვარცოფული ნალექების სიმძლავრის ფრაქციული დიფერენციაციის, გაწყლიანების ხარისხის, ძირითადი ქანების ლითოლოგიური არაერთგვაროვნების,



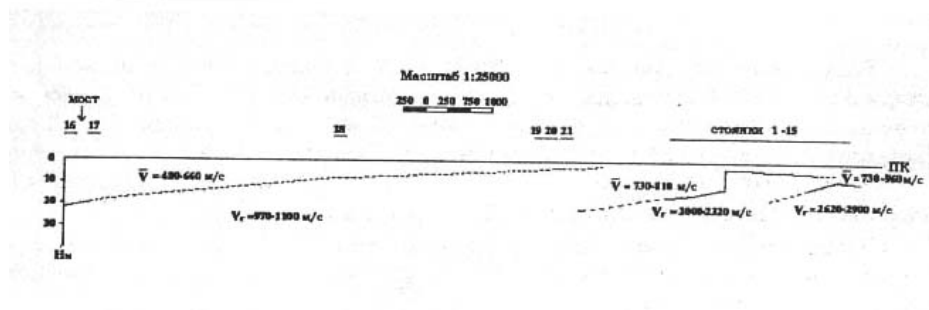
მიკროტექტონიკური სურათის დაზუსტება და მიწისქვეშა ფილტრაციული ნაკადის გაბატონებული მიმართულების დადგენა.



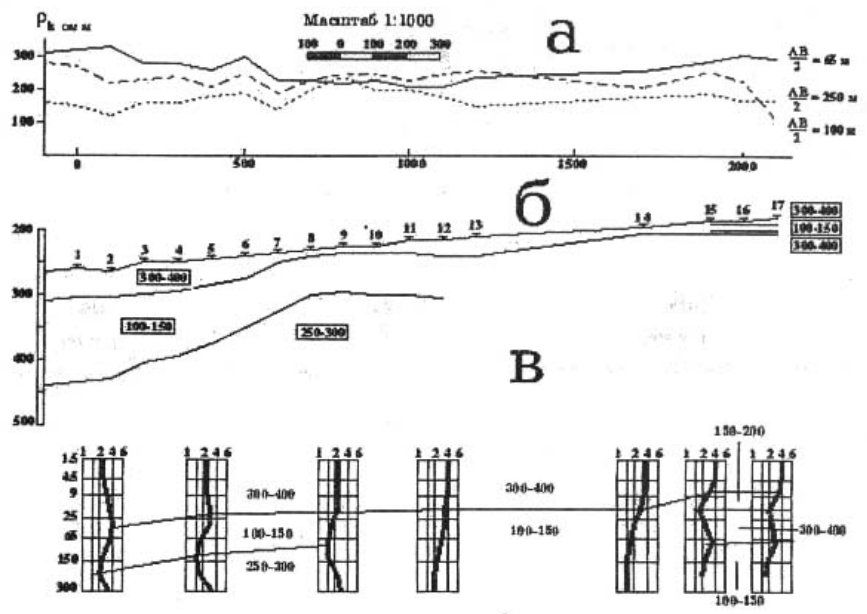
ნახ. 14



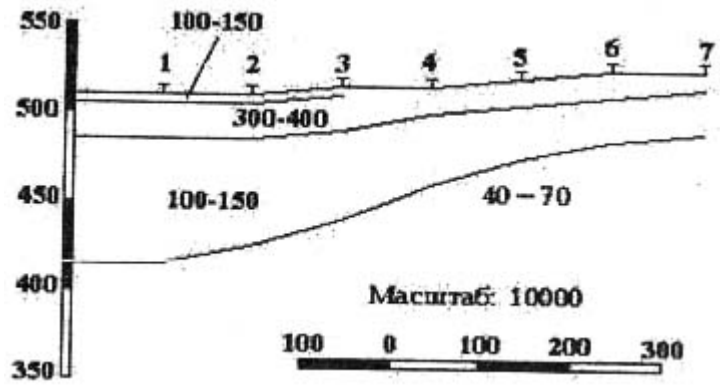
Биб. 15



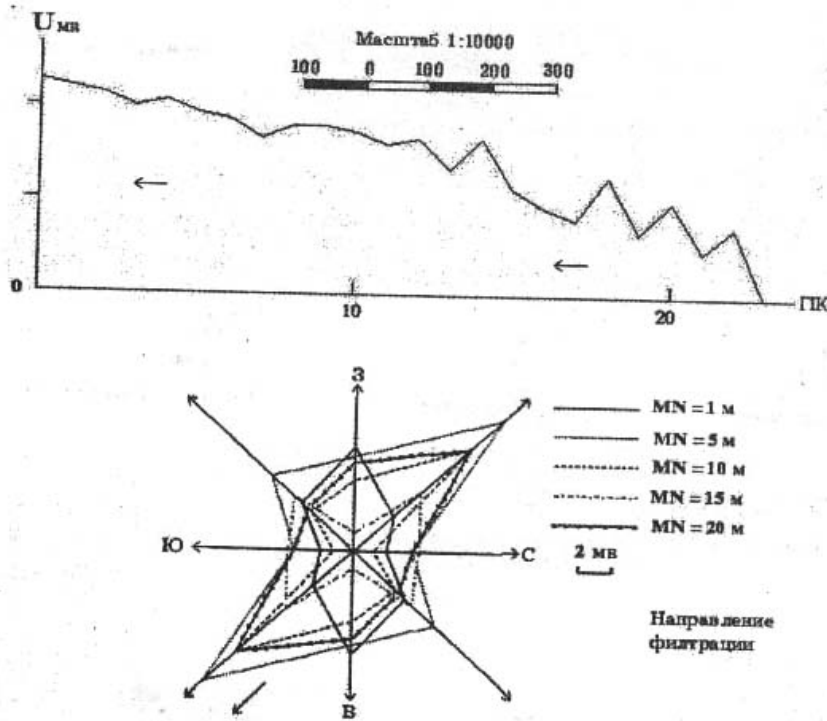
Биб. 16



б.б. 17



б.б. 18



ნახ. 19

### §3.6 მადნეულის მადნიანი ველის საინჟინრო-ჰიდროგეოლოგიური და ეკოლოგიური პირობების გამოკვლევა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით

უკანასკნელ წლებში ბუნებრივი რესურსების ინტენსიურმა ექსპლუატაციამ და ურბანიზაციამ ძალზე აქტუალური გახადა გეოფიზიკის ეკოლოგიური მიმართულება. სამთო საქმიანობის და მინერალური წედლეულის დამუშავების შედეგად დაგროვილი ნარჩენები ხშირად ადგილზე გროვდება, საყოფაცხოვრო ნაგავი და მადნების (ხშირად ტოქსიკური) შემცველი დედა ქანების ნამსხვრევები ადგილზე რჩება, იყრება ხეობები, ან, უკეთეს შემთხვევაში, იმარხება ხელოვნურ ღრმულებში. ტერიტორიის შემდგომი განვითარების პროცესში მრავალი ობიექტი შენდება ძველ ნაგავსაყრელებზე, რაც იწვევს მიწისქვეშა წყლების გაჭუჭყიანებას და წყაროებიდან მავნე ნივთიერებების უკონტროლო გავრცელებას. უნდა შევნიშნოთ, რომ გარემოს დაცვითი ღონისძიებები – ლანდშაფტის აღდგენა, დაჭუჭყიანების ლოკალიზაცია და განეიტრალება – მილიარდობით დოლარი ჯდება.

ეკოლოგიური პროცესების შესწავლის მიზნით საჭიროა შემუშავდეს მადნიანი ველების შესაბამისი გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური მოდელი. ქვემოთ განხილულია ასეთი მოდელის შემუშავების აუცილებლობა მადნეულის მადნიანი ველის მაგალითზე.

მადნეულის მადნიანი ველი მოიცავს ლოქისა და ხრამის მასივების ნაწილს. იგი მდებარეობს ართვინ-ბოლნისის ბელტის გამომვლელულ ნაწილში. ადრეული კემბრიულიდან დაწყებული, ბელტის გავრცელების არე წარმოადგენდა მსხვილ გეოსინკლინს, რომელშიც ხდებოდა ტერიგენული ნალექების დაგროვება და ვულკანური მაგმის ინტენსიური ამოფრქვევები. მათი ერთობლივი მოქმედებების შედეგად წარმოიქმნა მძლავრი ვულკანოგენურ-დანალექი წყება, რომელიც მოიცავს სხვადასხვა სახის ტერიგენულ (თიხები, ქვიშები, კონგლომერატები და სხვა) და მაგმურ ქანებს (ინტრუზივები, ეფუზივები და სხვა). ართვინ-ბოლნისის ბელტი იყოფა წვრილ ერთეულებად. ჩვენი კვლევის ობიექტი მდებარეობს ბოლნისის ზონის მადნეული-ფოლადაურის ქვეზონაში. იგი ძირითადად აგებულია ზედა ცარცული ასაკის დანალექი ფორმაციებისაგან, რომელიც დასერილია სხვადასხვა სიმძლავრის მარღვებით. ეს უკანასკნელი ხშირად არის სპილენძის, რკინის, ბარიტის შემცველი. ძირითადი ქანები მადნის შემცველ ზონებში გაკვარცებული, ქლორიტიზირებული, პირიტიზირებული და კაოლინიტიზირებულია [13, 14, 20].

უშუალოდ მადნეულის საბადოს ტერიტორიაზე უმეტესად გავრცელებულია ზედა ცარცული და მეოთხეული ასაკის დანალექი ფორმაციები (ტბიური, ალუვიური, დელუვიური, პროლუვიური). ტბიური ნალექები წარმოდგენილია ქვიშაქვებითა და თიხებით, იშვიათად კონგლომერატებით. მის შენებაში მონაწილეობას იღებს გრანიტები, გნეისები და სხვადასხვა შედგენილობის ეფუზიური წარმონაქმნები. მძლავრი ალუვიური ნალექებით არის დაფარული დიდი ფართობები, კერძოდ, ს. ქვემო-ბოლნისის სამხრეთ-აღმოსავლეთით ჩაყვანილი ჭაბურღილის მიხედვით ამ ნალექების სიმძლავრე განისაზღვრება 131 მეტრზე უფრო ღრმად (144 მეტრით) იგი გადაფარავს პროლუვიურ და დელუვიურ თიხაფიქლებს, რომელიც შეიცავს ვულკანოგენური

ქანების ნატეხებს. პროლუვიური და დელუვიური ნალექების გარჩევა მდ.ფოლადაურის აუზში ხშირად არ ხერხდება.

გეოფიზიკური გამოკვლევების მიზანს წარმოადგენდა მდ. ფოლადაურის აუზში მეოთხეული ნალექების სიმძლავრის განსაზღვრა, მათი დიფერენციაცია შედგენილობისა და გაწყლიანების ხარისხის მიხედვით, მეოთხეული ნალექების ფორიანობის, ფილტრაციის კოეფიციენტის, გრუნტის წყლის დონისა და ფილტრაციული ნაკადების გაბატონებული მიმართულებების დადგენა.

ამ ამოცანის გადასაწყვეტად ელექტროძიებიდან გამოყენებული იყო ბევ და სეისმოძიებიდან გტკმ. მეოთხეული ნალექების ფილტრაციული თვისებების გასაანგარიშებლად ჭებსა და ჭაბურღილებში ჩატარდა გამოკვლევები სლაგ-ტესტირების მეთოდით.

გეოფიზიკური პროფილებისა და დაკვირვების წერტილების განლაგება ნაჩვენებია ნახ. 20-ზე. გეოფიზიკური პროფილები ძირითადად განლაგებულია მდ. ფოლადაურის პარალელურად.

ვეზ-ის მრუდების ინტერპრეტაცია ძირითადად შესრულებულია პალეტური [32] და კომპიუტერული [59] მეთოდებით. გეოელექტრულ ჭრილებში კარგად ჩანს ძირითადი ქანების ფრაქციული დიფერენციაცია ვერტიკალურ ჭრილში და მათი ცვალებადობის ხასიათი ლატერალური მიმართულებით.

გეოელექტრული ჭრილი I-I' (ნახ. 21 ბ) გადის შედარებით ვრცელ ტაფობზე, რომელიც დაფარულია სასოფლო სამეურნეო კულტურებით. ვეზ 8,9 და 11,13 - ის მიხედვით გამოყოფილი პირველი ფენი ( $h=3$  მ,  $\rho=20-30$ ) შეესაბამება გათიხებულ ნიადაგს, იგი გადაფარავს დაახლოებით 10 მ სიმძლავრის და 60-70 ომმ ხვედრითი ელექტრული წინაღობის ფენას. თავის მხრივ, ეს უკანასკნელი გადაფარავს 5-8 მ სიმძლავრისა და 20-25 ომმ წინაღობის ფენას (პელიტური თიხები).

გეოელექტრულ ჭრილში ფართო გავრცელებით სარგებლობს ჰორიზონტი, რომლის ხვედრითი ელექტრული წინაღობაა 40-45 ომ მ ( $h_{ავ}=20$ მ). იგი გადაფარავს ალუვიურ, დელუვიურ და პროლუვიურ ნალექებს ( $\rho=50-60$  ომმ), რომელთა წინაღობა

1-6 ვეზ-ის მიხედვით ეცემა 20-25 ომმ-დე. წინალობის დაცემა ჭრილის ამ მონაკვეთზე, ჩვენი ინტერპრეტაციით, გამოწვეული უნდა იყოს ქანების გაწყლიანებით.

გეოელექტრულ ჭრილში გამოიყოფა საყრდენი ელექტრული ჰორიზონტი ( $\rho=80-100$  ომ მ), რომელიც ჭრილის ცენტრალურ ნაწილში დაძირულია 80-90 მ სიღრმეზე, იგი, ჩვენი ინტერპრეტაციით, ზედა ცარცული ასაკის ვულკანოგენურ ქანებს შეესაბამება.

გეოფიზიკური გამოკვლევებით, მეოთხეული ნალექების სიმძლავრე, მთელი გეოელექტრული ჭრილის გასწვრივ საკმაოდ დიდია. იგი კარგ თანხვედნაშია საძიებო ჭაბურღილებით აგებულ ჭრილებთან.

გეოელექტრული ჭრილი II-II' გადის I-I' ჭრილის პარალელურად მისგან დასავლეთით (ნახ. 22), მეოთხეული ნალექების სიმძლავრე მთელი ჭრილის გასწვრივ შემცირებულია და მერყეობს 20-40 მ-ის ფარგლებში. ნალექების სიმძლავრის შემცირება ლოგიკურია, რამდენადაც ცარცული ასაკის ვულკანოგენური ნალექები ჭრილის ამ მონაკვეთზე ვიზუალური დაკვირვებითაც კი დღიურ ზედაპირს უახლოვდებიან. 30 მ სიმძლავრის გამწევი გეოელექტრული ჰორიზონტი უნდა შეესაბამებოდეს მეოთხეულ ნალექებს, რომლებიც გადაფარულია შედარებით თხელი მაღალი წინალობის (100-150 ომ მ) ფენით. 29-32 ვეზ-ის მიხედვით ძირეული ფენის წინალობაა 10-15 ომ მ, რაც გამოწვეულია ამ მონაკვეთის გაწყლიანებით. დაბალი ხვედრითი ელექტრული წინალობის პირველი ფენი გამოდის აგრეთვე ვეზ 25,26 და 28 შესაბამის წერტილებში, სადაც გრუნტის გაწყლიანება ვიზუალურადაც შეინიშნება.

გეოელექტრული ჭრილი III-III' გადის მდინარე ფოლადაურის პარალელურად სოფ. ინჟაოლიდან სოფ. ქვემო ბოლნისამდე (კაპანახჩი). როგორც ნახ. 23-დან ჩანს, პირველი ფენა ( $h=4-6$  მ,  $\rho=150-200$  ომ მ) უწყვეტად ვრცელდება მთელი ჭრილის გასწვრივ. იგი შეესაბამება კონგლომერატებს, რომელთა ქვიური მასალა წარმოდგენილი ზედა ცარცული ასაკის ვულკანოგენური წარმონაქმნებისა და კირქვებისაგან. მეორე ფენის სიმძლავრე მაქსიმუმს აღწეს (65 მ) ვეზ 45-ის მიდამოებში.

შედარებით რთული გეოელექტრული ჭრილის არსებობა დაიკვირვება პროფილის ბოლოს (ვეზ 34-41). კერძოდ, 37,38-ის მიხედვით გამოიყოფა ლინზა, რომლის ხვედრითი ელექტრული წინალობაა 150-180 ომ მ. მისი არსებობა ნათლად ჩანს ვეზ 36-39

ინტერპრეტაციის მიხედვით (ნახ 24). ჩვენი ინტერპრეტაციით იგი შეესაბამება ზედა ეოცენის ბაზალტის გამფენ სხეულს, რომელიც შემოჭრილია მეოთხეული ასაკის ნალექებში. ზედა ცარცული ასაკის ნალექების ( $\rho=80-90$  ომ მ) ზედაპირი ვეზ 42-ის ჩრდილოეთით იკარგება. გეოელექტრული ჭრილი კარგ თანხვედნაშია ჭაბურღილების მონაცემებთან.

გეოელექტრული ჭრილი IV-IV' გადის განედური მიმართულებით. ძირითადი ქანების ჩაწოლის სიღრმე სოფ. ინჟაოლის მიმართულებით თანდათან მცირდება, რაც გამოწვეულია ძირითადად მეორე ფენის ( $\rho=20-40$  ომმ) სიმძლავრის შემცირებით. (ნახ 25).

გტკმ-ით საველე სამუშაოები მიმდინარეობდა 12 არხიანი საინჟინრო სეისმური აპარატებით (ACM 6/12). დრეკადი სეისმური ტალღების აღმგრა ხდებოდა 30 კგ წონის ტვირთის 3,5-4 მ სიმალიდან ჩამოგდებით.

სამუშაოები წარმოებდა სრული სქემით, მიღებულ იქნა პირდაპირი, შებრუნებული და დამწვევი ჰოდოგრაფები.

სულ გატარებულ იქნა 5 პროფილი, რომლებიც მოიცავდა რამოდენიმე დგომის წერტილს (დგომის სიგანე 120 მ). საველე მონაცემები დამუშავებულ იქნა ჰოდოგრაფების სხვაობის მეთოდით, აგრეთვე, ამავე მეთოდის მოდიფიცი რებული, გეოფიზიკის ინსტიტუტის სეისმომეტრიის განყოფილებაში შემუშავებული ვარიანტის მიხედვით [11,17]. პირველ ფენში სეისმური ტალღის გავრცელების სიჩქარე განისაზღვრა პირდაპირი ჰოდოგრაფით.

ინტერპრეტაციის შედეგად პროფილ I-I' გამოიყოფა ერთი გარდამტეხი ჰორიზონტი სასაზღვრო სიჩქარით 950-1100 მ/წმ. დრეკადი ტალღების გავრცელების სიჩქარე პირველ ფენში შეადგენს 550-580 მ.წმ-ს, ხოლო სიმძლავრე საწყისიდან ბოლომდე იზრდება 10 მ-დან 28 მეტრამდე.

სეისმური პროფილი ემთხვევა გეოელექტრულ პროფილ I-I'-ს. ჩვენი ინტერპრეტაციით, სეისმოგეოლოგიურ ჭრილზე გამოყოფილი პირველი ფენა უნდა შეესაბამებოდეს გეოლოგიურ ჭრილზე გამოყოფილ გამწვევ ფენს, რომლის ხვედრითი ელექტრული წინააღობაა 50-60 ომ მ.



პროფილ 2-2' დასაწყისში გამოიყოფა მაღალსიჩქარული ( $V=4200$  მ/წმ) ფენა, რომლის სახურავი ჩაწოლილია 12-16 მ სიღრმეზე. საწყისიდან 120-340 მ-ზე გამოიყოფა ჰორიზონტი, რომლის სასაზღვრო სიჩქარეა 2720-2800 მ/წმ. პროფილის ბოლოს მისი სიჩქარე ეცემა 2140-2160 მ/წმ-მდე. მთელი პროფილის გასწვრივ პირველი ფენის სიჩქარეა 700-850 მ/წმ.

პროფ 3-3' და პროფ 4-4' გადის პროფ 2-2' პერპენდიკულარულად. ორივე პროფილზე პირველი ფენის სიჩქარეა 500-520 მ/წმ. 3-3' პროფილზე გამოიყოფა მაღალსიჩქარული  $V=415$  მ/წმ მესამე ფენი, რომელსაც გადაფარავს ფენა 1840-2000 მ/წმ საზღვრითი სიჩქარით. პროფ 4-4' -ზე მეორე ფენი სასაზღვრო სიჩქარით 2200-2260 მ/წმ იზრდება აღმოსავლეთით.

ჩვენი ინტერპრეტაციით, 2-2', 3-3', და 4-4' პროფილებზე გამოყოფილი პირველი ფენი შეესაბამება მეოთხეული ასაკის ალუვიურ-დელუვიურ-პროლუვიურ ნალექებს, მეორე ფენა – ზედა ცარცული ასაკის ვულკანოგენურ ქანებს, ხოლო 2-2' პროფილისა 3-3' პროფილის დასაწყისში გამოყოფილი მესამე ფენი – ძირითადად ქანებში შემოჭრილ ინტრუზიულ სხეულს.

2001 წელს საკვლევ ტერიტორიაზე ბერძენმა მეცნიერმა ვ. ზერვოსმა ქართველ კოლეგებთან ერთად 5 პროფილზე ჩაატარა ელექტომეტრიული კვლევა მუდმივი დენის მეთოდით [58]. აღნიშნული პროფილების განლაგება ნაჩვენებია ნახ. 20-ზე უნდა აღინიშნოს, რომ მის მიერ ჩატარებული გამოკვლევებით მე-2 პროფილის დასაწყისში გამოიყოფა მაღალომიანი (160 ომ მ) უბანი, რომელიც მკვეთრად იძირება აღმოსავლეთის მიმართულებით. მიგვაჩნია, რომ იგი შეესაბამება სეისმოგეოლოგიური პროფილებით (2-2' და 3-3') გამოყოფილ მაღალ სიჩქარულ ფენს. ვიზუალურადაც ჩანს, რომ 2-2' სეისმოგეოლოგიურ პროფილზე ძირითადი ქანები უახლოვდება დღიურ ზედაპირს, ხოლო აღმოსავლეთით ისინი იძირებიან, რაც ნათლად დასტურდება სეისმოგეოლოგიური ჭრილების (3-3' და 4-4') მონაცემებით.

პროფ 5-5' (ნახ 26) გადის მდინარე ფოლადაურის პარალელურად. 4,5-5 მ სიმძლავრის ფენი ( $V=670-760$  მ/წმ). ვრცელდება მთელი ჭრილის გასწვრივ და

გადაფარავს ჰორიზონტს, რომლის საზღვარზე სიჩქარეა 2040-2060 მ/ წმ. ეს უკანასკნელი შეესაბამება ცარცული ასაკის, ხოლო პირველი ფენი – მეოთხეული ასაკის ნალექებს.

მიწისქვეშა წყლების (გრუნტის წყლების) მოძრაობის მიმართულების დადგენა შესაძლებელი გახდა პროფილზე ბევ-ის განაწილების მიხედვით. იგი ჩატარდა გეოელექტრული პროფილების გასწვრივ. ნახაზზე ნაკადის მიმართულება ისრითაა ნაჩვენები, საიდანაც ჩანს, რომ პოტენციალის მნიშვნელობა თანდათანობით იზრდება ჩრდილოეთის მიმართულებით (ნახ. 21 ბ). გრუნტის წყლების მოძრაობის ასეთი მიმართულება სავსებით ლოგიკურია, რამდენადაც ფილტრაციულ დინებები ამ უბანზე გაპირობებულია მდ. ფოლადაურისა და მისი მარცხენა შენაკადების დინებით. ეკოლოგიური თვალსაზრისით ფილტრაციული დინებების შესწავლას უდიდესი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, რამდენადაც მადნეულის კარიერიდან ჩამონადენი წყლები გაჯერებულია ტოქსიკური ქიმიური კომპონენტებით. ისინი გამოიყენება ბალ-ვენახების სარწყავად და მათი გავლენა გარემოს გაბინძურებაზე აშკარაა.

ფილტრაციული ნაკადის დაზუსტებული მიმართულების განსაზღვრის მიზნით ორ წერტილში ჩატარდა ბევ-ის წრიული გაზომვები. პირველი წერტილის მიხედვით დიდ გაშლებზე ფილტრაციული ნაკადის გაბატონებული მიმართულება აშკარად ჩრდილო-აღმოსავლურია. მეორე წერტილში ნაკადის მიმართულება ნათლად გამოხატული არ არის, თუმცა ნაკადის დინებას აქაც იგივე მიმართულება აქვს. ნაკადის ასეთი მიმართულება შეესაბამება ამ ტერიტორიაზე უბნის გეომორფოლოგიურ პირობებს და მიანიშნებს მიწისქვეშა წყლების ძლიერ გაჭუჭყიანებულ უბნებზე (ნახ. 27).

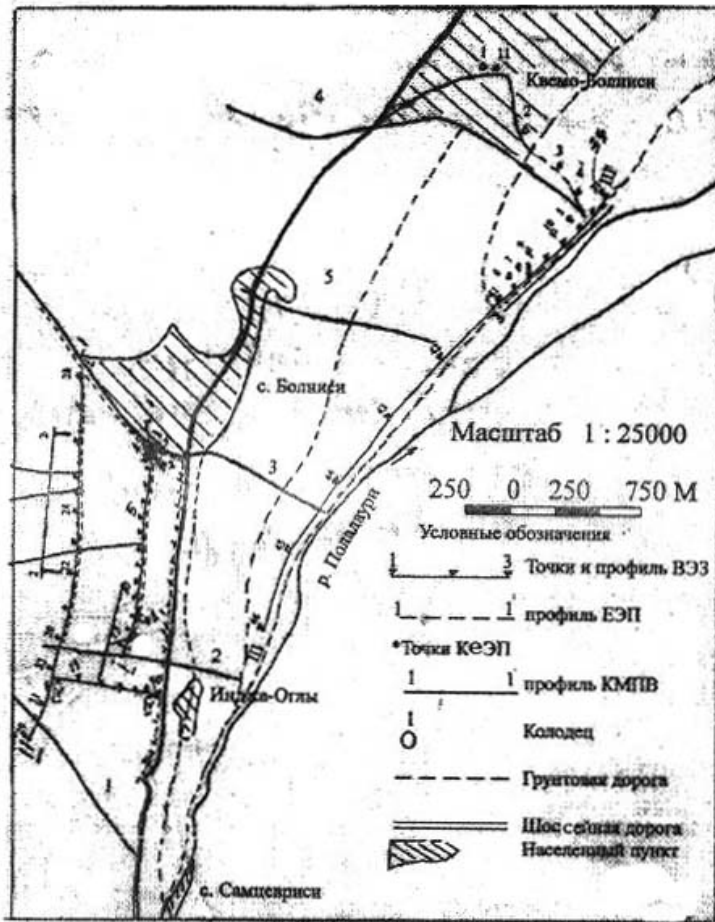
ელექტროდების პატარა გაშლებზე ნაკადის მიმართულება განსხვავებულია. იგი შეესაბამება ზედაპირიდან ახლომდებარე წყლების დინების მიმართულებას.

უნდა აღინიშნოს, რომ მადნეულის პოლიმეტალური საბადოს დამუშავება მიმდინარეობს ტექნიკური ნორმების სრული დარღვევით; საექსპლუატაციო სამუშაოები სწარმოებს ღია წესით-ეკოლოგიური ნორმატივების დარღვევით. კერძოდ, არ ხდება კარიერზე წყლების სრული გადაქაჩვა საცავებში და ხშირად ტოქსიკურად გაჭუჭყიანებული წყლები ჩაედინება მდ. ფოლადაურში, რაც აჭუჭყიანებს ბოლნისის რაიონის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებს.

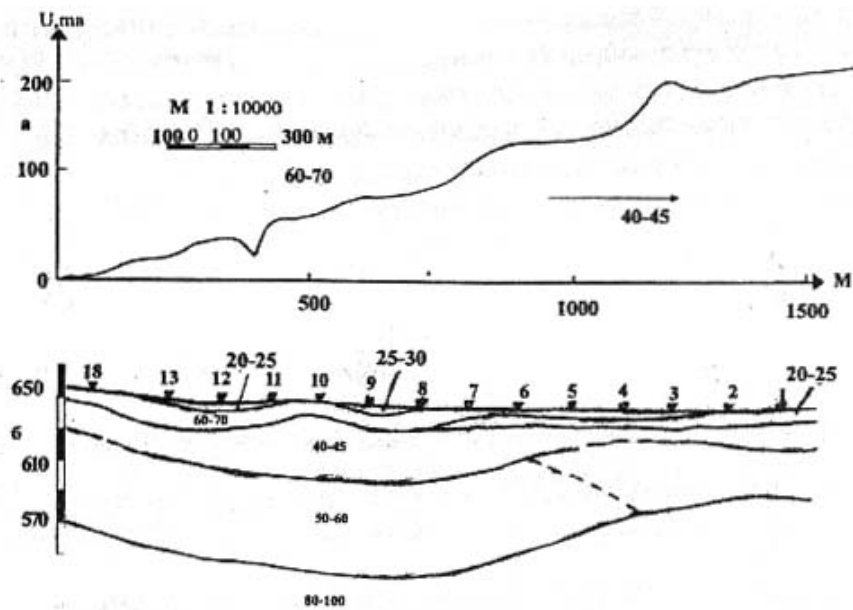
მეოთხეული ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტების გაჭუჭყიანების მასშტაბების დადგენის მიზნით სლაგ-ტესტირების მეთოდით შესწავლილ იქნა მიწისქვეშა წყლების ჰიდროდინამიკური პარამეტრები. ტესტირება ჩატარდა ს. ქვემო ბოლნისის ჭებსა და ჭაბურღილში. ჭებში წყლების პიეზომეტრული დონე მდინარე ფოლადაურის მიმართულებით თანდათან მცირდება 17 მეტრიდან 1-2 მეტრამდე. დადგენილია, რომ კარიერიდან ჩამონადენ წყლებში ტოქსიკური ელემენტების შემცველობა მნიშვნელოვნად გაზრდილია, კერძოდ, სპილენძის, თუთიის, ტყვიის და კადმიუმის შემცველობა მილიგრამებში შესაბამისად შეადგენს 10-20, 9-12, 0,5-1,5 და 0,04-2,5 [56]. სიღრმეში მიწისქვეშა წყლები იფილტრება თიხებში და ბრეჭიისებრ ტუფებში, რომელთა ადსორბციული თვისებები საკმაოდ მაღალია. ჭების სლაგ-ტესტირების შედეგები გვიჩვენებს, რომ მეოთხეული ნალექები ხასიათდება ფილტრაციის დაბალი კოეფიციენტითა და ადსორბციის მაღალი უნარით, რის შედეგადაც გრუნტის წყლებში და მეოთხეულ ნალექებში გროვდება ტოქსიკური ელემენტები. ნახ. 28 -ზე ნაჩვენებია ჭების სლაგ-ტესტირების შედეგები.

საინჟინრო გეოფიზიკური გამოკვლევების საფუძველზე შესაძლებელი გახდა ფოლადაურის აუზში მეოთხეული ნალექების დანაწევრება ნივთიერი შედგენილობისა და გაჭუჭყიანების ხარისხის მიხედვით. დადგენილია ცალკეული ფენების ფიზიკური პარამეტრები (ხვედრითი ელექტრული წინაღობა, სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარე) და მათი სიმძლავრეები, რაც კარგ თანხვედენაშია ჭაბურღილების მონაცემებთან. მეოთხეულ ნალექებში გამოყოფილია მაღალი წინაღობის უბნები, რაც გეოლოგიური მოსაზრებებიდან გამომდინარე ეფუზიური ქანების გავრცელებას უნდა შეესაბამებოდეს. გტკმ-ის ლოკალურ უბანზე გამოყოფილია მაღალი სიჩქარული გარემო, რაც ინტრუზიული სხეულით უნდა იყოს გამოწვეული.

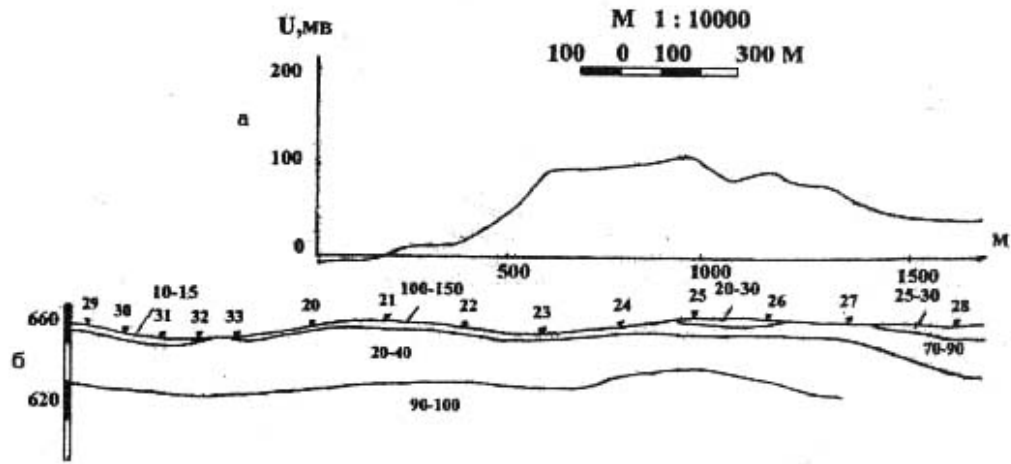
ელექტრომეტრული გამოკვლევების საფუძველზე დადგენილია მეოთხეულ ნალექებში გრუნტის წყლების დონე და ფილტრაციული ნაკადის გაბატონებული (ჩრდილო-აღმოსავლეთური) მიმართულება, გამოყოფილია ცალკეული გაწყლიანებული უბნები.



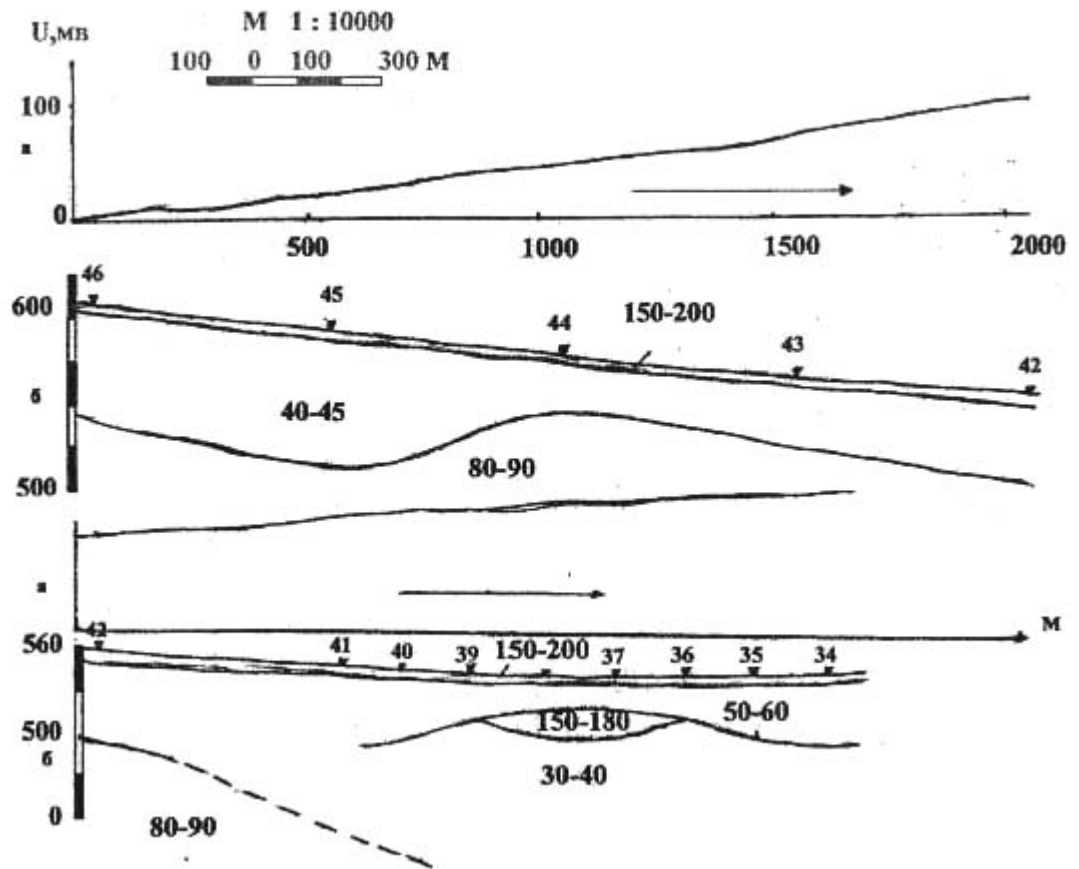
Бсб. 20



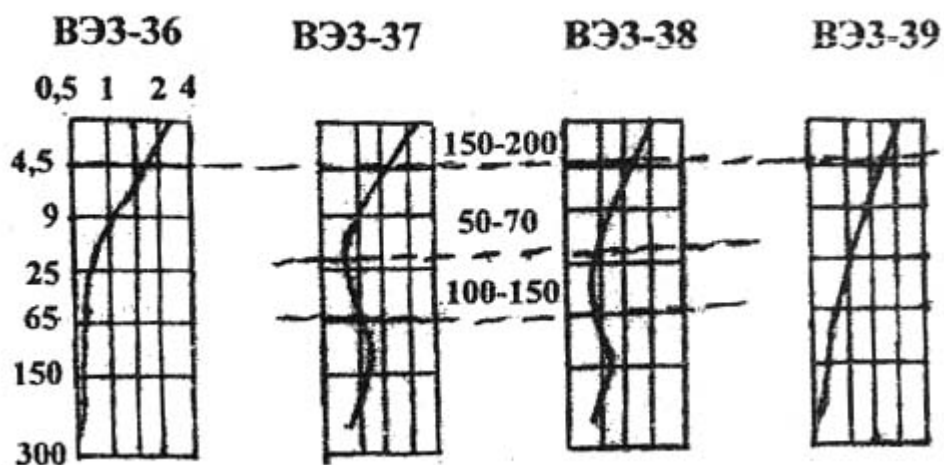
Бсб. 21



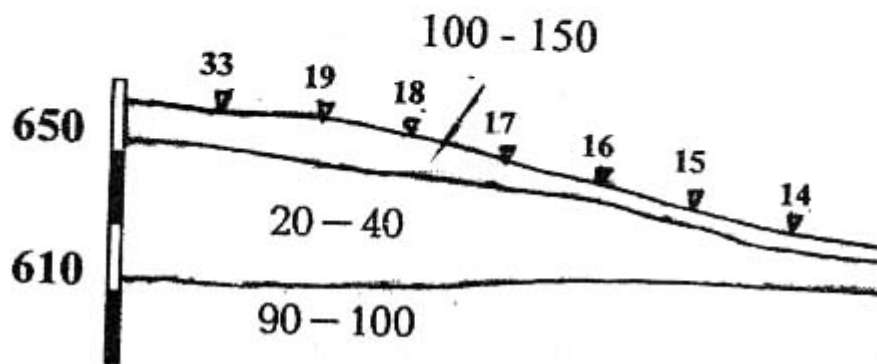
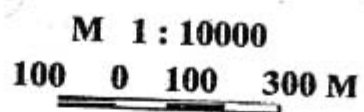
бб. 22



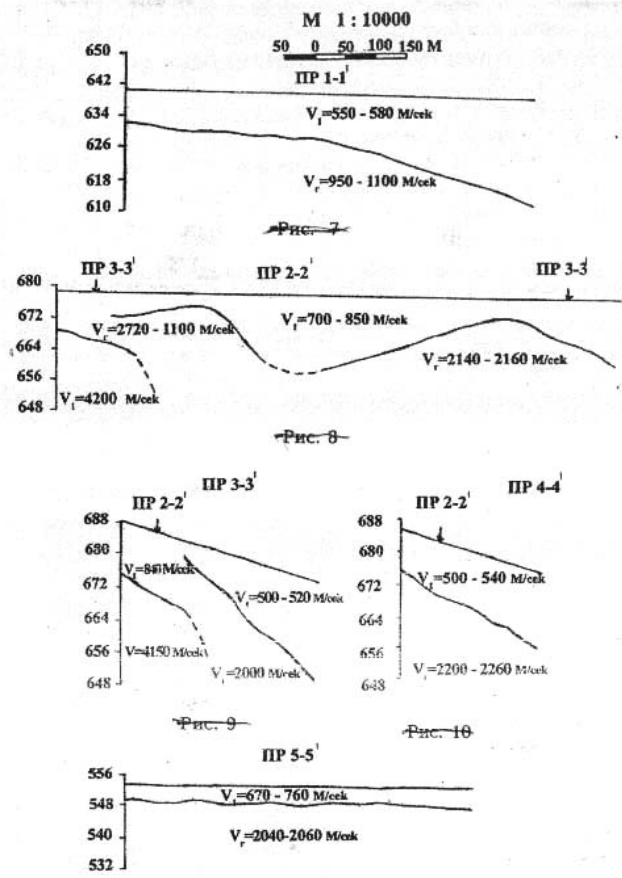
бб. 23



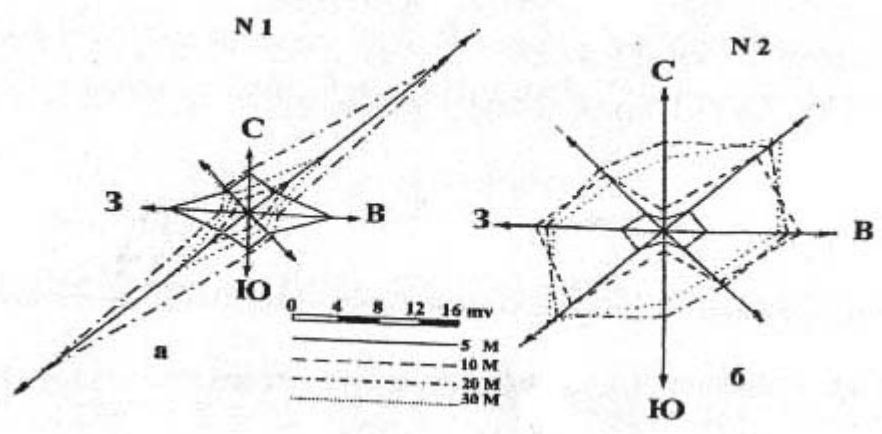
Бэб. 24



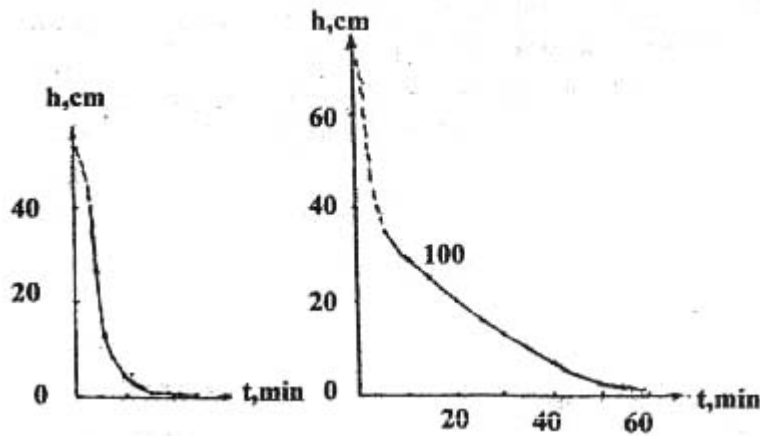
Бэб. 25



Біб. 26



Біб. 27



ნახ. 28

**§3.7 მდინარე ფოლადაურის აუზში (ქვემო ბოლნისის ფარგლებში) ალუვიურ ტბიური ნალექების საინჟინრო-გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობების გამოკვლევა მიების გეოფიზიკური მეთოდებით.**

ბოლნისის რაიონის დასახლებული პუნქტები დღეისათვის მოკლებულია ცენტრალურ წყალმომარაგებას და ყოველდღიური საჭიროებისათვის იყენებენ ცალკეული ჭაბურღილებიდან და წყაროებიდან მიღებულ წყლებს. ასეთი წყლები ტოქსიკურად დაბინძურებულია. ბუნებრივია, ბოლნისის რაიონის სოფლებში სასმელად ვარგისი წყლიანი ჰორიზონტების გამოვლენის საკითხი დგას.

ადრე ჩატარებული გეოლოგიური და გეოფიზიკური გამოკვლევების საფუძველზე ზოგადად შეფასებულია ბოლნისის რაიონში ამ მიმართებით პერსპექტიული უბნები და გამოყოფილია წყალშემცველი ჰორიზონტები. ექსპლუატაციისათვის მისაღებად მიჩნეულია მდ. ფოლადაურის აუზში გავრცელებული ალუვიურ-ტბიური ნალექები სოფ. ხაჩინსა და წითელსოფელს შორის [21].

ქვემო-ბოლნისის (კაპანახჩის) ტერიტორიაზე, სადაც ჩვენს მიერ ჩატარდა სავსე ელექტრომეტრიული გამოკვლევები, მდინარე ფოლადაურის ხეობა განიერდება და მის ორივე ნაპირზე შიშვლდება ტერასული ნალექები, წარმოდგენილი ძირითადად ქვადორღითა და თიხამიწით.



აღნიშნულ ტერიტორიაზე ძირითადი ქანების ლითოლოგიური შედგენილობისა და ფილტრაციული თვისებების მიხედვით გამოიყოფა შემდეგი წყალშემცველი ჰორიზონტები; 1. ზედა ცარცის ვულკანოგენური ქანების წყალშემცველი ჰორიზონტი; 2. პალეოგენისა და ზედა ცარცის წყალშემცველი ჰორიზონტი; 3. ზედა მიოცენისა და მეოთხეული ასაკის ანდეზიტ \_ ბაზალტების და დოლორიტული ლავური განფენების წყალშემცველი ჰორიზონტი; 4. მეოთხეული დელუვიურ-პროლუვიური ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი; 5. მეოთხეული ალუვიურ-ტბიური ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი [29].

ზედაპირული წყლები გაჭუჭყიანებულია მადნეულის მადნის გამამდიდრებელი კომბინატიდან ჩამომდინარე ტოქსიკურად დაბინძურებული ნაკადებით და ისინი, ძირითადად, იხმარება სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების სარწყავად, ხოლო მოსახლეობის სასმელად გამოიყენება უფრო ღრმა ჰორიზონტებიდან ჭაბურღილების საშუალებით მიღებული წყლები. რამდენადაც იქ გავრცელებული ნალექები ხასიათდება მაღალი ადსორბციული თვისებებით, ასეთი წყლები მავნე მინარევებისაგან შედარებით გაფილტრულია და ეკოლოგიურად ნაკლებად საშიშია.

მდ. ფოლადაურის მეოთხეული ასაკის ალუვიურ-ტბიური ნალექები შეიცავს მიწისქვეშა წყლების სამ წნევიან და ერთ უწნევე ჰორიზონტს. იგი ლითოლოგიურად წარმოდგენილია ქვადორდით, რომელიც სუსტად არის შეცემენტებული თიხებითა და თიხამიწით.

2004 წელს ჩატარდა ქვემო ბოლნისის ტერიტორიის საინჟინრო გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობების შესწავლა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით. ელექტრომეტრული სამუშაოებით (ვეზ. სეზ-ის და ბევ-ის მეთოდებით) შესაძლებელი გახდა ალუვიურ-ტბიური ნალექების ხვედრითი ელექტრული წინაღობის მიხედვით დიფერენციაცია და მათში მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის დადგენა. გეოფიზიკური პროფილებისა და დაკვირვების წერტილების განლაგების სქემა ნაჩვენებია ნახ.29-ზე. ჭაბურღილების გეოლოგიური დოკუმენტაციის გათვალისწინებით აგებულ იქნა გეოელექტრული ჭრილები.

გეოელექტრულ ჭრილში I-I' (ნახ. 30ა). გამოიყოფა ოთხი ფენა, სადაც პირველი ( $h=7-10\text{მ}$ ,  $\rho=20-25$  ომმ) შეესაბამება მეოთხეულ ნალექებს (თიხები, თიხამიწა, ლოდნარი, ქვიშნარით შეცემენტებული). მათში დადგენილია გრუნტის წყლის დონე ჭაბურღილებისა და ვეზ-ის მიხედვით, რომელიც შეიცავს ტოქსიკურ ელემენტებს. მეორე ფენა ( $h=30\text{მ}$ ,  $\rho=100-120$  ომმ) შეესაბამება ლითოლოგიურად თითქმის ანალოგიურ, ნაკლებად გაწყლიანებულ ნალექებს. მესამე ფენა ( $h_{\text{აპ}}=40\text{მ}$ ,  $\rho=25-30$  ომმ) ჩვენი ინტერპრეტაციით შეესაბამება წნევიან წყალშემცველ ჰორიზონტს. ვეზ 103-ის შესაბამის წერტილში გაცვანილია ამჟამად ჩანგრეული ჭაბურღილი, რომელიც საკმაოდ უხვ წნევიან წყალს იძლეოდა.

გეოელექტრულ ჭრილში 49-57 ვეზ-ის მიხედვით გამოყოფილი 8-10 ომ მ ხვედრითი ელექტრული წინაღობის მეორე ფენი შეესაბამება თიხებს, რომლებიც გადაფარავს 70-100 ომ მ წინაღობის გარემოს.

გეოელექტრულ ჭრილში II-II' ინტერესს იწვევს მონაკვეთი 22 და 7 ვეზებს შორის (ნახ. 31 ბ), სადაც 100-170 ომ მ წინაღობის ფენის საგებში გამოიყოფა შედარებით დაბალი ხვედრითი ელექტრული წინაღობის (70-80 ომ მ) ფენი, რომელიც ჩვენი ინტერპრეტაციით, შეესაბამება წნევიანი წყლის შემცველ ჰორიზონტს. ანალოგიური ჰორიზონტი გამოიყოფა გეოელექტრულ ჭრილ V-V'-ზე. 2 და 10 ვეზის მიხედვით გამოყოფილი მეოთხე ფენი უნდა შეესაბამებოდეს წყლით გაჯერებულ ტუფებს, ტუფბრექჩიებსა და ტუფქვიშაქვებს (ნახ.31)

წნევიანი წყლების შემცველი ჰორიზონტების ძიების თვალსაზრისით საყურადღებოა გეოელექტრული ჭრილები VII-VII' და VIII-VIII' (ნახ. 32), სადაც დამაჯერებლად გამოიყოფა 70-80 ომ მ წინაღობის ფენი. გეოელექტრულ VII-II' ჭრილზე 14-21 ვეზის მიხედვით გამოყოფილი 5-10 ომ მ ხვედრითი ელექტრული წინაღობის მეორე ფენი შეესაბამება თიხებსა და თიხა-მიწებს, სადაც ასეთი დაბალი ხვედრითი ელექტრული წინაღობა განპირობებულია ნივთიერი შედგენილობით და არა წყალშემცველობით.

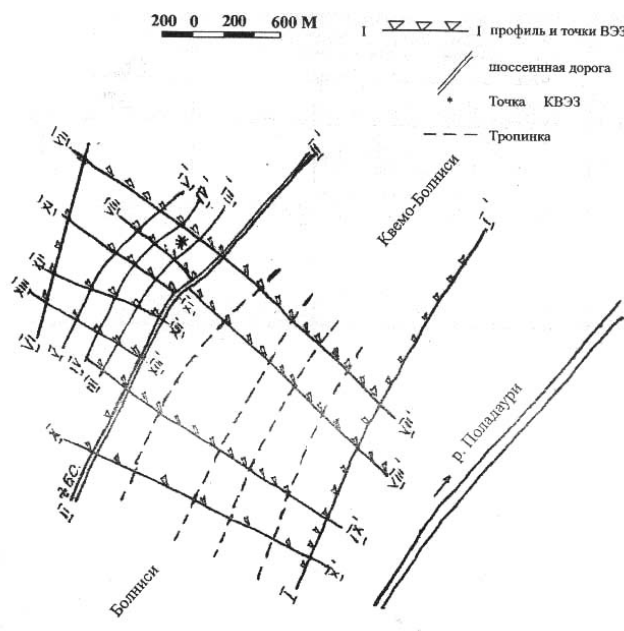
ჩვენს მიერ ჩატარებულია სავლე ელექტრომეტრიული გამოკვლევების კომპიუტერული ინტერპრეტაცია. ნახ. 33 ა-ზე ნაჩვენებია საკვლევი ობიექტის

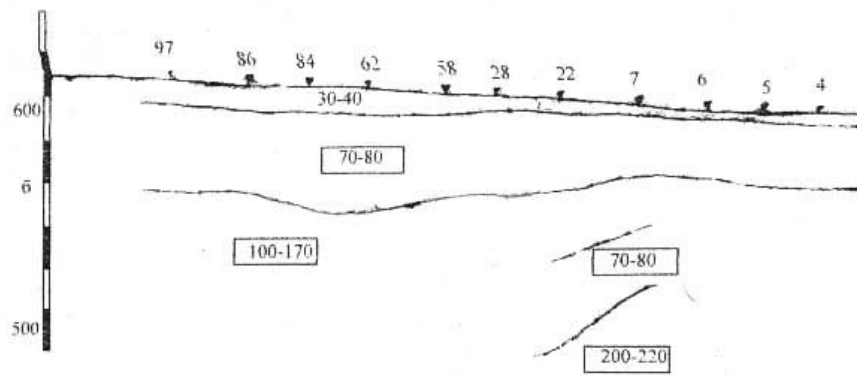
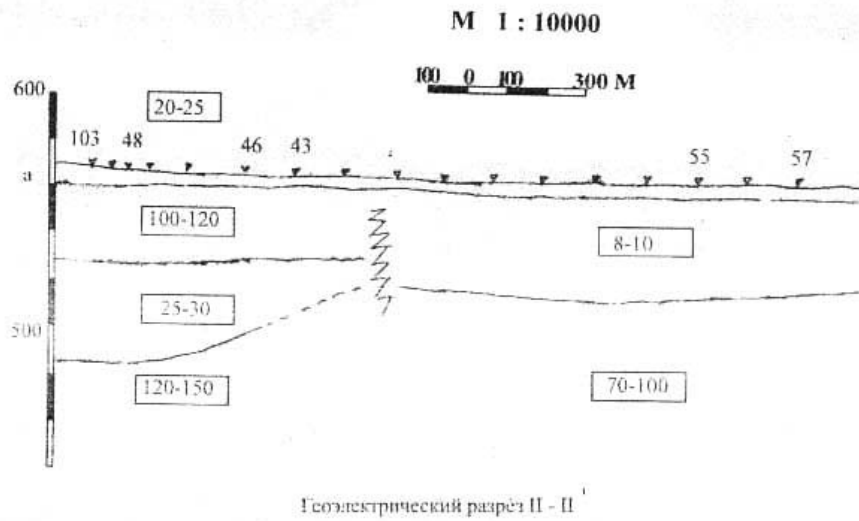
ჰიფსომეტრია და მასზე გეოფიზიკური პროფილების განლაგება, ხოლო ნახ. 33 ბ-ზე – გამოყოფილი ჰორიზონტების სივრცობრივი ორიენტაცია. აქედან ჩანს, რომ კომპიუტერული გრაფიკის გამოყენებით შეიძლება ნათელი წარმოდგენა ვიქონიოთ ცალკეული ჰორიზონტების სივრცეში განლაგებაზე.

ბევ წრიული გაზომვების შედეგად (ვეზ 8-ს შესაბამის წერტილში) დადგინდა, რომ ანომალური წერტილიდან ხდება გრუნტის წყლის ინტენსიური ფილტრაცია სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით (ნახ. 34).

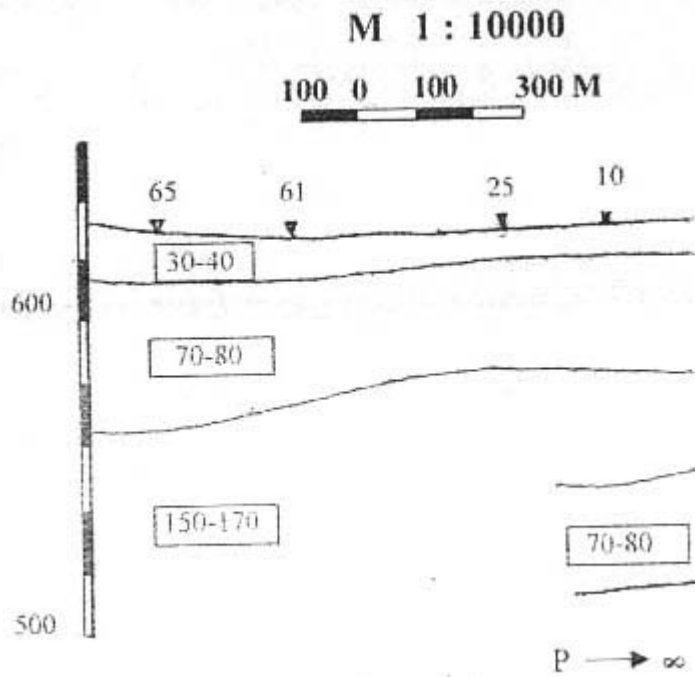
ამრიგად, საველე გეოფიზიკური გამოკვლევების შედეგად მდ. ფოლადაურის აუზში ალუვიურ-ტბიურ ნალექებში გამოყოფილია წყალშემცველი ჰორიზონტი ( $\rho = 70-80$  ომმ), დადგენილია მისი სიმძლავრე და წყალშემცველობის თვალსაზრისით პერსპექტიული უბნები. ერთ-ერთი ასეთი უბანი მდებარეობს 80-100 მ, ხოლო II-40-50 მ სიღრმეზე.

გეოელექტრულ ჭრილზე გამოყოფილი მეორე ჰორიზონტი გაჭუჭყიანებულია მადნეულის კომბინატიდან ჩამონადენი ტოქსიკური ელემენტებით. მიგვაჩნია, რომ ბოლნისის რაიონის წყალმომარაგებისათვის გამოყენებული უნდა იქნას ალუვიურ-ტბიურ ნალექებში გამოყოფილი 70-80 ომმ წინალობის გარემოს წყლები, რომლებიც ნაკლებად არის დაბინძურებული და მათი ექსპლუატაცია შესაძლებელია.

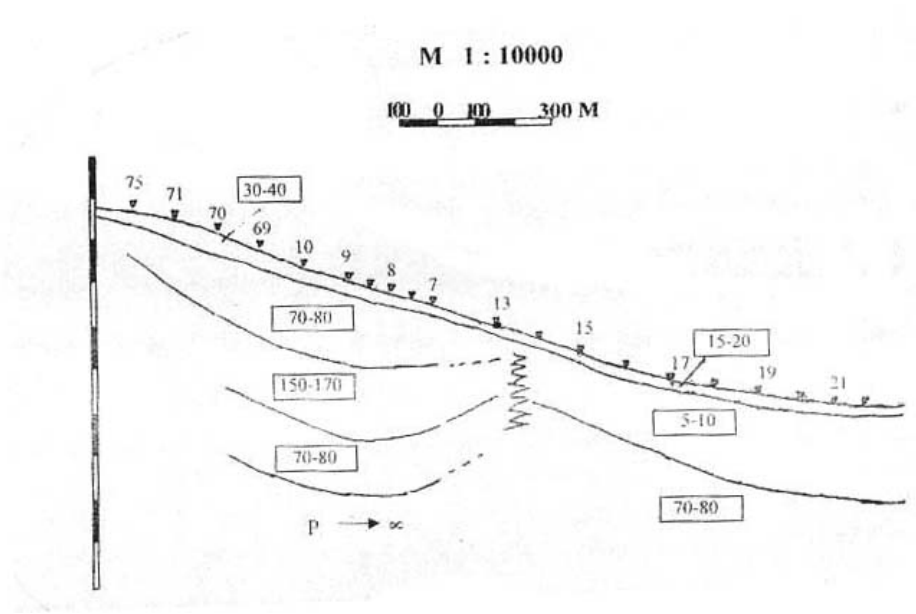




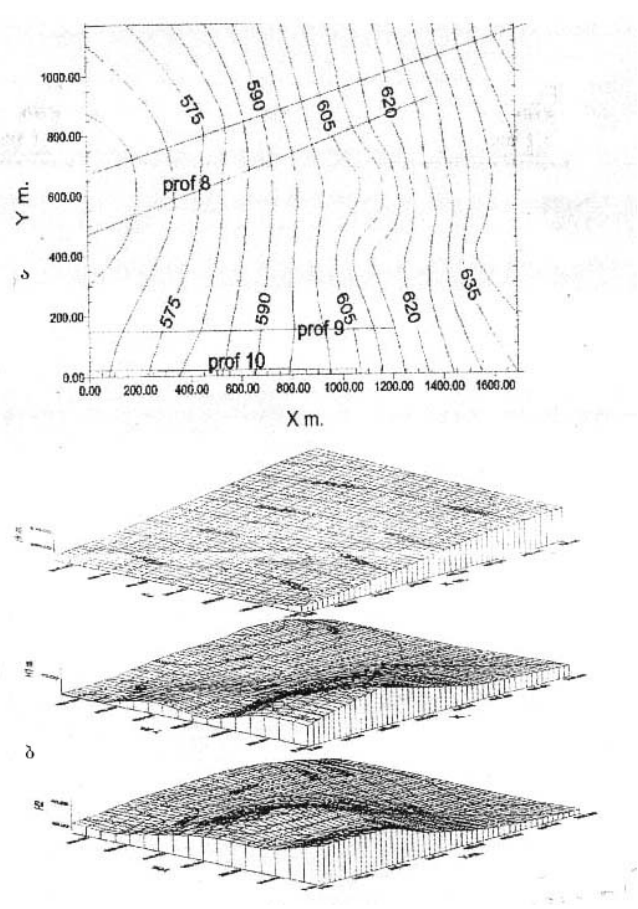
бсб. 30 а, б



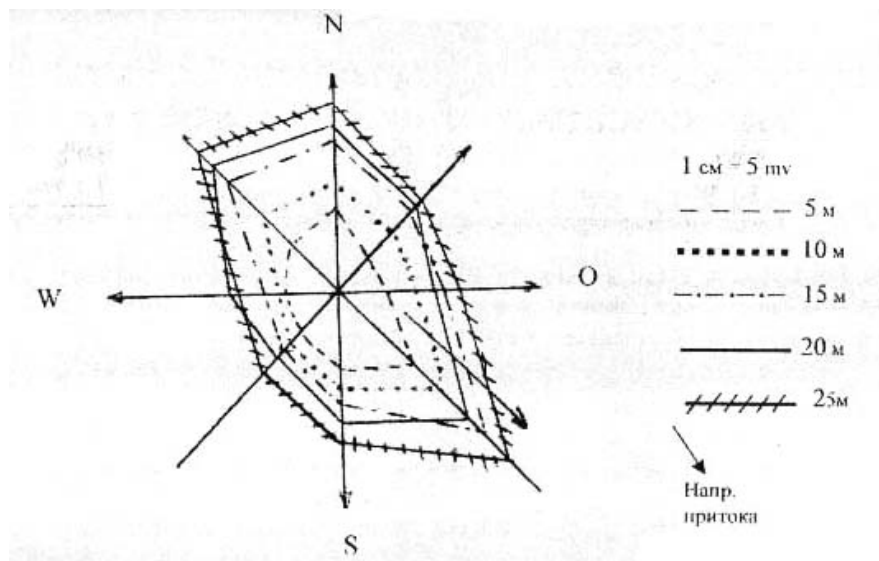
бсб. 31



бсб. 32



бсб. 33 а, б



ნახ. 34

**§3.8 ღრუდოს მიწისქვეშა აუზის კარსტული – ჰიდროგეოლოგიური პირობების გამოკვლევა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით.**

უკანასკნელ წლებში შეინიშნება ქ. ჭიათურაში სასმელად გამოყენებული კაპტირებული კარსტული წყაროების (ღრუდო, მონასტერი, ლეჟუბანი და სხვა) ძლიერი ამღვრევა-დაბინძურება, რაც მეტწილად წინდაუხედავი სამეურნეო საქმიანობის შედეგია. ამასთან დაკავშირებით უადრესად აქტუალურია კარსტული წყაროების მიწისზედა და მიწისქვეშა საზრდოობის აუზების დაბინძურების კერების, წყლების რეჟიმის, ნაკადების მიმართულებათა გზების დადგენა, რისთვისაც ფართოდ გამოიყენება ინდიკატორული და კვლევის სხვა მეთოდები.

წყლების ტრასირების მეთოდით პირველად ექსპერიმენტულად დადასტურდა საჩხერის ბამბის სართავი ფაბრიკის ტერიტორიიდან დაბინძურებული წყლების შერევა ღრუდოს, ფარდულის კლდის და ე.წ. გაღმა ვოლეზებთან; ხოლო რგანისღელეს კალაპოტში შთანთქმული წყლების კავშირი – მონასტრის, ღრუდოს და ფარდულის კლდის წყაროებთან. განხორციელდა ფირანას 100 მ სიღრმის კარსტულ უფსკრულში გამდინარე ნაკადის ტრასირება, რომლის შედეგადაც შეღებილი წყალი დაფიქსირდა

მონასტრის, ცხრილისა და თირის წყაროებში. ფლუორესტინის არსებობის საექვო კვალი აქტივირებული ნახშირის შემწეობით აღინიშნა აგრეთვე ღრუდოში (ნახზ. 35).

ჩატარებული ინდიკატორული გამოკვლევები საფუძველს გვაძლევს დავასკვნათ:

1) ჭიათურის პლატოზე მდ. კაცხურიდან საჩხერის მერიდიანამდე უნდა არსებობდეს ერთიანი კარსტულ-ჰიდროგეოლოგიური სისტემა, რომლიდანაც მიწისქვეშა ნაკადების განტვირთვა ღრუდოსა და მის მიმდებარე ზოლში გამომავალ წყაროებში ხდება; 2) ღრუდოს და მის სიტემაში შემავალი წყაროების საზრდოობაში არსებული ტექტონიკური სიტუაციის გათვალისწინებით სავარაუდოა მდ. ყვირილას მარცხენაპირეთის პლატოების (პასიეთი, ითხვისი, შუქრუთი, და სხვა) მონაწილეობაც. 3) ღრუდოს კარსტულ-ჰიდროგეოლოგიურ აუზთან ერთად, როგორც ჩანს, ჭიათურის პლატოსათვის დამახასიათებელია შედარებით უმნიშვნელო დებიტების მქონე იზოლირებული ნაპრალოვან-კარსტული წყლები, განსხვავებული ჰიფსომეტრული მდებარეობითა და ორიენტაციით. 4) ინდიკატორულმა ცდებმა, ხოლო შემდეგ აეროფოტოსურათების დეშიფრირებამ დაადასტურა ლიტერატურაში დღემდე უცნობი ტექტონიკური წყვეტების არსებობა რგანის პლატოზე, აგრეთვე მდინარეების რგანისღელის და ყვირილას კალაპოტების გასწვრივ.

აეროფოტოსურათების დეშიფრირება და ბურღვის მონაცემები, აგრეთვე, სავლელ დაკვირვებების მასალები საშუალებას იძლევა ჭიათურის პლატოს ფარგლებში გამოიყოს ღრუდოსა და საჩხერის ჰიდროგეოლოგიური აუზები, რომელთა წყალგამყოფი სოფლები ტყემლოვანი – გუნდეთი – ბჟინევი – ქორეთის შემაერთებელ ხაზზე გადის (ნახ. 35). მიღებული შედეგები კიდევ უფრო დამაჯერებელს ხდის ინდიკატორული ცდების საფუძველზე ზემოთ გამოთქმულ მოსაზრებებს.

საჩხერის ბამბის სართავი ფაბრიკა მდ. ყვირილას ჭალისზედა მარცხენა ტერასაზე ძლიერ დაკარსტულ კირქვის ფუნდამენტზე დგას. ჩვენს მიერ მიკვლევულ ერთ-ერთ კარსტულ პონორში ჩატარებულმა ინდიკატორულმა ცდამ დააფიქსირა საჩხერის ბამბის სართავი ფაბრიკის დაბინძურებული წყლების შერევა ჭიათურის წყალმომარაგებაში ჩართულ ღრუდოს მიწისქვეშა აუზთან, რაც ეკოლოგიურად დიდ საშიშროებას წარმოადგენს.

აღნიშნული ტერიტორია გეოტექტონიკურად თავსდება საქართველოს ბელტის ცენტრალური ამოწვევის ზონაში, სადაც აღმავალი ჭრილი წარმოდგენილია ბაიოსის პორფირიტული წყებით და მასზე განლაგებული ცარცული ასაკის კირქვებით, რომელიც, თავის მხრივ, მძლავრი მესამეული თიხებით, ქვიშაქვებით და მეოთხეული ალუვიურ-დელუვიური ნალექებით იფარება.

დაფარული სტრუქტურული ერთეულების გამოვლენისა და გადევნების მიზნით გამოყენებულ იქნა ძიების ელექტრომეტრული მეთოდები. გამოკვლევების მიზანს შეადგენდა: კირქვების სიმძლავრისა და გავრცელების ფართის დადგენა; გეოლოგიურ ჭრილში კირქვების ზემოთ მდებარე ჰორიზონტების სიმძლავრის დადგენა და მათი დიფერენციაცია ხვედრითი ელექტრული წინააღმდეგობის მიხედვით; ნაპრალო სტრუქტურების გამოვლინება; ფილტრაციული ნაკადების მიმართულების დადგენა.

აღნიშნული ამოცანების გადასაწყვეტად გამოყენებული იყო ძიების ელექტრომეტრული მეთოდების შემდეგი მოდიფიკაციები: ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება (ვეზ); ელექტროპროფილირება საშუალო გრადიენტის მეთოდით; ბუნებრივი ელექტრული ველის მეთოდი. შეირჩა მკვებავი და მიმღები ელექტროდების ოპტიმალური გაშლები და დადგინდა კირქვებისა და უფრო ახალგაზრდა ნალექების ელექტრული პარამეტრები.

საკვლევ ობიექტზე დაკვირვების წერტილებისა და პროფილების განლაგება ნაჩვენებია ნახ. 36-ზე.

გეოელექტრულ ჭრილ I-I'-დან გამომდინარე, იქმნება შთაბეჭდილება, რომ 9 და 10 ვეზ-ების წერტილებს შორის რღვევის ხაზი უნდა გადიოდეს. ამ მოსაზრებას დამაჯერებელს ხდის საშუალო გრადიენტის მეთოდით ჩატარებული ელექტროპროფილირება ( $AB/2=100\text{მ}$ ,  $MN/2=10\text{მ}$ ,  $ბიჯი=20\text{მ}$ , ნახ. 36).

ელექტროპროფილირებით დანაკვირვები წერტილების განლაგება სივრცეში ორიენტირებულია ვეზ-ების წერტილების მიმართ (ნახ.37), რაც საშუალებას იძლევა 40-50 მ სიღრმეზე (ამ სიღრმეზე აფიქსირებს ქანების წინააღმდეგობას საშუალო გრადიენტის მეთოდით მიღებული შედეგები) წარმოდგენა ვიქონიოთ ჭრილში განლაგებული ქანების ელექტროგამტარებლობის ცვლილებაზე ჰორიზონტალური



მიმართულებით. ელექტროპროფილირების მრუდი გვიჩვენებს, რომ დაკვირვების მე-11 წერტილამდე ქანების მოჩვენებითი ხვედრითი ელექტრული წინაღობა იცვლება დაახლოებით 100-200 ომმ-ის ფარგლებში, ხოლო შემდგომ პროფილის ბოლომდე იგი მერყეობს 17-20 ომმ-ის ფარგლებში. როგორც ნახ. 37-დან ჩანს, ელექტროპროფილირების მონაცემები კარგ თანხვედნაშია ვეზ-ების მიხედვით აგებულ გეოელექტრულ ჭრილთან. ელექტროპროფილირების შედეგებიდან გამომდინარე, მიგვაჩნია, რომ დაკვირვების მე-11 და მე-12 წერტილებს შორის უნდა გადიოდეს რღვევის ხაზი, რაც დატანილია გეოელექტრულ ჭრილზე (ნახ37).

ასეთივე სურათს იძლევა ელექტროპროფილირების შედეგებიც II-II' პროფილზე, რომლის მიხედვითაც გეოელექტრულ ჭრილზე დატანილ იქნა რღვევის ხაზი (ნახ 38), საიდანაც ჩანს, რომ პროფილირების მე-17 წერტილის შემდეგ ზონდირებისათვის ხილულ სიღრმეებზე კირქვების არსებობა არ აღინიშნება.

რამდენადაც გეოელექტრული ჭრილის III-III' გასწვრივ ელექტროპროფილირება არ ჩატარებულა, რღვევის ზოლის ზუსტი ადგილი 13 და 12 ვეზ-ის წერტილებს შორის გეოელექტრულ ჭრილზე ფიქსირებული არ არის (ნახ. 39).

მოპოვებული მასალის ინტერპრეტაციის საფუძველზე (საკვლევი ტერიტორიის გეომორფოლოგიური სურათის გათვალისწინებით) ნახ 36-ზე გავლებულია რღვევის ხაზი, რომელიც გვიჩვენებს, რომ მისგან ჩრდილო-აღმოსავლეთით ზონდირების საშუალებით ფიქსირებულ სიღრმემდე კირქვების არსებობა არ აღინიშნება. რღვევის ხაზის ზოლში კირქვები ძლიერ დამსხვრეული, დანაპრალებულია და განვითარებულია წყალშთანთქმის მრავალი კერა (ერთ-ერთ ასეთ კერას წარმოადგენს ზემოთ აღნიშნულიც). სავარაუდოა, რომ ფილტრაციული წყლები სწორედ აღნიშნული რღვევის ხაზს მიყვება [57].

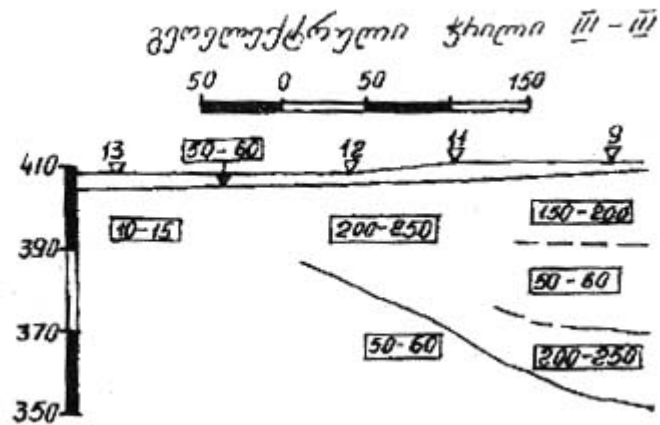
ფილტრაციული ნაკადის მიმართულების დადგენის მიზნით ორ პროფილზე ჩატარდა გამოკვლევები ბუნებრივი ელექტრული ველის მეთოდით, რომლის დროსაც ბიჯი დაკვირვების წერტილებს შორის შეადგენდა 20 მეტრს.

პროფილების განლაგება ნაჩვენებია ნახ. 36-ზე. ბუნებრივი ელექტრული ველის პროფილების I-I' და II-II' გასწვრივ ფილტრაციული ნაკადის ინტენსიური დინების

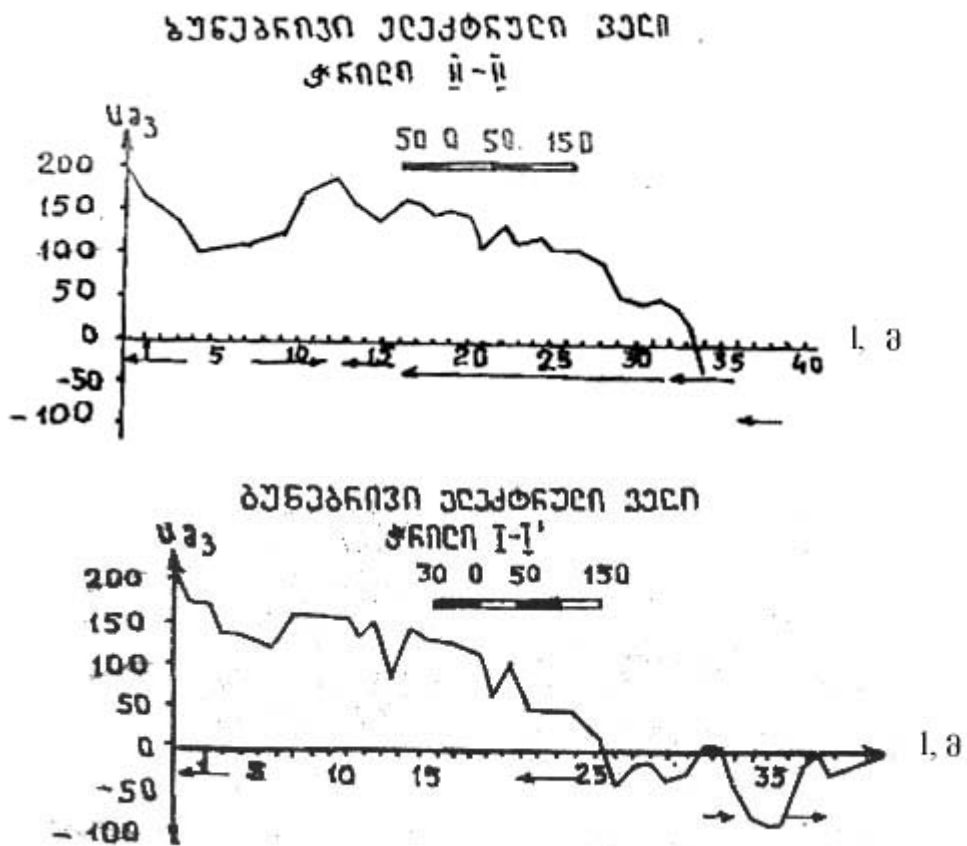




ნახ. 38

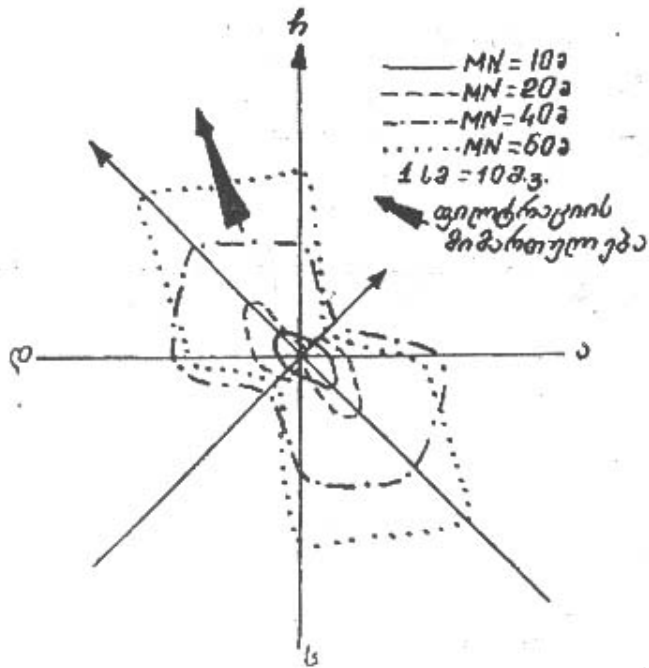


ნახ. 39



ნახ. 40 ა, ბ

სწრაფი ბუნებრივი ელექტროლი  
ველი



ნახ. 41

**§3.9 ჟინვალის მიწაყრილიან კაშხალზე ფილტრაციული მოვლენების გამოკვლევა  
ძიების ელექტრომეტრული მეთოდებით.**

ნებისმიერი მსხვილი საინჟინრო ნაგებობების, განსაკუთრებით ჰიდროსაინჟინრო ნაგებობების, მშენებლობები იწვევს გარემოს ბუნებრივი ეკოსისტემის რღვევას და ანტროპოგენური წარმოშობის ეგზოდინამიკური პროცესების პროვოცირებას. მიწაყრილიანი კაშხალით ჟინვალის მიდამოებში მდ. არაგვის დაგუბებამ გარკვეულ წილად შეცვალა გარემოს კლიმატური პირობები, რასაც მოჰყვა არაგვის ხეობის ორივე ნაპირზე ძირითადი ქანების წყლით გაჯერება, გამოიწვია ჩაკირული მეწყრული კერების გაცოცხლება და ახალი კერების ფორმირება. დაგუბებული წყლის ჩამკეტი კაშხალის ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული კაშხალის ტანში (თიხის გული) ფილტრაციულ მოვლენებზე. კერძოდ, ნებისმიერი ტიპის, განსაკუთრებით კი მიწაყრილიანი კაშხალის, მდგრადობას განაპირობებს წყლის ჩამკეტი ჯებირში ფილტრაციული მოვლენების არ არსებობა.

მიწაყრილიანი კაშხალის მუშაობის კონტროლისათვის აუცილებელია ფილტრაციულ პროცესებზე ხანგრძლივი დაკვირვება-მონიტორინგი, სადაც სხვა მეთოდებთან ერთად წარმატებით გამოიყენება ძიების ელექტრომეტრული მეთოდები. იგი საშუალებას იძლევა შედარებით მცირე ეკონომიკური დანახარჯებით მივიღოთ საკმაოდ სრული ინფორმაცია კაშხალის სხეულში მიმდინარე ეგზოდინამიკურ პროცესებზე.

ამ ამოცანის გადასაწყვეტად ჟინვალჰესის მიწაყრილიან კაშხალზე ჩვენს მიერ გამოყენებული იყო ბევ მეთოდი, რომლითაც პოტენციალის განაწილება აღირიცხებოდა როგორც უშუალოდ კაშხალის ნაგებობაზე, ისე მიმდებარე ტერიტორიაზე.

ნახ. 42 აჩვენებს ბევ-ის განაწილებას წყალსაცავის მარცხენა ნაპირის გასწვრივ. დაკვირვების პროფილი გადის ცარცული ასაკის ფლიშურ ნალექებში. პროფილის დასაწყისში ბევ-ის ინტენსიურობა ფაქტიურად არ იცვლება, უშუალოდ კაშხალთან პოტენციალის სიდიდე იზრდება 40 მვ-ით, ხოლო კაშხალის გავლის შემდეგ იგი უბრუნდება საწყის (ფონურ) მნიშვნელობას. პროფილზე პოტენციალის ასეთი განაწილების სურათი გვაფიქრებინებს, რომ ამ ადგილებში ფილტრაციული ნაკადი გარს უვლის თიხოვან პრიზმას, ადგილი აქვს შემოვლით ფილტრაციას, რაც მნიშვნელოვნად აზიანებს წყალსაცავის მარცხენა ნაპირს. ამ ადგილებში კაშხალის ბიეფებზე გამოდის საკმაოდ დიდი დებიტის წყალი, რაც იწვევს დაყრილი ქვიშის მნიშვნელოვან გადარეცხვას. დაახლოებით ანალოგიური სურათი დაიკვირვება კაშხალის მარჯვენა ბორტზე (ნახ. 43), სადაც პროფილზე აღინიშნება 30 მვ ინტენსივობის ანომალიის არსებობა, რაც შეიძლება ანომალიის ეპიცენტრში ინფილტრაციის კერასაც წარმოადგენდეს. ნახ. 44-ზე წარმოდგენილია მიწაყრილიან კაშხალზე ბევ-ის განაწილების რუკები, რომლებიც მიღებულია წყალსაცავში წყლის სხვადასხვა დონეზე არსებობის პირობებში ჩატარებული გაზომვების შედეგად. რუკებიდან ნათლად ჩანს, რომ ფილტრაციის საერთო ნაკადი კაშხლისკენ მიმართულია როგორც ფრონტალური ისე შემოვლითი ხაზით. იგი განსაკუთრებით ინტენსიურია წყალსაცავის მარცხენა ნაპირზე, სადაც არ არის გამორიცხული, რომ ამ ადგილებში კაშხალის ტანში ნაწილობრივ გაჟონვასაც ჰქონდეს ადგილი.

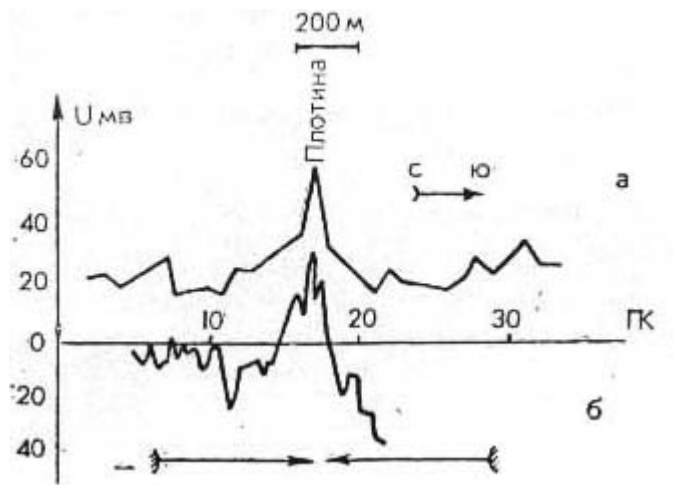
წყალსაცავში წყლის დონის მომატებისას კაშხალზე ბევ-ის განაწილება უმნიშვნელოდ იცვლება; გამონაკლისია მარცხენა ბორტი (II ბერმის მიდამოებში) სადაც ველის ინტენსივობა და ფართობი წყლის ფილტრაციის შესაბამისად იცვლება.

კაშხალის ამგები გრუნტის არაერთგვაროვნება დიდ გავლენას ახდენს ფილტრაციის სიდიდეზე, კერძოდ, მე-2 ბერმის გასწვრივ მარჯვენა ბორტიდან 35-40 მეტრზე კონცენტრირებული იზოხაზები პოტენციალის განაწილების რუკაზე, ჩვენი ინტერპრეტაციით, შეიძლება ამ ადგილას სუფოზიური კერის არსებობაზე მიანიშნებს, რაც უდავოდ გასათვალისწინებელია და ამ ადგილას ბევ-ის უმნიშვნელო ცვალებადობაც კი განსაკუთრებულ ყურადღებას მოითხოვს.

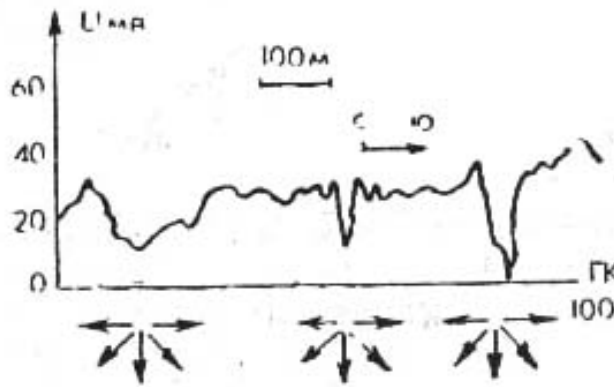
ფილტრაციული ნაკადის დინამიკის დადგენის მიზნით, ბევ-ის განაწილების ანომალურ წერტილებში წყალსაცავის მარცხენა ნაპირზე, ჩატარდა ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება. ნახაზ 5-ზე წარმოდგენილია გეოელექტრული ჭრილი, რომელშიაც გამოყოფილი დაბალი წინაღობის ზედაპირის ჩაწოლის სიღრმე წყალსაცავში წყლის დონის ცვალებადობის პროპორციულად იცვლება.

ამრიგად, ჟინვალის მიწაყრილიან კაშხალზე ფილტრაციული მოვლენები ძირითადად ვითარდება კაშხალის მარცხენა ნაპირზე, მეორე ბერმის დონეზე თიხის გულის შემოვლის გზით. წყალსაცავის ნაპირებზე შეინიშნება ფილტრაციის, ხოლო უშუალოდ კაშხალის მიდამოებში სუფოზიის კერის არსებობა.

ფილტრაციული ნაკადების დინამიკისა და წყალსაცავში წყლის დონის მკვეთრი ცვალებადობის გავლენით მიწაყრილიანი კაშხალის ტექნიკური მდგომარეობის შესწავლისათვის აუცილებელია რეჟიმული დაკვირვებები ძიების ელექტრული მეთოდებით.

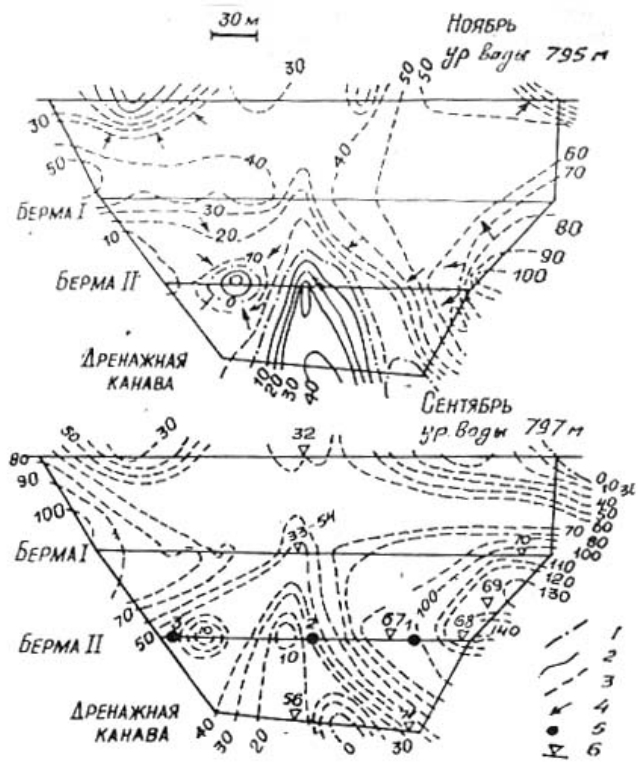


Биб. 42 а, б



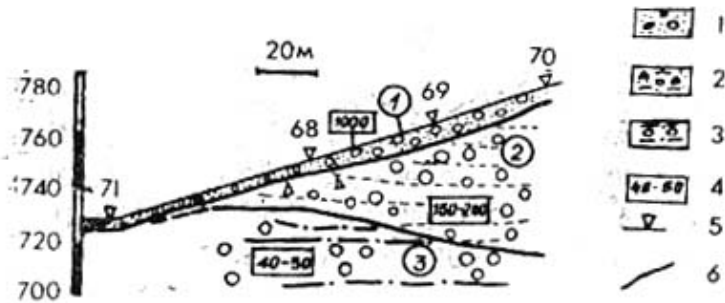
Биб. 43





Изолинии: 1 — нулевая, 2 — отрицательная, 3 — положительная, 4 — направление фильтрации, 5 — точки ВЭЗ

Биб. 44



1 — Валунно-галечные отложения с песчаным заполнителем (сухие), 2 — валунно-галечные отложения с галечным заполнителем (увлажненные), 3 — валунно-галечные отложения с песчаным заполнителем (водоносные), 4 — удельное электрическое сопротивление, Ом, 5 — точки ВЭЗ, 6 — граница раздела электрических горизонтов

ნახ.45

#### თავი IV. პოტენციალის განაწილება ჰორიზონტალური განლაგების მრავალფენოვანი დედამიწის ზედაპირზე.

ელექტრული ზონდირების თეორიაში გამოთვლითი ტექნიკის გამოყენებამ გამოავლინა ელექტრული წინაღობის მეთოდის გამოყენების ახალი შესაძლებლობანი. დედამიწის ზედაპირზე ელექტრული პოტენციალის განაწილების რაოდენობრივი ინტერპრეტაციისათვის პირველ ყოვლისა უნდა დადგინდეს მისი გამოსახულების სახე უმარტივესი წყაროსათვის. წერტილოვანი წყაროს მიერ შექმნილი პოტენციალის განაწილება ერთგვაროვან იზოტროპულ გარემოში, ღერძული სიმეტრიის გათვალისწინებით, მარტივი მათემატიკური გარდაქმნების შემდეგ გამოითვლება ორი მკვებავი ელექტროდის მიერ შექმნილი პოტენციალის განაწილებით დღიურ ზედაპირზე, ხოლო მარტივი წყაროების ზედდების საფუძველზე, დედამიწის ზედაპირის ნებისმიერ წერტილში, გამოითვლება ელექტრული ველის პოტენციალის სიდიდე [25].

ელექტრული ველის პოტენციალი  $V$ , მუდმივი დენის შემთხვევაში აკმაყოფილებს ლაპლასის დიფერენციალურ განტოლებას

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0. \quad (1)$$

ცილინდრულ კოორდინატებში ლაპლასის განტოლებას ასეთი სახე ექნება:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial r} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V}{\partial \theta^2} = 0. \quad (2)$$

იმისათვის, რომ ელექტრული ველის  $V$  პოტენციალი იყოს სიმეტრიული ვერტიკალური საკოორდინატო ღერძის მიმართ, უნდა მოვითხოვოთ, რომ პოტენციალის წარმოებული  $\theta$ -ს მიმართ იყოს ნულის ტოლი. მაშინ (2) განტოლება მიიღებს ასეთ სახეს:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial r} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0. \quad (3)$$

(3) დიფერენციალური განტოლების ამონახსენი მოიძებნება ცვლადების განცალკევების მეთოდით. დიფერენციალური განტოლების ამონახსენს ვეძებთ ორი  $u$  და  $w$  ფუნქციის ნამრავლის სახით, სადაც  $u$ -არის მხოლოდ  $r$ -ის ფუნქცია,  $w$  კი არის  $z$ -ის ფუნქცია

$$V(r, z) = u(r) \cdot w(z). \quad (4)$$

თუ (4) გამოსახულებას შევიტანთ (3) განტოლებაში, მაშინ (3) დიფერენციალური განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\frac{1}{u} \frac{d^2 u}{dr^2} + \frac{1}{ur} \frac{du}{dr} + \frac{1}{w} \frac{d^2 w}{dz^2} = 0. \quad (5)$$

(5) განტოლება დაიშლება ორ განტოლებად:

$$\frac{1}{u} \frac{d^2 u}{dr^2} + \frac{1}{ur} \frac{du}{dr} = -\lambda^2, \quad (6)$$

$$\frac{1}{w} \frac{d^2 w}{dz^2} = \lambda^2. \quad (7)$$

სადაც  $\lambda$  -ნებისმიერი მუდმივია.

(6) დიფერენციალური განტოლების კერძო ამონახსენი ბესელის ფუნქციით მოიცემა:

$$u = c_1 J_0(\lambda r), \quad (8)$$

სადაც  $J_0$  არის ბესელის ნულოვანი რიგის ფუნქცია.

(7) განტოლების კერძო ამონახსნებს შემდეგი სახე აქვს:

$$w_1 = c_2 e^{-\lambda z}, \quad w_2 = c_3 e^{\lambda z}. \quad (9)$$

(8) და (9) გამოსახულებების (4)-ში ჩასმით მივიღებთ (3) დიფერენციალური განტოლების კერძო ამონახსნებს:

$$V_1 = c_1 e^{-\lambda z} \cdot J_0(\lambda z) \quad \text{და} \quad V_2 = c_2 e^{\lambda z} \cdot J_0(\lambda z) \quad (10)$$

სადაც  $c_1$ ,  $c_2$  და  $\lambda$  ნებისმიერი მუდმივია.

რადგანაც კერძო ამონახსნების ნებისმიერი კერძო კომბინაცია აგრეთვე არის (3) განტოლების ამონახსენი, ამიტომ თუ დავუშვებთ, რომ  $\lambda$  ღებულობს ყველა შესაძლო მნიშვნელობებს 0-დან  $\infty$ -მდე, ხოლო  $c_1$  და  $c_2$  მუდმივები დამოკიდებულია  $\lambda$ -ზე, მაშინ ჩვენ მივიღებთ (3) დიფერენციალური განტოლების ზოგად ამონახსნს

$$V = \int_0^{\infty} [\Phi(\lambda) e^{-\lambda z} + \Psi(\lambda) e^{\lambda z}] J_0(\lambda r) d\lambda.$$

(11)

ამ გამოსახულებაში  $\Phi(\lambda)$  და  $\Psi(\lambda)$   $\lambda$ -ს მიმართ ნებისმიერი ფუნქციებია. ამ ფუნქციების კონკრეტული სახე განპირობებულია კონკრეტული ფიზიკური ამოცანით და ისინი განისაზღვრება შესაბამისი სასაზღვრო პირობებიდან.

ელექტრული ველის  $V$  პოტენციალს (11) ფორმულაში მივცეთ უფრო მოხერხებული ფორმა. ამისათვის მისგან ცალკე წევრად გამოვყოთ ელექტრულად ერთგვაროვანი დედამიწის პოტენციალი, რომელიც განპირობებულია  $I$  დენის ძალის მქონე ერთეულოვანი წერტილოვანი წყაროთი.

ერთეულოვანი წერტილოვანი წყაროს მიერ წარმოშობილ პოტენციალს აქვს შემდეგი სახე:

$$V = \frac{\rho_1 I}{2\pi\sqrt{r^2 + z^2}}, \quad (12)$$

სადაც  $\rho_1$  ერთგვაროვანი დედამიწის კუთრი წინაღობაა [25,26].

თუ ვისარგებლებთ ლიფშიცის ინტეგრალის მნიშვნელობით:

$$\int_0^{\infty} e^{-\lambda z} J_0(\lambda z) d\lambda = \frac{1}{\sqrt{r^2 + z^2}},$$

(13)

მაშინ (12) გამოსახულება შეიძლება ასე ჩავწეროთ

$$V = \frac{\rho_1 I}{2\pi} \int_0^{\infty} e^{-\lambda z} J_0(\lambda r) d\lambda.$$

(14)

(14)-ის გათვალისწინებით (11) გამოსახულება შეიძლება შემდეგნაირად წარმოვადგინოთ

$$V = \frac{\rho_1 I}{2\pi} \int_0^{\infty} [e^{-\lambda z} + \theta(\lambda)e^{-\lambda z} + X(\lambda)e^{\lambda z}] J_0(\lambda r) d\lambda,$$

(15)

სადაც  $\theta(\lambda)$  და  $X(\lambda)$   $\lambda$ -ს მიმართ ნებისმიერი ფუნქციებია.

(15) ფორმულით გამოისახება დედამიწის ყველა ფენის  $V$  პოტენციალი, სადაც  $\theta(\lambda)$  და  $X(\lambda)$  ფუნქციები სხვადასხვა ფენაში შეიძლება სხვადასხვა იყოს. ამიტომ თუ დენის წერტილოვანი წყარო მდებარეობს ჰორიზონტალური ფენოვანი დედამიწის ზედაპირზე, მაშინ ყოველი ფენისათვის უნდა დაიწეროს  $V$  პოტენციალის შესაბამისი გამოსახულება:

$$V_i = \frac{\rho_1 I}{2\pi} \int_0^{\infty} [e^{-\lambda z} + \theta_i(\lambda)e^{-\lambda z} + X_i(\lambda)e^{\lambda z}] J_0(\lambda r) d\lambda,$$

(16)

$$i = 1, 2, \dots, n.$$

სადაც  $i$  ინდექსი ფენის ნომრის მაჩვენებელია.

$V_i$  პოტენციალი, რომელიც (16) ფორმულით არის წარმოდგენილი, უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ სასაზღვრო პირობებს:

- I. დედამიწის ყველა ფენის საზღვარზე ელექტრული ველის  $V_i$  პოტენციალი უნდა იყოს უწყვეტი  $V_i = V_{i+1}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n-1$ ;
- II. დედამიწის ყველა ფენის საზღვარზე დენის სიმკვრივის ვერტიკალური მდგენელი უნდა იყოს უწყვეტი ე.ი.  $\frac{1}{\rho_i} \frac{\partial V_i}{\partial z} = \frac{1}{\rho_{i+1}} \frac{\partial V_{i+1}}{\partial z}$ .
- III. დედამიწის ზედაპირზე დენის სიმკვრივის ვერტიკალური მდგენელი და აქედან გამომდინარე, ელექტრული ველის დამაბულობის ვერტიკალური მდგენელი ყველგან, გარდა დენის წყაროს შემცველი უსასრულოდ მცირე მიდამოსი, 0-ის ტოლი უნდა იყოს. ამის მიზეზი ის არის, რომ დენის

სიმკვრივე ჰაერში 0-ის ტოლია და II სასაზღვრო პირობის თანახმად (სიმკვრივის ვერტიკალური მდგენელის უწყვეტობა) დედამიწაში, ნულოვან სიღრმეზე, დენის სიმკვრივის ვერტიკალური მდგენელი 0-ის ტოლი უნდა იყოს

$$\left. \frac{\partial V_i}{\rho_i \partial z} \right|_{z=0} = 0.$$

IV. დედამიწის ზედაპირზე, დენის წყაროს უსასრულოდ მცირე არეში  $V_i \rightarrow \infty$ ,

$$\text{როგორც } \frac{\rho_1 I}{2\pi\sqrt{r^2 + z^2}}.$$

V. უსასრულო სიღრმეზე პოტენციალი  $V_i \rightarrow 0$ .

I სასაზღვრო პირობის თანახმად  $V_i$  პოტენციალის ტოლობა  $i$  და  $(i+1)$  ფენებზე, ე.ი. ფენის საზღვრის ჩაწოლის  $h_i$  სიღრმეზე, (16)-ის თანახმად, გვაძლევს ტოლობას:

$$\int_0^\infty [e^{-\lambda h_i} + \theta_i(\lambda)e^{-\lambda h_i} + X_i(\lambda)e^{\lambda h_i}] J_0(\lambda r) d\lambda =$$

(17)

$$\int_0^\infty [e^{-\lambda h_i} + \theta_{i+1}(\lambda)e^{-\lambda h_i} + X_{i+1}(\lambda)e^{\lambda h_i}] J_0(\lambda r) d\lambda.$$

(17) განტოლება მხოლოდ მაშინ კმაყოფილდება  $r$ -ის ყველა მნიშვნელობისათვის, როცა (17)-ის ორივე მხარეში ინტეგრალქვეშა ფუნქციები ტოლია. საიდანაც ვღებულობთ:

$$\theta_i(\lambda)e^{-\lambda h_i} + X_i(\lambda)e^{\lambda h_i} = \theta_{i+1}(\lambda)e^{-\lambda h_i} + X_{i+1}(\lambda)e^{\lambda h_i}.$$

(18)

II სასაზღვრო პირობის თანახმად დენის სიმკვრივის ვერტიკალური მდგენელი ტოლია ფენის  $V_i$  პოტენციალის  $z$ -ით წარმოებულის შეფარდებისა მოცემული  $\rho_i$  კუთრ წინაღობასთან. (16) განტოლებიდან მივიღებთ

$$\frac{1}{\rho_i} \int_0^{\infty} [(1 + \theta_i(\lambda))e^{-\lambda h_i} - X_i(\lambda)e^{\lambda h_i}] J_0(\lambda r) \lambda d\lambda =$$

$$\frac{1}{\rho_{i+1}} \int_0^{\infty} [(1 + \theta_{i+1}(\lambda))e^{-\lambda h_i} - X_{i+1}(\lambda)e^{\lambda h_i}] J_0(\lambda r) \lambda d\lambda.$$

ეს განტოლება მხოლოდ მაშინ კმაყოფილდება  $r$ -ის ყველა მნიშვნელობისათვის, როდესაც ორივე მხარეში ინტეგრალქვეშა ფუნქციები ტოლია. საიდანაც ვღებულობთ:

$$\frac{1}{\rho_i} [(1 + \theta_i(\lambda))e^{-\lambda h_i} - X_i(\lambda)e^{\lambda h_i}] = \frac{1}{\rho_{i+1}} [(1 + \theta_{i+1}(\lambda))e^{-\lambda h_i} - X_{i+1}(\lambda)e^{\lambda h_i}].$$

(19)

III სასაზღვრო პირობის დასაკმაყოფილებლად საჭიროა (16) გამოსახულება გავაწარმოთ  $z$ -ის მიმართ პირველი ფენის  $V_1$  პოტენციალისათვის და შემდეგ ჩავსვათ  $z = 0$ , მივიღებთ:

$$\left. \frac{\partial V_i}{\partial z} \right|_{z=0} = \frac{\rho_1 I}{2\pi} \left[ \int_0^{\infty} (-\lambda e^{-\lambda z} - \lambda \theta_1(\lambda) e^{-\lambda z} + \lambda X_1(\lambda) e^{\lambda z}) J_0(\lambda r) d\lambda, \right.$$

საბოლოოდ მივიღებთ:

$$\int_0^{\infty} [-1 - \theta_1(\lambda) + X_1(\lambda)] J_0(\lambda r) \lambda d\lambda = 0.$$



ამ განტოლებაში ინტეგრალქვეშა ფუნქციის პირველი წევრი განსაზღვრავს პირველად ველს, რომელიც ავტომატურად აკმაყოფილებს სასაზღვრო პირობას, ხოლო მეორე და მესამე წევრი განსაზღვრავს შეშფოთებულ ველს. რადგან III სასაზღვრო პირობის თანახმად შეშფოთებული ველის დაძაბულობის ვერტიკალური მდგენელი 0-ის ტოლი უნდა იყოს დედამიწის ზედაპირზე  $r$ -ის ყველა მნიშვნელობისათვის, ამიტომ ამ პირობას ადგილი ექნება მხოლოდ მაშინ, როცა ინტეგრალქვეშა გამოსახულებაში ორი უკანასკნელი წევრის ჯამი 0-ის ტოლია. აქედან გამომდინარეობს, რომ

$$\theta_1(\lambda) = X_1(\lambda).$$

(20)

IV სასაზღვრო პირობა ავტომატურად სრულდება, რადგან (16) განტოლებაში პირველი წევრი გამოსახავს პირველად პოტენციალს და როცა  $r = 0$ ,  $V_i \rightarrow \infty$  როგორც  $\frac{\rho_1 I}{2\pi\sqrt{r^2 + z^2}}$ . რაც შეეხება შეშფოთებულ ველს, მტკიცდება, რომ ფუნქცია  $\theta_1(\lambda) = X_1(\lambda)$  სასრულოა ინტეგრების მთელ შუალედში და როცა  $\lambda \rightarrow \infty$ , ფუნქცია მიისწრაფის 0-სკენ. აქედან გამომდინარეობს, რომ შეშფოთებული ველის პოტენციალი არ შეიძლება იყოს უსასრულოდ დიდი, როცა  $r = 0$ .

V სასაზღვრო პირობის თანახმად (პოტენციალი  $V_i$  უსასრულო სიღრმეზე 0-ის ტოლი უნდა იყოს) მოდელის ფუძეში, რომელსაც შეესაბამება ინდექსი  $n$ ,  $X_n(\lambda)$  უნდა იყოს 0-ის ტოლი, წინააღმდეგ შემთხვევაში მამრავლი  $e^{\lambda z}$  უსასრულობაში პოტენციალს უსასრულობისკენ მიასწრაფებდა. აქედან გამომდინარეობს ტოლობა, როცა  $i = n$ , მაშინ

$$X_n(\lambda) = 0.$$

(21)

(18-21) პირობები ქმნიან  $2n$  განტოლებათა სისტემას  $2n$  უცნობით. ასეთი განტოლებათა სისტემა პრინციპულად ამოხსნადია. ჩვენ გვინტერესებს ამოხსნა როცა

$\theta_1(\lambda) = X_1(\lambda)$ , რომელიც (16) განტოლების თანახმად განსაზღვრავს  $V_i$  პოტენციალის მნიშვნელობას დედამიწის ზედაპირზე.

(16) განტოლების და (18-21) პირობების გათვალისწინებით დედამიწის ზედაპირის ნებისმიერ წერტილში ელექტრული ველის პოტენციალის გამოსათვლელი ფორმულა ასეთ სახეს მიიღებს:

$$V = \frac{\rho_1 I}{2\pi} \int_0^\infty [1 + 2\theta_1(\lambda)] J_0(\lambda r) d\lambda. \quad (22)$$

$\theta_1(\lambda)$  ფუნქციას სტეფანესკუს კერნ-ფუნქციას უწოდებენ [63]. ის დამოკიდებულია ფენების  $\rho_i$  კუთრ წინააღმდეგობებზე და გამყოფი ზედაპირების  $h_i$  ჩაწოლის სიღრმეებზე. მისი განსაზღვრა გეოელექტრული პარამეტრების საშუალებით შესაძლებელია (18-21) განტოლებათა სისტემიდან, როგორც ორი ისეთი დეტერმინანტის შეფარდება, რომლებიც შედგებიან (18-21) განტოლებათა სისტემის კოეფიციენტებისაგან. (22) განტოლება უფრო მარტივ სახეს მიიღებს, თუ შემოვიყვანთ ფუნქციას:

$$K(\lambda) = 1 + 2\theta_1(\lambda).$$

$K(\lambda)$  ფუნქციას, რომელიც წინააღმდეგობათა მეთოდით ზონდირების თეორიაში შემოყვანილია სლიხტერის მიერ, სლიხტერის კერნ-ფუნქცია ეწოდება [61]. მისი საშუალებით (22) ფორმულა ასე ჩაიწერება:

$$V = \frac{\rho_1 I}{2\pi} \int_0^\infty K(\lambda) J_0(\lambda r) d\lambda.$$

(23)

სლიხტერის  $K(\lambda)$  კერნ-ფუნქცია, ისევე როგორც სტეფანესკუს  $\theta_1(\lambda)$  კერნ-ფუნქცია შეიძლება გამოისახოს გეოელექტრული  $(\rho_i, h_i)$  პარამეტრების საშუალებით, როგორც ორი დეტერმინანტის შეფარდება, მაგრამ ჩვენ გამოვიყენებთ უფრო

მოსახერხებელ ფორმულას, რომელიც ცნობილია როგორც პეკერისის რეკურენტული ფორმულა [62].

პეკერისის რეკურენტული ფორმულის გამოსაყვანად (18) განტოლების ორივე მხარე გავყოთ (19) განტოლების შესაბამის მხარეებზე და მიღებული განტოლების ორივე მხარის მრიცხველი და მნიშვნელი გავამრავლოთ  $e^{\lambda h_i}$ -ზე, მივიღებთ:

$$\rho_i \frac{1 + \theta_i(\lambda) + X_i(\lambda)e^{2\lambda h_i}}{1 + \theta_i(\lambda) - X_i(\lambda)e^{2\lambda h_i}} = \rho_{i+1} \frac{1 + \theta_{i+1}(\lambda) + X_{i+1}(\lambda)e^{2\lambda h_i}}{1 + \theta_{i+1}(\lambda) - X_{i+1}(\lambda)e^{2\lambda h_i}} \quad (24)$$

ყოველი ფენისათვის შემოვიყვანოთ ახალი ფუნქცია  $K_i(\lambda)$ , რომელიც შემდეგნაირად არის განსაზღვრული:

$$K_i(\lambda) = \frac{1 + \theta_i(\lambda) + X_i(\lambda)e^{2\lambda h_i - 1}}{1 + \theta_i(\lambda) - X_i(\lambda)e^{2\lambda h_i - 1}}. \quad (25)$$

თუ (24) ფორმულას გამოვსახავთ  $K_i(\lambda)$  ფუნქციის საშუალებით, მივიღებთ:

$$\rho_i \frac{(K_i(\lambda) + 1) + (K_i(\lambda) - 1)e^{2\lambda(h_i - h_{i-1})}}{(K_i(\lambda) + 1) - (K_i(\lambda) - 1)e^{2\lambda(h_i - h_{i-1})}} = \rho_{i+1} K_{i+1}(\lambda). \quad (26)$$

თუ შემოვიყვანთ სიმბლავრებს  $t_i = h_i - h_{i-1}$  და  $P_i = \frac{\rho_i}{\rho_{i+1}}$ , მაშინ (26) ფორმულა

შემდეგ სახეს მიიღებს:

$$K_{i+1}(\lambda) = P_i \frac{K_i(\lambda)(e^{2\lambda t_i} + 1) + (e^{2\lambda t_i} - 1)}{(e^{2\lambda t_i} + 1) - K_i(\lambda)(e^{2\lambda t_i} - 1)}$$

(27)

გავყოთ 27-ის მარჯვენა მხარის მრიცხველი და მნიშვნელი  $(e^{2\lambda t_i} + 1)$ -ზე და გავითვალისწინოთ ჰიპერბოლური ტანგენსის მნიშვნელობა:

$$\frac{e^{2\lambda t_i} - 1}{e^{2\lambda t_i} + 1} = \frac{e^{\lambda t_i} - e^{-\lambda t_i}}{e^{\lambda t_i} + e^{-\lambda t_i}} = th(\lambda t_i),$$

მაშინ მივიღებთ:

$$K_{i+1}(\lambda) = P_i \frac{K_i(\lambda) - th(\lambda t_i)}{1 - K_i(\lambda)th(\lambda t_i)}. \quad (28)$$

(28) განტოლებიდან თუ განვსაზღვრავთ  $K_i(\lambda)$ , გვექნება:

$$K_i(\lambda) = \frac{K_{i+1}(\lambda) + P_i th(\lambda t_i)}{P_i + K_{i+1}(\lambda)th(\lambda t_i)}.$$

(29)

(29) ფორმულა საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ სლიხტერის კერნ-ფუნქცია ზედა ფენაში.

$n$  ფენიანი მოდელისათვის ( $i=1,2,\dots,n$ ) პეკერისის რეკურენტული ფორმულით გამოთვლა შემდეგი მიმდევრობით ხდება: თავდაპირველად ვითვლით კერნ-ფუნქციის მნიშვნელობას საყრდენი ფენისათვის, რომელსაც შეესაბამება ინდექსი  $n$ , ე.ი. გამოითვლება  $K_n(\lambda)$  ფუნქცია (25) ფორმულის საშუალებით (როცა  $i=n$ ,  $X_n(\lambda)=0$ , სასაზღვრო პირობის თანახმად), და (25)-დან ვღებულობთ  $K_n(\lambda)=1$ . ვიპოვიით რა  $K_n(\lambda)$  საყრდენი ფენისათვის, შემდგომში  $K_i(\lambda)$ -ების მნიშვნელობები გამოითვლება (29) რეკურენტული ფორმულის საშუალებით, ქვემოდან ზემოთ  $i=n-1, n-2, \dots, 1$  მნიშვნელო-

ბებისათვის, სანამ არ ვიპოვით  $K_1(\lambda)$  მნიშვნელობას ანუ სლიხტერის კერნ-ფუნქციას ზედა ფენისათვის, რომელიც განსაზღვრულია ტოლობით  $K_1(\lambda) = 1 + 2\theta_1(\lambda)$  და რომლის საშუალებითაც გამოითვლება ელექტრული ველის  $V$  პოტენციალის მნიშვნელობა დედამიწის ზედაპირზე (23) ფორმულით.

(23) ფორმულაში არასაკუთრივი ინტეგრალის გამოთვლისას  $(0-\infty)$  საზღვარი ბესელის ნულებით იყოფა ინტერვალებად  $(a_j, b_j)$ ,  $j = 1, 2, \dots$ , სადაც  $a_j$  ინტეგრების ქვედა საზღვარია, ხოლო  $b_j$  ზედა საზღვარი.  $b_j = (2\pi_j + 0.75)/r$ ;  $a_j = b_j$ , სადაც  $b_j$  ბესელის ნულებია. ყოველი  $(a_j, b_j)$  ინტერვალში ინტეგრალი გამოითვლება სიმფსონის ფორმულით. მთელი უსასრულო შუალედისათვის ინტეგრება მანამდე გრძელდება, სანამ  $(a_j, b_j)$  ინტერვალში ინტეგრალის მნიშვნელობა არ გახდება  $(\varepsilon = 10^{-6})$ -ზე ნაკლები.

შედგენილია პროგრამა ალგორითმულ ენაზე, რაც საშუალებას იძლევა გამოითვალოს პოტენციალის მნიშვნელობა დედამიწის ზედაპირზე.

### დასკვნები

1. საქართველოს ტერიტორიაზე შეფასებულია სტიქიური გეოლოგიური პროცესების ზემოქმედებით გამოწვეული, მოსახლეობისა და ქვეყნის სასიცოცხლო ობიექტების მდგომარეობა; ნაჩვენებია ეგზოდინამიკური პროცესებისა და მოვლენების სივრცულ-დროითი განაწილება;

2. შეფასებულია ეგზოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების მიხედვით საქართველოს ტერიტორიის დარაიონება;

3. საქართველოს ტერიტორიაზე ჩატარებულია ეგზოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების გამოკვლევა ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით და შეფასებულია მათი როლი პრობლემის შესწავლის საქმეში;

4. საქართველოს ტერიტორიის დარაიონება, ეგზოდინამიკური პროცესების (მეწყერები, ღვარცოფები) და ეკოლოგიური საშიშროების მიხედვით, უნდა ხდებოდეს

საკვლევი ობიექტის გეომორფოლოგიური და გეოტექტონიკური პირობების გათვალისწინებით;

5. სტიქიური კატასტროფული პროცესის გამომწვევი ფაქტორებიდან ძირითადია გეოლოგიური ფაქტორი, რომელიც განსაზღვრავს მეწყერებისა და ღვარცოფების სიმძლავრეს, მათ სტრუქტურას გენეზისისა და გადაადგილების მექანიზმს და განმეორებადობას;

6. რაჭაში ბუგეულის მეწყერზე და მიმდებარე ტერიტორიაზე ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით განსაზღვრულ იქნა დამეწყერილი მასის ფიზიკური პარამეტრები, დადგინდა მისი სიმძლავრე და გავრცელების საზღვრები, მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის მიმართულება და მიახლოებითი სიჩქარე. მიმდებარე ტერიტორიაზე დაფიქსირდა პოტენციალურად მეწყერსაშიში უბნების არსებობა და მოხდა მათი შემოკონტურება;

7. გენდუშისა და ჟოშხის ტერიტორიაზე ჩატარებული ელექტრომეტრიული გამოკვლევების შედეგად დადგინდა დამეწყერილი მასების სიმძლავრე და მათი დიფერენციაცია ვერტიკალური და ლატერალური მიმართულებით. განსხვავება ძველ და ახალ მეწყერულ ნალექებს შორის პრაქტიკულად არ შეინიშნება. გამოყოფილია პოტენციალურად მეწყერსაშიში უბნები, დადგენილია გრუნტის წყლის მოძრაობის გაბატონებული მიმართულება;

8. ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით მდინარე დურუჯის აუზში დადგენილია ღვარცოფული ნალექების სიმძლავრე, ფრაქციული დიფერენციაცია, გაწყლიანების ხარისხი; შესწავლილია ძირითადი ქანების ლითოლოგიური არაერთგვაროვნება ლატერალური მიმართულებით; დაზუსტებულია მიკროტექტონიკური სურათი და დადგენილია ფილტრაციული ნაკადის გაბატონებული მიმართულება;

9. საინჟინრო გეოფიზიკური გამოკვლევების საფუძველზე ჩატარებულია მდინარე ფოლადაურის აუზში მეოთხეული ნალექების დანაწევრება ნივთიერი შედგენილობისა და გაჭუჭყიანების ხარისხის მიხედვით; დადგენილია ცალკეული ფენების ფიზიკური პარამეტრები და სიმძლავრეები; მეოთხეულ ნალექებში გამოყოფილია მაღალი წინაღობისა და სიჩქარის ჰორიზონტი, რომელიც გამოწვეულია ეფუზიური და

ინტრუზიული ქანებით. დადგენილია მეოთხეულ ნალექებში გრუნტის წყლის დონე და ფილტრაციული ნაკადის გაბატონებული მიმართულება;

10. ჭებისა და ჭაბურღილების სლაგ – ტესტირების შედეგად დადგენილია მდინარე ფოლადაურის აუზში მეოთხეული ნალექების დაბალი ფილტრაციის კოეფიციენტი და მაღალი ადსორბციის უნარი, რაც განაპირობებს მათში პლუტანტების დაგროვებას.

11. მდინარე ფოლადაურის აუზში ალუვიურ – ტბიურ ნალექებში გამოყოფილია სასმელად ვარგისი წყლის შემცველი ჰორიზონტი (ჟ=70\_80 ომმ). დადგენილია მისი სიმძლავრე და ორი პერსპექტიული უბანი;

12. კომპიუტერული გრაფიკის გამოყენებით ნაჩვენებია გამოყოფილი ჰორიზონტების სივრცითი ორიენტაცია;

13. დადგენილია, რომ საჩხერის ბამბის სართავი ფაბრიკის ტერიტორიაზე გადის დიაგონალური მიმართულების რღვევის ხაზი, მის გასწვრივ ადგილი აქვს ფეკალური და ფაბრიკის გამონამუშევარი წყლების ფილტრაციას, რაც იწვევს ქ. ჭიათურის წყალმომარაგებაში ჩართული ღრუდოს და სხვა კარსტულ წყაროთა ძლიერ დაბინძურებას;

14. ძიების ელექტრომეტრიული მეთოდებით დადგენილია, რომ ჟინვალის მიწაყრილიან კაშხალზე ფილტრაციული მოვლენები ძირითადად ვითარდება კაშხლის მარცხენა ნაპირზე თიხის გულის შემოვლის გზით. წყალსაცავის ნაპირებზე ფიქსირდება ინფილტრაციის, ხოლო უშუალოდ კაშხალზე –სუფოზიის კერის არსებობა;

15. მიზანშეწონილად მიგვაჩნია კაშხლის ტერიტორიაზე ფილტრაციული მოვლენების შესწავლის მიზნით რეჟიმული დაკვირვებების ჩატარება ძიების ელექტრომეტრიული მეთოდებით;

16. ჰორიზონტალური განლაგების დედამიწის ზედაპირისათვის დადგენილია პოტენციალის განაწილების სახე და ალგორითმულ ენაზე შედგენილია პოტენციალის მნიშვნელობის გამოსათვლელი პროგრამა.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. Абесаძე Г.Н., Церетели Э.Д., Калანდაдзе Д.Н. - Горный техногенез и геэкологический риск в Грузии. Материалы научной сессии "Проблемы устойчивого развития природной среды и хозяйство на территории Грузии", "Мецниереба", Тбилиси, 1996, с. 40-42.
2. Амилахвари З.Л., Гвелесиани Д.Л., Джаши Г.Г. и др. - Электрометрические исследования фильтрационных явлений земляной плотины Жинвали ГЭС., Сообщ. АН ГССР, 133, №1, Тбилиси, 1989, с.61-64.
3. Беручашвили Г.М. - Некоторые результаты селевых водостоков. Тр. ЗакНиГМИ, вып. 33, М., 1969, с.42-62.
4. Богословский В.А., Жигалин А.Д., Хмелевской В.К. - Экологическая геофизика. Изд. МГУ, М., 2000.
5. Бондырев И.В., Васадзе Д.В., Бочоришвили К.Н. и др. - Борьба с опасными геодинамическими процессами в условиях Горных Стран. ОИ, серия "геология", Тбилиси, ГрузНИИНТИ, 1990, с.72.
6. Буачидзе И.М., Церцвадзе Л.А., Мельников Л.Г. - Инженерно-геологические условия в колхидской низменности (научные предпосылки освоения. М.) "Наука", 1990, с.17-21.
7. Будагов Б.А. - Вертикальная поясность современных денудационных процессов южного склона главного Кавказского хребта в связи с формированием селей. Изд. АН Аз ССР, серия геолог. географ. наук, №1, 1963, с.45-53.
8. Будагов Б.А., Думитрашко И.В., Иогансон В.Е., Перов В.Ф. - Сели в кн. "Общая характеристика рельефа Кавказа", "Наука", М., 1977, с.122-127.
9. Вольский А.И., Церетели Э.Д., Бердзенишвили Д.П. и др. - Инженерно-геологические условия селеносного бассейна р. Дуруджи. «Грузгеология». Фонды, Тбилиси, 1980.



10. Гаганидзе М.С. - Селевые явления и борьба с ними. Изд. "Сабчота Сакартвело", Тбилиси, 1970, с.385.
11. Гамбурцев П.А., Ризниченко Ю.В., Берзаг И.С., Пасечник А.П., Карус Е.В. - Кореляционный метод преломления волн. Изд. АН СССР, М., 1953.
12. Гамкрелидзе И.П., Гиоргобиани Т.П., Лобжанидзе П.С., Кулашвили С.И., Шенгелая Г.М. - Тектоническая карта территории Грузии. "Моамбе" АН Грузии, Тбилиси, 1998, с.89-94.
13. Гамкрелидзе П.Д. - Глубинные разломы в тектоническом строении Грузии. В кн. "Гималайский и Альпийский Орогенез". М., 1964.
14. Гамкрелидзе П.Д. - Основные черты тектонического строения Грузии. Труды геол. ин-та АН ГССР, Тбилиси, Т.10, 1957.
15. Геология СССР. Т. 10, Грузинская ССР, ч.1, Геолог. описание. М., 1964.
16. Геологическое строение Юго-восточной Грузии, Тбилиси, "Мецниереба", 1965, с.159-168.
17. Гурвич И.И., Боганик П.Н. - Сейсмическая разведка. Изд. "Недра", М., 1980.
18. Джанелидзе А.И. - Геологические классификации оползней. Научная сессия, сб. докладов, ТГУ им. Сталина, 1940.
19. Джаошвили В.Ш. - Влияние стихийных природных явлений на демографические процессы. Тезисы докл. респуб. научн. сессии "Окружающая среда и стихийно-разрушительные природные процессы", М., Тбилиси, 1994, с.12-13.
20. Джаши Г.Г., Чичинадзе В.К., Челидзе Т.Л., Амилахвари З.Л. и др. - Исследование геофизическими методами разведки инженерно-геологических и гидрогеологических условий аллювиально-озерных отложений р.Поладаури (в пределах Квемо-Болниси). საქართველოს ბავთობი და გაზი, №13, თბილისი, 2005, გვ.69-79.
21. Джаши Г.Г., Чичинадзе В.К., Челидзе Т.Л., Меликадзе Г.И., Амилахвари З.Л. и др. - Исследование инженерных и гидрогеологических условий

- Маднеульского рудного поля геофизическими методами разведки. Труды ин-та геофизики, т. 58, Тбилиси, 2004, с.317-330.
22. Джаши Г.Г., Чичинадзе В.К., Челидзе Т.Л., Амилахвари З.Л. и др. - Определение мощности и фракционной дифференциации селевых наносов в пойме р. Дуруджи по геофизическим данным. Тр. ин-та геофизики, Т. LVIII, Тбилиси, 2004, с.306-317.
23. Джаши Г.Г., Чичинадзе В.К., Челидзе Т.Л., Церетели Э.Д., Амилахвари З.Л. и др. - Изучение инженерно-геологических условий Бугеульского (Рача) оползня геофизическими методами разведки. Тр. ин-та геофизики, Т. LVIII, Тбилиси, 2004, с.328-335.
24. Джаши Г.Г., Чичинадзе В.К., Челидзе Т.Л., Амилахвари З.Л. и др. - Исследование инженерных и гидрогеологических условий Маднеульского рудного поля геофизическими методами разведки. Труды ин-та геофизики, Т. LVIII, Тбилиси, 2004, с.317-327.
25. Жданов М.С. - Электроразведка, М., "Недра", 1986 г.
26. Заборовский А.Н. - Электроразведка, М., Гостехиздат, 1963 г.
27. Кикнадзе А.Г. - Вопросы регулирования и управления берегоформирующих процессов Черноморского побережья Грузии. Материалы научной сессии "Окружающая среда и стихийно-разрушительные природные процессы", Тбилиси, "Мецниереба", 1994, с.20-21.
28. Котлов Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. "Наука", М., 1978, с.263.
29. Лоладзе Т.П., Мамулия Г.Г. - Отчет по предварительной разведке месторождения подземных вод аллювиально-озерных отложений р. Поладаури на участке Хачини по работам 1971-1973 гг., фонды геолог. управления Тбилиси, 1973 г.
30. Очильва А.А. - Геоэлектрические методы изучения карста. Изд. МГУ, 1957 г.

31. Пиотровская Е.Ю. - Неотектонические движения как фактор формирования типов геодинамической обстановки В кн. "Теоретические основы инженерной геологии. "Недра", М., 1985, с.174-183.
32. Пылаев А.М. - Руководство по интерпретации вертикальных электрических зондирований, М., "Недра", 1968, с.162.
33. Рысс Ю.С. - Геоэлектрические методы разведки. Л., "Недра", 1983.
34. Савич А.Н. Куюиджич Б.Д. и др. - Комплексные инженерно-геофизические исследования при строительстве гидротехнических сооружений. М., "Недра", 1990 г.
35. Сванидзе Г.Г., Цомая В.Ш. - Катастрофические наводнения в Грузии и методы вычисления их максимальных расходов. Тезисы докл. респуб. научн. сессии "Окружающая среда и стихийно-разрушительные природные процессы", М., Тбилиси, 1994, с.17-19.
36. Сейсморазведка. Справочник геофизика. М., "Недра", кн. 1,2, 1990.
37. Семенов А.С. - Электроразведка методами естественного электрического поля. Л., "Недра", 1980 г.
38. Сидоренко А.В. - Человек, Техника, Земля. "Недра", М., 1987, с.56.
39. Соболев Г.А., Пономарев А.В. - Физика землетрясений и предвестники. М., "Наука", 2003.
40. Херхеулидзе Г.И., Церетели Э.Д., Таташвили С.Г. - Селевые явления и селеопасные работы Груз. ССР Труды "ЗакниГМИ", вып. 83(90), "Гипрометиздат", М., 1984, с.10-24.
41. Церетели Э.Д., Татанидзе З.К., Хазарадзе В.Д., Куцнашвили О.З. и др. - Опасность какастрофических стихийных явлений Кавказа на рубеже XXI века. В кн. "Геоморфология Кавказа - новые идеи и подходы", Тбилиси, 2002, с.85-96.

42. Церетели Э.Д. - Природно-катастрофические явления и проблема устойчивого развития Грузии и приграничных территорий. Диссертация на соискание ученой степени докт. геогр. наук, Тбилиси, 2003.
43. Церетели Э.Д., Вольский А.И., Бердзенишвили Д.П. и др. - Инженерно-геологические условия селеносного бассейна р. Дуруджи. "Грузгеология", фонды, Тбилиси, 1980 г.
44. Церетели Э.Д., Церетели Д.Д. - Геологические условия разведки селей в Грузии. "Мецниереба", Тбилиси, 1985, с.185.
45. Церетели Э.Д., Бердзенишвили Д.П., Таташидзе З.К., Челидзе Т.Л. и др. - Особенности формирования катастрофических селей в бассейне р. Дуруджи и безопасность г. Кварели. Тр. международной конференции, Тбилиси, 2002, с.229-235.
46. Цицишвили Д.А. - Геоэлектрическая характеристика отдельных участков территории Грузии, подверженных активным действиям экзодинамических процессов. Труды ин-та Геофизики АН ГССР, т. XXIV, Тбилиси, 1966.
47. Цицишвили Д.А. - Инженерная геофизика в условиях горной страны. Тбилиси, "Мецниереба", 1980, с.216.
48. Цицишвили Д.А., Гоциридзе К.С. - Гидрогеологическое исследование в бассейне р. Дуруджи. Фонды Грузгипроводхоза, Тбилиси, 1947 г.
49. Цицишвили Д.А. - Геоэлектрическая характеристика селеобразующих очагов бассейна р. Дуруджи. Тр. ин-та геофиз. АН ГССР, т. XXIII, Тбилиси, 1963.
50. Цицишвили Д.А., Чантуришвили Л.С. - Отчет по Электроразведочным работам в бассейне р. Дуруджи за 1961 г. Фонды "Грузгипроводхоза", Тбилиси, 1961 г.
51. Шеко А.И. - Классификация геологических процессов и факторов, их обуславливающих. В кн. Геология зоны БАМ, т.2, Гидрогеология и инженерная геология, Ленинград, "Недра", 1988, с.236-243.

52. Шеко А.И., Круподеров В.С., Мальнева И.В. и др. - Факторы формирования и развития оползней и селей. В кн. "Оползни и сели", Центр международных проектов ГКНТ, М., 1984, с.16-50.
53. Шеко А.И., Островский А.Б., Коробкина И.С. - Палеографические особенности формирования оползневых склонов Черноморского побережья С. З. Кавказа. В кн. "Стихийные природные процессы: географические, экологические и социально-экономические аспекты", М., 2002, с.147-151.
54. Электроразведка. Справочник геофизика, книга II, М., "Недра", 1989.
55. z. amilaxvari. JoSxa-genduSis (raWa) teritoriis sainJinro da geodinamikuri pirobebis gamokvleva Ziebis eleqtrometruli meTodebiT. saq. navTobi da gazi. #17, Tbilisi 2006, gv. 53-59.
56. T. Welize – geofizikuri meTodebi bunebis dacvasi, Tbilisi, 2004, gv. 267.
57. g. jaSi, z. leJava, z. amilaxvari da sxva – Rrudos miwisqveSa auzis karstuli hidrogeologiuri da geofizikur TaviseburebaTa SeswavlisaTvis. dedamiwis qerqisa da zeda mantiis eleqtromagnituri gamokvlevebi saqarTvelos teritoriaze. gamomcemloba GCJ, Tbilisi, 1997. gv. 5-13.
58. Chelidze T., Melikadze G., Zevvos F., Bendukidze G., Saanaschili A. - The study of heavy metal pollution at Madneuli complex ore deposit area. I Intern. Conference on ecology and environmental Management in Caucasus, Tbilisi, 2001, p.p 69-72.
59. Zondy A. - A new method for the automatic interpretation of Schlumberger and Wenner sounding curves. Geophysics, vol.,54, p.p 245-253.
60. Jachi G., Mindeli P., Pusadze A., Khundadze N. - On the physical properties of the rocks of East Georgia. Journal of the Georgian Geophysical society, vol 6A, Tbilisi, 2001, pp. 75-82.
61. Slichter L.B., 1933. The interpretation of resistivity prospecting method for horizontal structures. Physics, 4:307-322.

62. Pekeris C.L., 1940. Direct method of interpretation in resistivity prospecting  
Geophysics, 5:31-46.
63. Stefanescu S.S. and Schlumberger C. and M, 1930. Sur la distribution électrique  
potentielle autour d'une prise de terre ponctuelle dans un terrain à couches  
horizontales, homogènes et isotropes. J. Phys. Radium, 7:132-141.