

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

თეიმურაზ პაპავა

ენგურის და ჟინვალის მსხვილ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებზე
დეფორმაციული პროცესების კვლევა გეოდეზიური და
გეოფიზიკური მონაცემების საფუძველზე

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2014 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სამთო - გეოლოგიური ფაკულტეტის
საინჟინრო გეოდეზიისა და გეოინფორმატიკის დეპარტამენტში

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: სრული პროფესორი ვახტანგ აბაშიძე

რეცენზენტები: -----

დაცვა შედგება ----- წლის ” ---- ” -----, ----- საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის № ----
სხდომაზე, კორპუსი ---- , აუდიტორია ----
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატის – სტუ-ს ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი,
ასოც.პროფესორი

დ. თევზაძე

შესავალი

თანამედროვე მსხვილ საინჟინრო ნაგებობებს, რომელთა მუშაობა დამოკიდებულია მათ მდგრადობაზე, მიაკუთვნებენ ჰიდროკვანძებს, ჰესებს, თბოელექტროსადგურებს, დამუხტული ნაწილაკების დამაჩქარებლებს, მაღლივ შენობებს და ნაგებობებს, ხიდებს, პრეციზიულ კონვეიერებს, გიგანტურ რადიოტექნიკურ სისტემებსა და სხვა მსგავს ნაგებობებს.

ნაგებობის დეფორმაციებზე ნატურულ დაკვირვებებად მოიაზრებენ გაზომვით და აღწერილობითი ღონისძიებების კომპლექსს, რომლებიც მიზნად ისახავენ ნაგებობების ან მისი ცალკეული ნაწილების დეფორმაციების ხარისხის გამოვლენას და მათი წარმოქმნის მიზეზების კვლევას. დაკვირვებების ძირითად ნაწილს წარმოადგენს დეფორმაციების სიდიდეების გაზომვები, რომლებიც ძირითადად გეოდეზიური მეთოდებით წარმოებს.

თემის აქტუალურობა. გასული საუკუნის 50-იანი წლებიდან საქართველოში დაისვა საკითხი ქვეყნის ენერგომომარაგების სრულყოფის მიზნით მძლავრი ელექტროსადგურის მშენებლობაზე. მთავარი ყურადღება გადატანილ იქნა მდინარე ენგურზე, როგორც ერთ-ერთ წყალუხვ მდინარეზე, რომელიც სათავეს იღებს მარადყინულოვანი ფერდობებიდან. მდ. ენგურის აუზის წყალშემკრები ფართობი 2060კმ², სიგრძე 220კმ, ხოლო დონეთა ვარდნა 2600მ. წლიური ხარჯი შესართავთან 212მ³/წმ. მეორე მხრივ, თავისი მასშტაბებით რთული კონსტრუქციული ნაგებობების პროექტირებამ და მშენებლობამ, ასევე რთული გეოლოგიური აგებულების მქონე და სეისმურად აქტიურ რაიონში, მოითხოვა მისი საიმედო საინჟინრო-გეოლოგიური დასაბუთება.

ამ მიზნით გეოლოგიურ-სტრუქტურული და გეომორფოლოგიური მრავალწლიანი კომპლექსური კვლევები ჩატარებულ იქნა როგორც მთელი სათავო კვანძის, ისე უშუალოდ კაშხლის ტერიტორიაზე. სამუშაო ჩატარებულ იქნა ინსტიტუტ „თბილჰიდროპროექტის“, საქართველოს

ტექნიკური უნივერსიტეტისა და მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტის სპეციალისტების მიერ.

აღსანიშნავია აგრეთვე ისიც, რომ წარმოდგენილი დისერტაციის ავტორი 2006 წლიდან თავად არის კაშხალზე და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე გეოდეზიური სამუშაოების ჩატარების, მასალის დამუშავების და სამეცნიერო ანგარიშების შედგენის ერთ-ერთი თანამონაწილე.

სადისერტაციო ნაშრომის მიზან წამოადგენს კაშხლის ტანში, მის ფუძეში და სანაპიროს კლდოვან საყრდენებში ჩატარებული და ამჟამად წარმოებული სხვადასხვა ტიპის დაკვირვებების: გეოტექნიკური (შვეულები), გეოდეზიური და გეოფიზიკური მასალების მოპოვება, საჭიროების შემთხვევაში მათი გადამუშავება და ანალიზი, კაშხლის და მისი ფუძის დამაბულ-დეფორმაციული მდგომარეობის შესახებ საერთო დასკვნების გაკეთება.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ენგურჰესის სათავო ნაგებობის ტერიტორია: მაღლივი თაღოვანი კაშხალი, მისი კლდოვანი ფუძე და მიმდებარე ტერიტორია და ჟინვალჰესის სათავე ნაგებობა. კვლევაში გამოყენებული იქნა პირდაპირი და შებრუნებული შვეულების, გეოდეზიური და გეოფიზიკური მეთოდებით მოპოვებული მასალა და მისი კომპიუტერული დამუშავება.

ნაშრომის ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე. სადისერტაციო ნაშრომში განხილულია ენგურჰესის და ჟინვალჰესის სათავო ნაგებობის ტერიტორიაზე მრავალი წლის მანძილზე სხვადასხვა მეთოდებით ჩატარებული დაკვირვებული მასალა. მიღებულია დეფორმაციებისა და გადაადგილებების რიცხვითი სიდიდეები. გაკეთებულია ამ მეთოდებით მიღებული შედეგების შედარება, ანალიზი და დასკვნები, რომლებიც მეცნიერულ სიახლეს წარმოადგენს.

სამუშაოს პრაქტიკული მნიშვნელობა. ნაშრომში მიღებული კვლევის შედეგები პირველ რიგში გამიზნულია ენგურჰესის და ჟინვალჰესის ექსპლუატაციის პერსონალისთვის. აგრეთვე, ნაშრომში განხილული

საკითხები და მიღებული შედეგები შეიძლება გამოყენებული იქნეს სხვა მსგავსი ჰიდროტექნიკური კომპლექსების პროექტირების დროს და შემდგომში ჰესების უსაფრთხო და ეფექტური ექსპლუატაციის უზრუნველსაყოფად.

სადისერტაციო ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა.
წარმოდგენილი ნაშრომი შეიცავს შესავალს, ოთხ თავს და დასკვნებს. გამოყენებული ლიტერატურის სია წარმოდგენილია 27 დასახელებით. სადისერტაციო შრომის საერთო მოცულობა შეადგენს 120 გვერდს, მათ შორის 44 ნახაზს და 6 ცხრილს.

თავი I. მსხვილი საინჟინრო ჰიდროკვანძების დეფორმაციული პროცესების კვლევა და აქტუალობა

მსხვილი საინჟინრო ნაგებობები გამოირჩევა თავისი კომპლექსურობით, რომელიც შეიცავს ურთიერთდაკავშირებულ სამშენებლო კონსტრუქციების მნიშვნელოვან რაოდენობასა და ტექნოლოგიური აღჭურვილობის ურთიერთდამაკავშირებელ ელემენტებს, და, რაც მთავარია, მგრძობიარეა დეფორმაციების შედარებით მცირე სიდიდეების მიმართ.

გეოდეზიური მეთოდებით საინჟინრო ნაგებობების დეფორმაციების შესწავლისას წამოიჭრება საკითხი გაზომვის სიზუსტის განსაზღვრის ამაღლების აუცილებლობის შესახებ. ეს საკითხი მნიშვნელოვანია, რადგან მის გადაწყვეტაზე დამოკიდებულია გაზომვის მეთოდებისა და ინსტრუმენტების შერჩევა და ასევე სასურველია მათ შესრულებაზე შემცირდეს დახარჯული დრო და ფულადი სახსრები. გარდა ამისა, დაკვირვებებისთვის, რომლებიც მოიცავენ განსხვავებული ხასიათის ნაგებობებს ან ერთიდაიგივე ტიპის ობიექტებისათვის უნდა მივიღოთ თანაბარი სიზუსტე და შესაბამისად გაზომვის ერთნაირი მეთოდიკა.

დეფორმაციების შესწავლას სერიოზული ყურადღება დაეთმო XX საუკუნის დასაწყისში, რომელიც გამოწვეული იყო კაშხლებზე მომხდარი ავარიებით. მაგალითად: გლენო (იტალია, 1923), რემპენი (შვეიცარია, 1924),

მოინი, ლეიკ-ლანირი და სენტ ფრენსისი (აშშ, 1925, 1926, 1928) და სხვა. ზუსტად ამ პერიოდში იწყება დაკვირვებების მეთოდების დანერგვა ჯდომებზე და ჰორიზონტალურ გადაადგილებაზე აშშ, შვეიცარიაში, ავსტრიაში, გერმანიაში და სხვა ქვეყნებში.

ამ დროისთვის მრავალ ჰიდროკვანძზე გეოდეზიური მეთოდებით ნატურული დაკვირვებების მონაცემების საკმაოდ დიდი მოცულობა დაგროვდა. მაგრამ გაზომვების შედეგების ანალიზი, როგორც წესი, თითოეული ჰიდროკვანძისთვის ცალკე ხორციელდება. ნატურული დაკვირვებების დარგში უმთავრესი ამოცანაა ყველა არსებული მონაცემის განზოგადება და სხვადასხვა ტიპის კაშხლებისთვის დეფორმაციული პროცესების საერთო სივრცული დროითი კანონზომიერებების გამოვლენა. ეს ხელს შეუწყობს, კერძოდ, როგორც ნატურული დაკვირვებების შემადგენლობას, ისე ახალ ობიექტებზე გაზომვის მეთოდების უფრო დასაბუთებულ არჩევანს.

თავი II. ენგურჰესის და ჟინვალჰესის სათავო ნაგებობის

ტერიტორიის გეოლოგიური აგებულება

2.1 ზოგადი ცნობები

როგორც ცნობილია, საქართველო წყლის ენერჯის მრავალი მნიშვნელოვნად უსწრებს წინ ევროპის ბევრ ქვეყანას და ყოფილი საბჭოთა კავშირის რესპუბლიკებს. სწორედ ამიტომ, ენერგეტიკის განვითარების საქმეში ჩვენთან ჰიდროენერგეტიკული რესურსების გამოყენებას, დიდი ყურადღება ეთმობოდა. სწორედ ამით აიხსნებოდა საქართველოში მდ.ენგურის და მდ. არაგვის წყალდენის ათვისებით მსხვილი ჰიდრომშენებლობის დაწყება.

ენგურის ჰიდროელექტროსადგურის შემადგენლობაში იგულისხმება 5 ჰიდროსადგურისაგან შემდგარი კომპლექსი. ძირითადი უნიკალური კაშხალი მდებარეობს ქ. ჯვარში, სადერივაციო გვირაბი და საბერიოში მიწისქვეშა ჰესის შენობა. მეორე არის გალში კაშხლისპირა დანადგარი-

ვარდნილჰესი I და სამი ერთნაირი ტიპის კალაპოტიანი დანადგარები, ვარდნილჰესები II, III და IV აშენებულია გადაგდებულ არხზე, რომელიც შავ ზღვაში ჩაედინება.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოფიზიკის ინსტიტუტის სეისმოლოგების დასკვნით აღნიშნული რაიონის სეისმურობა ფასდებოდა 8 ბალით, მაგრამ დამპროექტებლების მიერ მხედველობაში მიღებული იქნა ნაგებობათა მაღალი კლასი და კაშხალი აშენდა 9 ბალის გათვალისწინებით.

ჟინვალის ჰიდროკვანძი განლაგებულია მდ.მტკვრის მარცხენა შენაკად მდ.არაგვზე და მისი დანიშნულებაა გარდა ელექტორენერჯის გამომუშავებისა და სასმელი წყლით მომარაგებისა, სამგორის სასოფლო-სამეურნეო მიწების მორწყვაც. ჟინვალის ჰიდროკვანძის მშენებლობა დაიწყო 1970 წელს და დამთავრდა 1984 წელს. ის შედგება სათავო კვანძისა და წყალგამტარი კვანძებისგან.

სათავო კვანძი მოიცავს ქვანაყარ მიწის კაშხალს 102მ სიმაღლის ცენტრალური გულით, ღია წყალმიმღებით და სიღრმული წყალსაგდებით. კაშხლისპირა მიწისქვეშა ჰესი განლაგებულია მდ.არაგვის კალაპოტიდან 55მ სიღრმეში. ეს კაშხალი თავისუფლად იჭერს 94მ სიმაღლის წყლის დატვირთვას, რომლის დროს იქმნება 500 მილიონი მ³ მოცულობის წყალსაცავი. წყალსაცავიდან გამოსული არხი შედგება 8,6კმ. სიგრძის უდაწნეო გვირაბისა და 1,5კმ ღია არხისაგან, რომლითაც ჰესზე დამუშავებული წყალი გროვდება სპეციალურ აუზში. აქ დაგროვილი წყალის ნაწილი 37,2კმ სიგრძის მაგისტრალური არხით გამოიყოფა და გამოიყენება როგორც სამეურნეო, ისე სასმელად.

2.1 სათავო ნაგებობის რაიონის გეოლოგიური დახაიათება

ენგურჰესის სათავე ნაგებობის რაიონი განლაგებულია დიდი კავკასიონის სამხრეთი ფერდის ნაოჭა სისტემასა და რაიონის მთათაშუა დაბლობის შენაწევრებულ ზონაში. ამ რაიონის გეოლოგიური აგებულება საკმაოდ სრულყოფილადაა შესწავლილი ჩვენი რესპუბლიკის ცნობილი

მეცნიერებისა და სპეციალისტების მიერ. ქვემოთ მოგვყავს გამოქვეყნებული წყაროებიდან თემისთვის აუცილებელი მასალები.

რაიონის გეოლოგიურ აგებულებაში გვხვდება ქანების მთელი კომპლექსი საშუალოიურადან მეოთხეულ ასაკამდე: იურული, ცარცული, მესამეული და მეოთხეული დანალექები.

საქართველოს ტერიტორიის ტექტონიკური დაყოფის თანახმად ენგურის კაშხლის მშენებლობის რაიონი განლაგებულია დიდი კავკასიონის სამხრეთი კალთის ნაოჭა სისტემის გაგრა-ჯავის ზონის საზღვრებში.

თავისი ტექტონიკური აგებულებით იგი დანაწევრებულია ოთხ მსხვილ ქვეზონად, რომელთა შორის ამ რაიონში განვითარებულია ორი: პორფირიტული იურას ქვეზონა და კიდური დისლოკაციის ამზარა-მუხურის ქვეზონა. პირველი ამათგან განთავსებულია რაიონის ჩრდილო ნაწილში, აგებულია იურული ქანებით და ხასიათდება მრავალრიცხოვანი განედური გავრცელების ასიმეტრიული ნაოჭა სტრუქტურებით. მეორე, ამზარა-მუხურის ქვეზონას უკავია რაიონის მეტი ნაწილი ცარცული და მესამეული ნალექებით. ეს ნალექები ძირითადად ხასიათდებიან ფენების მონოკლინური დაცემით, რომლებიც ადგილ-ადგილ გართულებულია წვრილმანი დანაოჭებით, ანტიკლინური და სინკლინური გადაღუნვებით.

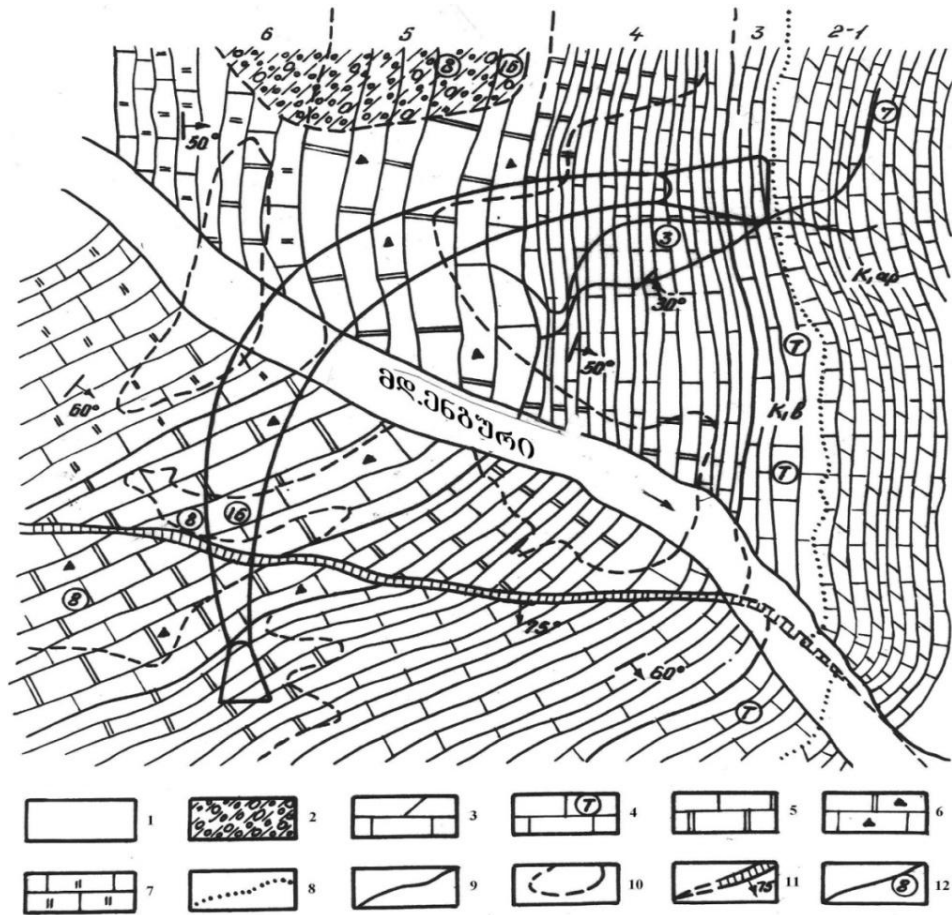
უშუალოდ თაღოვანი კაშხლის რაიონი შედგება ქვედა ცარცული ასაკის კლდოვანი კარბონატული ქანებით, რომელთა შემადგენლობაში უპირატესად ბარემის დოლომიტები და კირქვებია და მხოლოდ მარცხენა ფერდობის ზედა ნაწილია წარმოდგენილი აპტის კირქვებით. ლითოლოგიური ნიშნით ბარემისა და აპტის ქანების სიზრქე დანაწევრებულია ექვს შეკვრად, რომლებიც დანომრილია დადმავალი სტრატეგრაფიული მიმდევრობით. ნახ.1-ზე წარმოდგენილია უშუალოდ თაღოვანი კაშხლის უბნის გეოლოგიური აგებულების სქემა, რომელიც აღებულია გ. ჯიღაურის, ა. მასტიცკის, ს. კერესელიძის, ვ.ჭუმბურიძის და სხვა შრომებიდან.

პირველი და მეორე შეკვრა, რომლითაც შედგენილია მარცხენა ფერდის ზედა ნაწილი წარმოდგენილია აპტის კირქვებით და იშვიათად შეიცავს მერგელის შრეებსაც. მათი საერთო სიმძლავრე 140 მეტრია. ყველა დანარჩენი შეკვრა, რომლითაც შედგება კაშხლის ფუძე, წარმოადგენს ბარემის იარუსს. მესამე შეკვრა, რომელიც განთავსებულია მარცხენა ნაპირის აპტის ნალექის ქვეშ, წარმოდგენილია დაგვერდებული (კრენისებრი) მოჭიმვის მქონე გლაუკონიტის კირქვების სახით. მეოთხე და მეხუთე შეკვრა 400მ საერთო სისქით წარმოდგენილია კირქვებითა და დოლომიტებით. კაშხლის მარჯვენა ნაპირთან მომიჯნავე ზედა ნაწილში მეოთხე შეკვრის დოლომიტებში ადგილი აქვს ძლიერად კალციტიზირებულ ქანებს შესუსტებული სიმტკიცით. მეექვსე შეკვრა წარმოდგენილია სქელშრიანი ბითუმოვანი და გადოლომიტებული კირქვებით.

ენგურჰესის რაიონის ერთ-ერთ მთავარ ტექტონიკურ ელემენტს წარმოადგენს ნასხლეთ-ნაწევის ტიპის ინგირიშის რღვევა, რომელიც კაშხლის დასავლეთით წყალსაცავის ფუძეში გადის და აქვს სუბმერიდიანული გავრცელება. ამ რღვევის განშტოებას წარმოადგენს იმავე ტიპის რღვევა, რომელიც კვეთს კაშხლის მარჯვენა ფუძეს (ნახ.1). რღვევის სხლეტვის სიბრტყეები გავრცელებულია თითქმის მდ. ენგურის პარალელურად და ეცემა მარჯვენა სანაპიროს ფერდობისაკენ 75-80° კუთხით. ნასხლეთ-ნაწევის ვერტიკალური გადაადგილების ამპლიტუდა შეადგენს 100-120მ, ხოლო ჰორიზონტალური 80მ. რღვევის სიგანე დღიურ ზედაპირზე იცვლება 2-დან 9 მეტრამდე და შემავსებელი წარმოდგენილია დაწნეხილი დოლომიტიზირებული სილით, ხოლო ქვემოთ კალციტით და ხვინჭის მასალით.

მდ. ენგურის მარჯვენა სანაპირო რღვევა კაშხლის ფუძის მთელ მასივს ჰყოფს ორ სტრუქტურულ ბლოკად: A ბლოკად, რომელიც წარმოადგენს შენასხლეთ ფრთას და B ბლოკად, რომელიც იწოდება დაწეულ ანუ ჩამომვებულ ფრთად. გარდა ამ რღვევისა მსხვილი ბზარები

ყოფენ A და B ბლოკებს მცირე ზომის ბლოკებად, მაგრამ მათ დამოუკიდებელი სტრუქტურული ბლოკების მნიშვნელობა არა აქვთ. ისინი შედიან იმ გეოსტრუქტურულ ზონებში, რომლებიც კაშხლის ფუძეში გამოყოფილია საერთო ბზარიანობის ხარისხით, დამსხვრეული ზონებით და სხვა.



ნახ.1 ენგურჭესის თაღოვანი კაშხლის სათავო ნაგებობის ტერიტორიის გეოლოგიური სქემა.

1). მდინარის კალაპოტის კენჭნარი და ჭალა; 2). შემალღებული მარცხენა ნაპირის ტერასის კენჭნარი; 3). საშუალომრეული მერგელოვანი კირქვა მერგელის შრეებით (1 და 2 შეკვრა); 4). საშუალო და სქელშრიანი კაჟის შემცველი გლაუკონიტანი კირქვები (3 შეკვრა); 5). საშუალო და უხეშშრიანი კირქვები და დოლომიტები (4 შეკვრა); 6). საშუალო და უხეშშრიანი კირქვები და ბითუმოვანი დოლომიტები (5 შეკვრა); 7). გადოლომიტებული ხვრელებიანი, უხეშშრიანი და მასიური კირქვები (6 შეკვრა); 8). სტრატეგრაფიული საზღვარი; 9). შეკვრებს შორის საზღვარი; 10). გადოლომიტების კონტური; 11). ნასხლეტ-ნაწევის ტიპის ტექტონიკური რღვევა; 12). მსხვილი (0.3-1მ. სიგანის) ტექტონიკური ბზარების კვალი ზედაპირზე და მათი ნომრები.

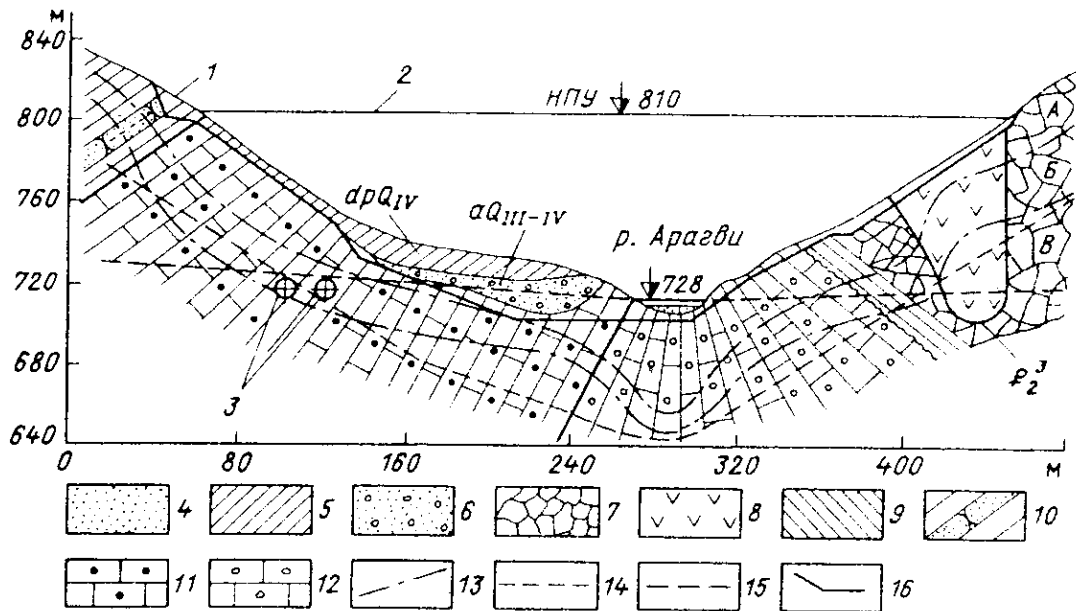
ჟინვალის ჰიდროკვანძი, გეოსტრუქტურული თვალსაზრისით ის ადგილი, სადაც აშენდა კაშხალი და წყალსაცავი მიეკუთვნება დიდი კავკასიონის სამხრეთი ფერდის მესტია-თიანეთის ზონას. იმასთან დაკავშირებით, რომ მეოთხეულ პერიოდამდე ქანების ინტენსიური დანაწევრების გამო სტრატოგრაფიული თანმიმდევრობა არ დაიკვირვება, მაგრამ კარგად აღინიშნება იურული, ქვედა და ზედა ცარცული და ეოცენური დანალექები (ნახ.2).

იურული ნალექები ძირითადად გავრცელებულია მდ. არაგვის მარჯვენა სანაპიროზე. წყალსაცავის ფუძის არეში ეს ნალექები დღიურ ზედაპირზე არ გამოდიან. ქვედა ცარცული ნალექები მთლიანად მოიცავს მდ. არაგვის ორივე ნაპირს. ჰიდროკვანძის რაიონში შედარებით ფართოდ გავრცელებულია ზედაცარცული ნალექები. ისინი დაიკვირვება როგორც წყალსაცავის ფუძეში, ისე მთლიანად მის მარცხენა და მარჯვენა ფერდობებზე.

ჟინვალის ჰიდროკვანძის რაიონის ტექტონიკა რთულია, რადგან როგორც აღვნიშნეთ იგი მიეკუთვნება დიდი კავკასიონის ნაოჭა სისტემის ტერიტორიას. შედარებით მომეტებული ტექტონიკური დაშლილობით გამოირჩევა ცარცული ასაკის ფენები. ისინი შედარებით დანაოჭებული არიან. ეოცენური წარმონაქმნები ძირითადად წყნარი ფენებით ხასიათდებიან, მაგრამ ადგილ-ადგილ ისინიც შედარებით დანაწევრებული არიან.

ჟინვალის კაშხალი აგებულია მდ. არაგვის ხეობის შევიწროვებულ ადგილზე. კაშხლის თხემის გასწვრივ დაბლობი 400მ შეადგენს. მდინარის კალაპოტი განლაგებულია უფრო მარჯვენა ძირითად ფერდობისაკენ. მარჯვენა და მარცხენა ძირითადი კალთების დახრის კუთხეები 30° შეადგენს (ნახ.2). კაშხლის ფუძის ქანები ძირითადად აგებულია მიკროკონგლომერატებითა და სენომანის წყების კონგლომერატებით. კაშხლის კვეთში მარჯვენა სანაპიროს მასივი შედგება ზედა ეოცენის ქანებით, ძირითადად ბრეჭიებით, რომლებიც შეიცავენ პორფირიტის

ბელტებს, რომელთა ზომები არცთუ იშვიათად 80*100*120მ შეადგენს. ამ ბრეჭიების წყების ქვეშ ჩაწოლილია თიხოვანი ფიქალი და ქვიშნარევი თიხა, რომელთა საერთო სიმძლავრეა 8მ.



ნახ.2 გეოლოგიური კრილი ჟინვალის კაშხლის ღერძის მიმართ

- 1.თავისუფალი წყალსაგდები არხი; 2.ქვანაყარი მიწის კაშხალი; 3.გვირაბები;
- 4.კალაპოტისა და ნარწყულის კენჭნარი; 5.კენჭნარი და თიხნარი ღორღი;
- 6.ნარწყულზე ტერასების კენჭნარი; 7.კირქვებისა და პორფერტების ბრეჭიები;
- 8.პორფირიტის ბელტი; 9.მერგელოვანი ფიქლებიანი თიხები და ქვიშაქვები;
- 10.თიხები ქვიშნარი მეგლები; 11. ; 12. ; 13. ; 14.მიწისქვეშა წყლების დონე;
- 15.საცემენტაციო ფარდის საზღვარი; 16.კაშხლის შეჭრის კონტური.

კაშხალი ძირითადად აგებულია ადგილობრივი სააღმშენებლო მასალით, რომელიც მრავლად მოიპოვება მშენებლობის ახლოს. კაშხლის გულში ჩადებულია დელივიური თიხნარი, რომელიც შეიცავს ღორღს და სხვა მასალებს. საყრდენ პრიზმებად გამოყენებულია ალივიური კენჭნარი, რომელიც აგრეთვე მოიპოვება მდ. არაგვის ხეობაში, კაშხლის ახლოს, ზედა ბიეფში.

თავი III. ენგურჭესის თაღოვანი კაშხლის კვლევა გეოდეზიური და
გეოფიზიკური მეთოდებით

3.1 შვეულების განლაგების სქემა და მიღებული მასალის ანალიზი

ენგურის კაშხალზე წარმოებს დაკვირვებები პირდაპირი და შებრუნებული შვეულებით, რომელთა განლაგება როგორც კაშხალზე, ისე ქვედა ბიეფში ნაჩვენებია ნახ. 3-ზე.

პირდაპირი შვეული (ნახ.4) წარმოადგენს მავთულს 1, ბოლოში ბლანტ სითხეში მოთავსებული ტვირთით 2, რომელსაც კიდებენ შახტში ან საგანგებოდ გაბურღულ ჭაში 3. სიმძიმის გამო შვეულად გაჭიმული მავთული შეიძლება ჩაითვალოს იმ საბაზო ხაზად, რომლის მიმართ გაიზომება ნაგებობის დახრა.

ნაგებობის დახრის დასადგენად იზომება მავთულიდან შესამოწმებელ ნაგებობამდე Δl მანძილები შერჩეულ წერტილებში. დროთა განმავლობაში $(\Delta l_B - \Delta l_A)$ სხვაობის ცვალებადობა ნაგებობის დახრის განვითარების მაჩვენებელია.

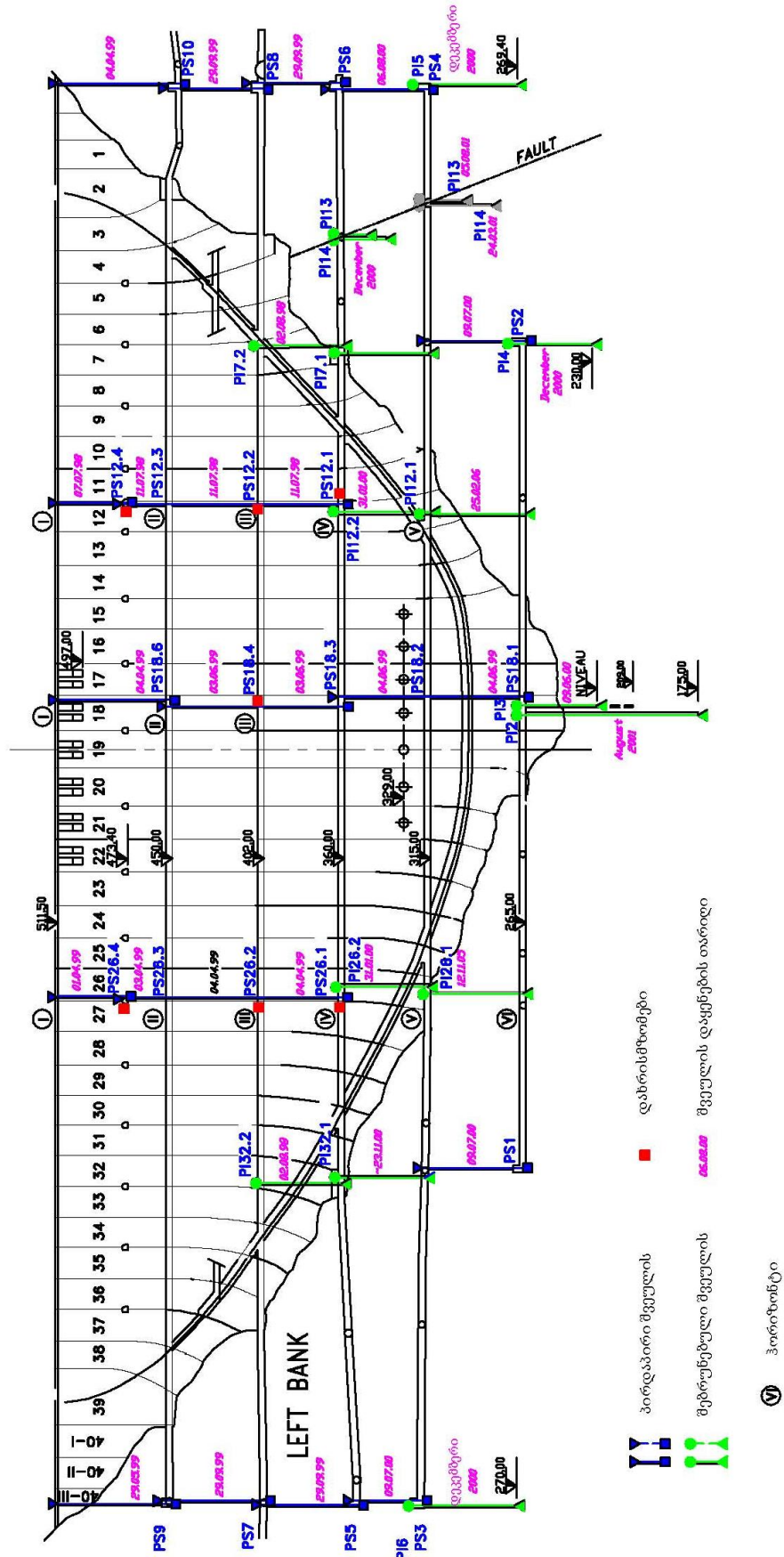
დახრის i ოდენობის განსაზღვრა შეიძლება შემდეგი დამოკიდებულებიდან:

$$i = \frac{\Delta l_B - \Delta l_A}{h},$$

სადაც h არის ზედა B და ქვედა A საკონტროლო წერტილებს შორის მანძილი.

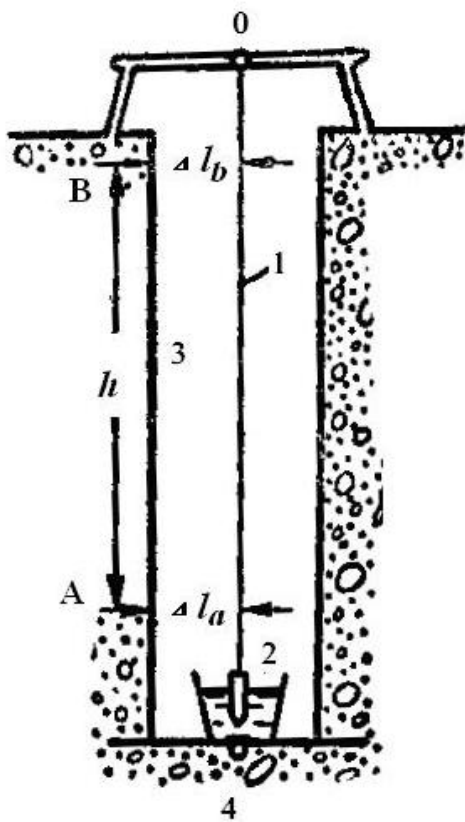
ფუძის ძვრის გასაზომად Δl_B და Δl_A სიდიდეების გაზომისთანავე საზღვრავენ შვეულის დაკიდების O წერტილის კოორდინატებს. ამ შემთხვევაში O წერტილის კოორდინატებისა და $(\Delta l_B - \Delta l_A)$ სხვაობის შეცვლა გვაძლევს მასალას ნაგებობის ფუძის ძვრის შესახებ.

პირდაპირი შვეულების გამოყენება შეიძლება 40 – 50 მ სიღრმის შახტებში, მაგრამ შედარებით მცირდება განსაზღვრების საჭირო სიზუსტე გამჭოლი ქარის გავლენით შვეულის მოძრაობის გამო იმ შემთხვევაშიც კი, როცა შვეულის ტვირთი მოთავსებულია ბლანტ სითხეში.

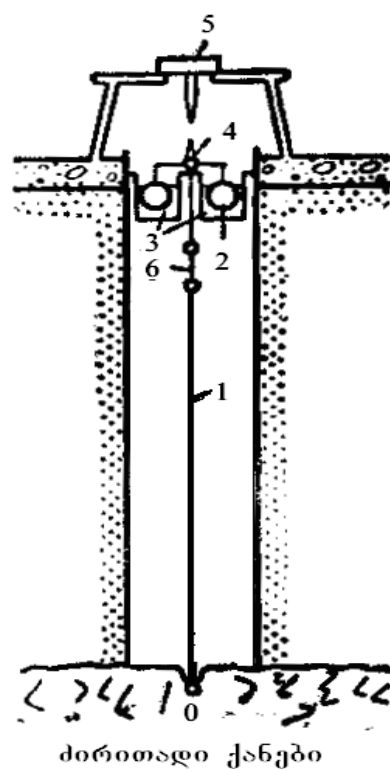


ნახ.3 ენგურისკაშხლისტაშმისამონიტორინგოპარატურისგანლაგებისქემა

ნაგებობების დახრისა და ძვრების განსაზღვრა მნიშვნელოვნად მეტი სიზუსტით შეიძლება მ.მურავიოვის კონსტრუქციის შებრუნებული შვეულით (ნახ.5). შებრუნებული შვეული წარმოადგენს მავთულს 1, რომლის 0 ღუზა ჩამაგრებულია ნაგებობის არადეფორმირებულ საძირკველში, ხოლო მავთულის ზემო ბოლოში რბილი ჩანამატით 6 მიმაგრებულია სათავისი, რომელიც მოიცავს რგოლურ ტივტივას 2, რომელიც ცურავს ასევე რგოლურ აბაზანაში 3, და მავთულის თანადერძულ შტიფტს 4. აბაზანა 3 ივსება გაუყინავი სითხით (ხშირად წყლით).



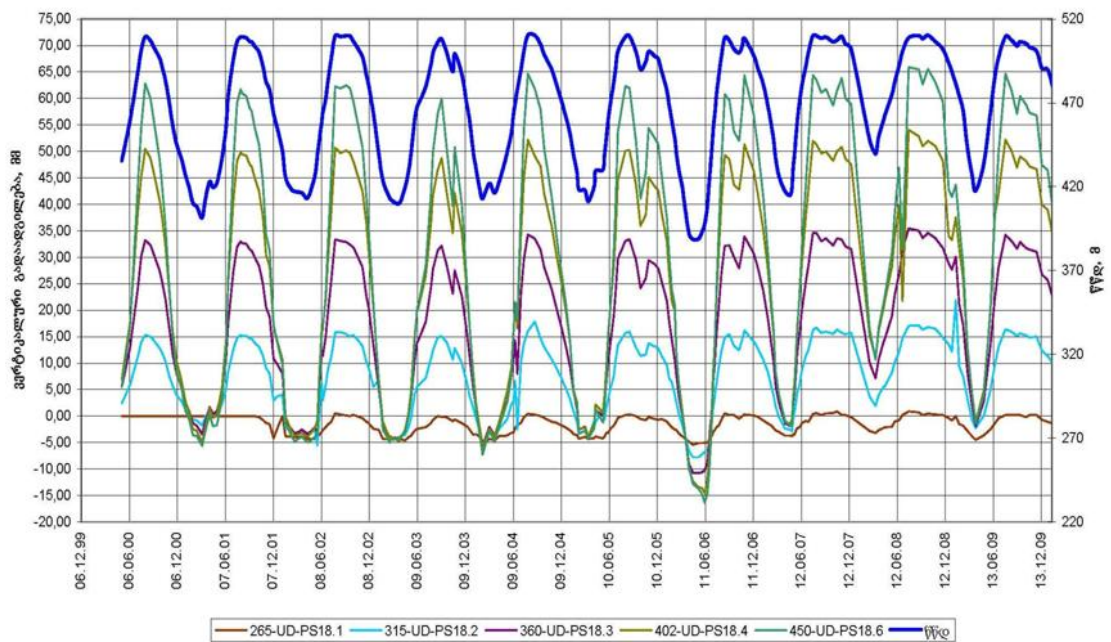
ნახ.4 პირდაპირი შვეული



ნახ.5 შებრუნებული შვეული

უკანასკნელი წლების განმავლობაში ჩატარებულმა გაზომვებმა აჩვენა თანხვედრი დამოკიდებულება წყალსაცავის დონის ცვალებადობასთან. აქ აღსანიშნავია 2006 წლის მონაცემები. ამ პერიოდისათვის, როგორც ზემოთ აღვნიშნავდით, მიმდინარეობდა წყალსაცავის სადერივაციო გვირაბის რეაბილიტაცია და წყლის დონე დაწეული იქნა 388,58მ ნიშნულამდე, რამაც შესაბამისი გავლენა მოახდინა

კაშხალზე. ეს მოძრაობა კარგად არის ასახული (ნახ.6). გარდა ამისა უკვე შემოდგომაზე ამავე 2006 წელს წყალსაცავში წყლის 511მ დონის დროს მონაცემები აჩვენებდა ოდნავ დიდ გადაადგილებას განსხვავებით წინა წლების მონაცემებთან. აღნიშნული მოვლენა დაკავშირებულ იქნა ამ პერიოდისათვის (11.2006) დამახასიათებელ დაბალ ტემპერატურასთან, რაც გულისხმობდა კაშხლის ბეტონის შედარებით დაბალ ტემპერატურას, ვიდრე აგვისტოს თვეში, წწდ-ს იგივე ნიშნულზე. შესაბამისად ამ ორი ფაქტორის (წყალსაცავში წყლის მაღალი დონე და ცივი ბეტონი) ერთობლიობამ განაპირობა შედარებით განსხვავებული შედეგი. თუმცა ისიც უნდა იქნას აღნიშნული, რომ კაშხლის ბეტონის ტემპერატურა ამ პერიოდისათვის აღარ იზომებოდა და (2005 წლის შემდეგ) 2006 წლის მონაცემები მოდელირებული იქნა სპეციალისტების მიერ.



ნახ.6 მე-18 სექციის პირდაპირი შევულებების გადაადგილება დროში X ღერძის მიმართ 2000-09 წლებში

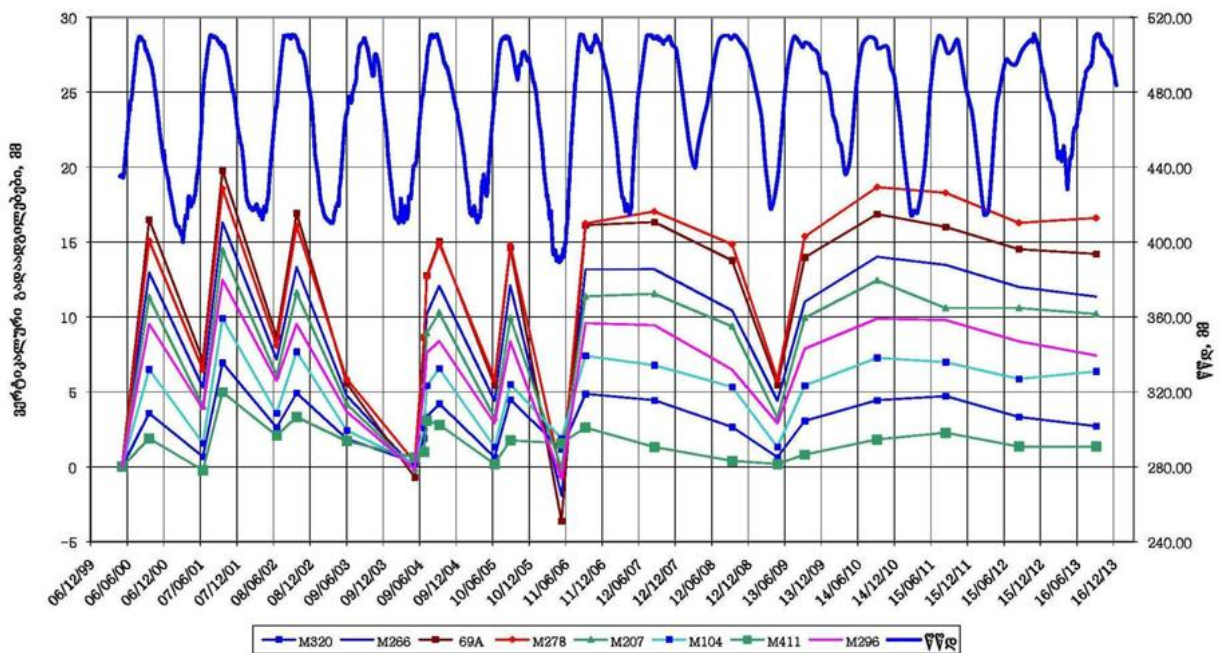
3.2 სასიმაღლო ქსელის მასალა და ანალიზი

აღნიშნული ქვეთავი ეძღვნება ენგურის თაღოვანი კაშხლის კლდოვანი ფუძის ნატურულ დაკვირვებებსა და კვლევას გეოდეზიური მეთოდებით. მეთოდის ფასეულობა განპირობებულია იმით, რომ ის

შესასწავლი (საკვლევი) მოვლენის ხარისხობრივი მხარის გარდა იძლევა ამ მოვლენის რაოდენობრივ დახასიათებას (დეფორმაციების აბსოლუტური სიდიდეები), რაც დიდად ფასეულია.

კაშხლის ტანის ვერტიკალური გადაადგილებების სრულფასოვანი სურათის შესაქმნელად უპრიანი იქნება განვიხილოთ შედარებით უკანასკნელი (2000-2013წ) პერიოდი, მითუმეტეს 2000 წლის ზაფხული მიღებულია საწყისად. აღსანიშნავია, რომ მაშინ წწდ იყო 435-440მ (გამოსავლად).

ყველა ჰორიზონტზე იკვეთება ვერტიკალური გადაადგილებების საერთო კანონზომიერებები. მარკების აწევა წწდ აწევისას ყველაზე მეტად შეინიშნება ცენტრალურ კვეთში (თხემზე 19მმ-მდე, მე-5 და მე-3 ჰორიზონტებზე 8 მმ-მდე). ყველაზე ნათლად ჯდომების დამოკიდებულება წყალსაცავის დონესთან შეიმჩნევა კაშხლის თხემზე (ნახ.7). სანაპირო ბურჯებზე (მარკები 320 და 411) ჯდომა აღწევს 5-7მმ-ს. აღნიშნულ სიდიდეში სავარაუდოდ შედის ტემპერატურული ეფექტიც (ბეტონის ტემპერატურის მატება).



ნახ.7 კაშხლის თხემის მარკების ჯდომების გრაფიკი

3.3 გეოფიზიკური კვლევები და შედეგები.

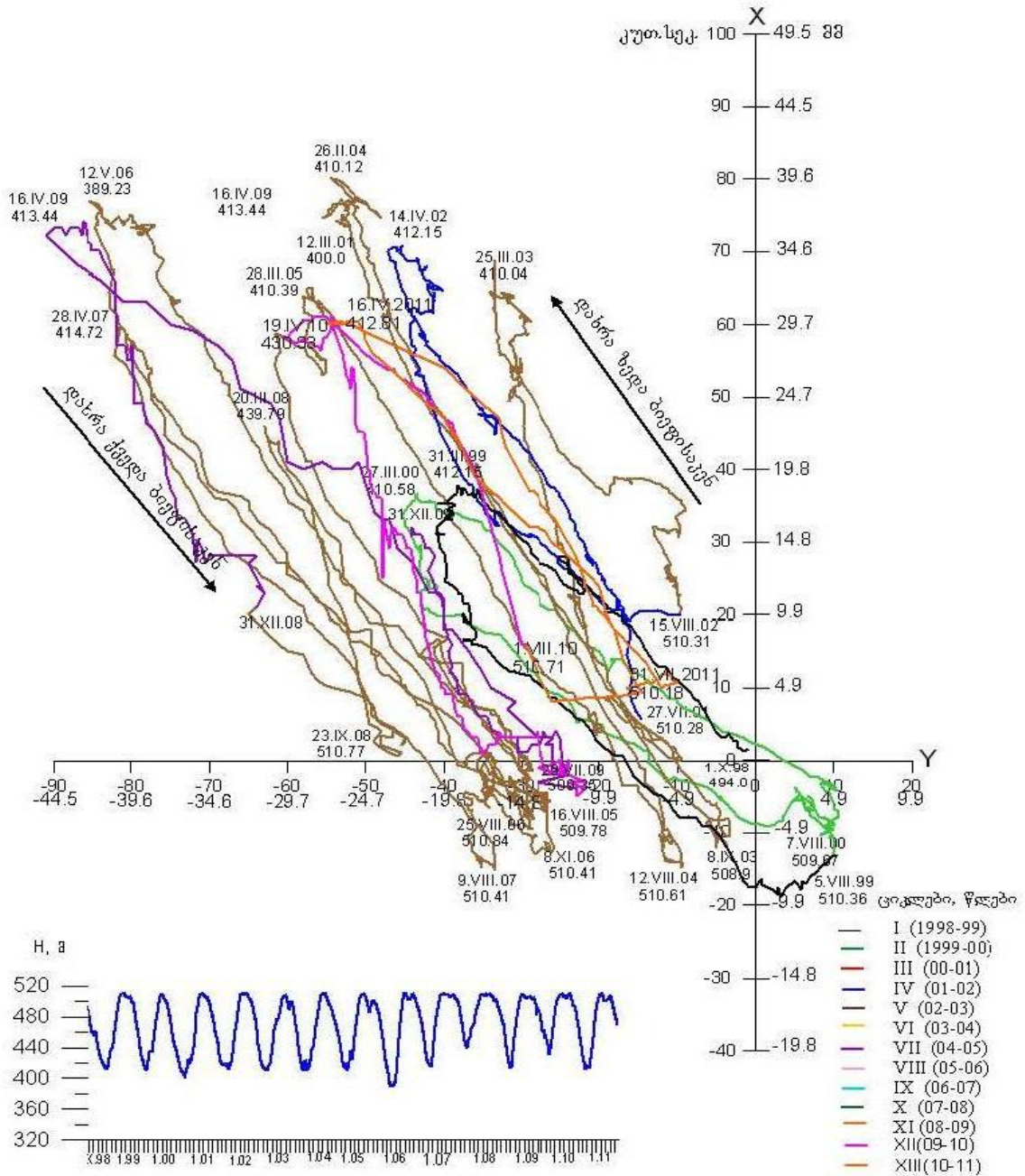
ენგურის მაღლივ კაშხალზე ტრადიციულ გეოდეზიურ ნიველობასთან, პირდაპირ და უკუმვეულებთან ერთად 1998 წლიდან გამოყენებულ იქნა სტაციონარულ რეჟიმში მომუშავე მაღალი სიზუსტის დახრისმზომები (ტილტმეტრი) ციფრული ინდიკაციით. ამ აპარატურის გამოყენებას კაშხლის უსაფრთხო ექსპლუატაციის მიზნით, როგორც დაზიანების შემთხვევაში მოახლოებული საფრთხის მაუწყებლს, მსოფლიოში სულ უფრო და უფრო დიდი ყურადღება ექცევა.

წყლის დონის მაქსიმუმიდან მინიმუმისაკენ დაწევის შემთხვევაში კაშხალი იხრება ზედა ბიეფისაკენ, ხოლო შევსების დროს, პირიქით - ქვედა ბიეფისაკენ. ამ მოძრაობის დროს ის შემოწერს ჰისტერეზისის მრუდებს, რომელთა კონფიგურაცია განპირობებულია წყალსაცავის ავსება-დამუშავების სიჩქარით, გაჩერებებით და სხვადასხვა წელს წყალსაცავში მინიმალური დონის სხვადასხვაობით. აღნიშნული ჰისტერეზისის მრუდები შეიცავენ ინფორმაციას მთელი სისტემის (კაშხალი-ფუძე) დრეკადობის ხასიათზე (ნახ.8). ჰუკის სხეულში ჰისტერეზისის ადგილი არ აქვს. სხეულში ბზარების არსებობა იწვევს წრფივობიდან გადახრას (მეზოდრეკადობის თეორია), რაც პრინციპში კაშხლის მდგომარეობის დიაგნოსტიკის საშუალებას იძლევა.

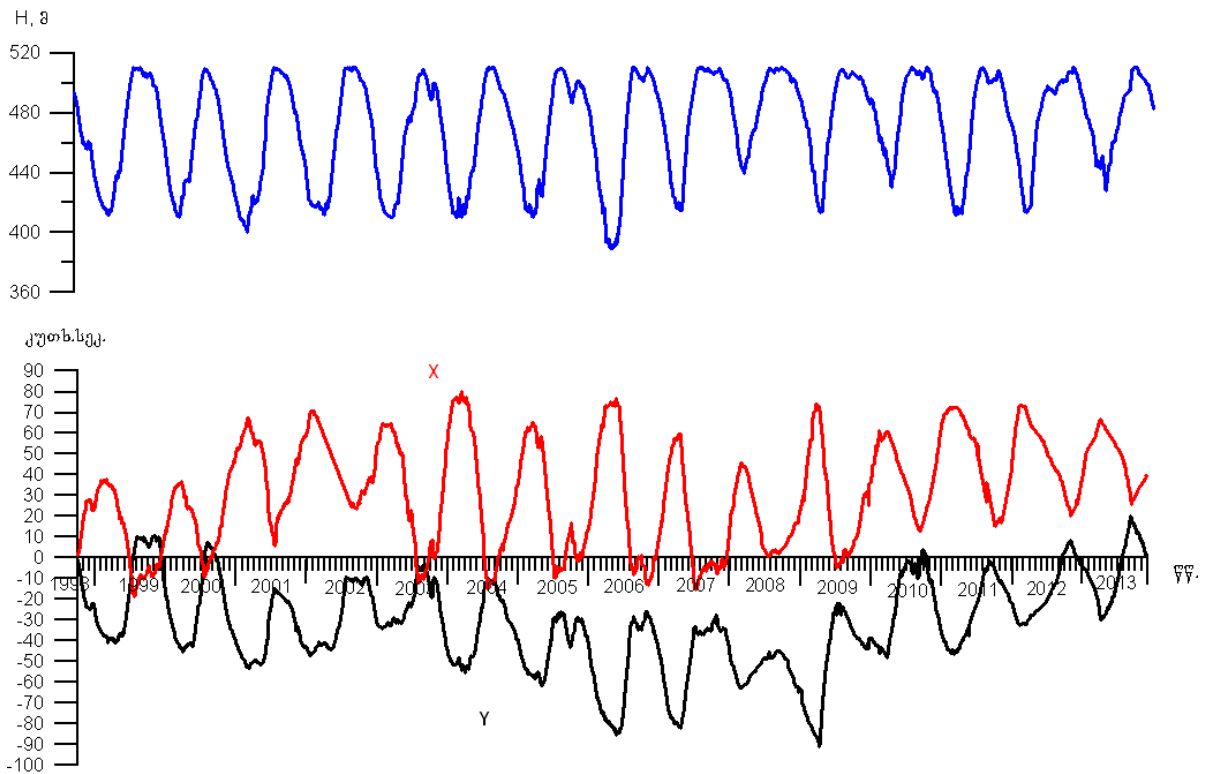
შემდეგ ნახაზზე წარმოდგენილია ენგურის კაშხლის დახრების მიმდინარეობა მე-12 სექციის, 402მ ნიშნულებზე. 2007 წლის იანვრიდან 2013 წლის ბოლომდე (ნახ.9). ნახაზზე წარმოდგენილია ამავე პერიოდში წყალსაცავში წყლის დონის ცვალებადობის გრაფიკი.

ენგურჰესის თაღოვანი კაშხლის დახრების ცვალებადობა წყალსაცავის რეგულირებასა და კაშხლის ტემპერატურის ცვლილებასთან დამოკიდებულებით - აქ განხილულია თაღოვანი კაშხლის დეფორმაციული მდგომარეობის დროითი ანალიზი დახრისმზომებისა და შვეულთა მონაცემების მიხედვით. ანალიზისათვის შერჩეული იქნა კაშხლის მე-12 სექციის 402მ ნიშნული, სადაც 1998 წლის ოქტომბრიდან დაყენებულია

მაღალი სიზუსტის ორკორდინატიანი ამერიკული Applied Geomechanics ფორმის დახრისმზომი. შესაბამისად, დღეისათვის ამ პუნქტზე სხვებთან შედარებით უფრო მეტი ინფორმაციაა დაგროვილი.



ნახ.8 კაშხლის მე-12 სექციის 402მ ნიშნულის დახრები და ფუძის მიმართ გადაადგილებების ვექტორული დიაგრამა წყალსაცავში წყლის დონის ცვლილების გრაფიკთან ერთად 1998წ ოქტომბრიდან 2011წ აგვისტომდე.



ნახ.9 ენგურის კაშხლის დახრების მიმდინარეობა 1988 წლის ოქტომბრიდან 2013 წლის ბოლომდე მე-12 სექციის 402 მ ნიშნულზე კაშხლის ღერძის (X) და მის მართობულ (Y) მიმართულებით, წყალსაცავში წყლის დონის ცვალებადობასთან ერთად

ჩვენ შევეცადეთ დახრისმზომების თითოეული პუნქტისათვის მრავალწლიანი დაკვირვებების შედეგად გამოგვეთვალა კაშხლის დახრების საშუალო მნიშვნელობები წყალსაცავში წყლის მაქსიმალური 510 მ დონის დროს და შეგვედარებინა ის შვეულებით მიღებულ მნიშვნელობებთან და თეორიული გათვლებით მიღებულ მნიშვნელობებთან, რომლებიც კრიტიკულადაა მიღებული. ეს მასალა მოცემულია ცხრილ 1-ში. მასალების შედარებიდან ჩანს, რომ დახრისმზომებით მიღებული მნიშვნელობები კარგად ეთანადება შვეულებით მიღებულ მონაცემებს. უმრავლეს შემთხვევაში ისინი გაცილებით ნაკლებია კრიტიკულად მიჩნეულ თეორიულ მნიშვნელობებთან, რაც ძალიან კარგია. მაგრამ 475მ ნიშნულზე როგორც მე-12, ისე 26-ე სექციებში (სამწუხაროდ მე 18 სექციის 475მ ნიშნულზე დაკვირვების პუნქტი არ გვაქვს). თეორიული მნიშვნელობები გაცილებით ნაკლებია ვიდრე დაბალ ჰორიზონტებზე, რაც ჩვენში ეჭვს

ბადებს. ეს თეორიული გათვლები ჩატარებულია გასული საუკუნის 90-იან წლებში და ჩვენი აზრით გადახედვას საჭიროებს.

ცხრილი 1

შვეულების და დახრისმზომების მონაცემთა შედარება წყალსაცავში წყლის მაქსიმალური დონის (510მ) დროს

| ჰორიზონტები | მე-12 | | | მე-18 | | | 26-ე | | |
|-------------|----------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|----------|----------------------|------------------------|----------|
| | შვეულების მონაცემები | დახრისმზომ. მონაცემები | თეორიული | შვეულების მონაცემები | დახრისმზომ. მონაცემები | თეორიული | შვეულების მონაცემები | დახრისმზომ. მონაცემები | თეორიული |
| 360 | 20 ¹⁾ | 11 38''±5.1 | 89 ²⁾ (122)'' | 35 | | 85 | 15 | 14 46''±5.6 | 88 |
| 402 | 40 | 32 63''±4.5 | 59 (112)'' | 60 | 55 70''±3.9 | 55 | 30 | 37 74±4.1 | 58 |
| 475 | 60 | 48 56''±8.7 | 31 (182)'' | 65 | | 25 | 55 | 42 55''±5.5 | 26 |

- 1) შვეულების მონაცემები(მმ) აღებულია ვ.ბრონშტეინის 2008 წ. ანგარიშიდან [3]
- 2) თეორიული მონაცემები (მმ) აღებულია ვ.ბრონშტეინისა და ნ.ემუხვარის შრომიდან [4].
- 3) დახრისმზომების მონაცემები შედარებისათვის კუთხურ სეკუნდებთან ერთად მოცემულია მილიმეტრებშიც.

ენგურის თაღოვანი კაშხლის მარჯვენა ფრთის ქვეშ გამავალ რღვევაზე დაყენებული უკუშვეულებისა და დეფორმოგრაფის მონაცემების ერთობლივი ანალიზი - ენგურჰესის სათავე ნაგებობის ტერიტორიაზე ძირითად ტექტონიკურ რღვევას წარმოადგენს ნასხლეტ-ნაწევის ტიპის ინგირიშის რღვევა.

კაშხლის მარჯვენა ფრთის 400მ. ნიშნულზე გამომავალ რღვევაზე 2000-2001წ. დაყენებულ იქნა უკუშვეულები გარე A ბლოკზე SGS-13 და შიგა B ბლოკზე SGS-14. ორივე შვეული ბლოკების მოძრაობებს აფიქსირებენ როგორც რღვევის გავრცელების მიმართულებით (X მდგენელი), ისე მის მართობულ სიბრტყეში (მდგენელი).

განვიხილოთ რიცხვითი მნიშვნელობები, რომელიც წარმოადგენილია ცხრილ 2-ში, სადაც მოცემულია ამ მოძრაობის ფარდობითი მნიშვნელობები მილიმეტრებში 2001-2013 წლების განმავლობაში. მოცემულ ცხრილში A და B ბლოკების მოძრაობების უკეთ შედარებისათვის SGS-13 და SGS-14-ის X

და Y მდგენელების მნიშვნელობები, როგორც ეს გრაფიკებზეა, ცალ-ცალკე არიან წარმოდგენილი.

ცხრილი 2

2000-2013 წლებში წყალსაცავის დამუშავება-შევსების დროს A და B ბლოკების გადახრები ზედა და ქვედა ბიეფისაკენ, მარჯვენა და მარცხენა ნაპირებისაკენ

| წლები | წყალსაცავის დამუშავება-შევსება | ბლოკი A SGS13 (X) | | ბლოკი B SGS14 (X) | | ბლოკი A SGS 13 (Y) | | ბლოკი B SGS 14 (Y) | |
|-----------|--------------------------------|----------------------|-------|----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| | | ზედა | ქვედა | ზედა | ქვედა | მარჯ. | მარც. | მარჯ. | მარც. |
| | | ბიეფი | | ბიეფი | | ნაპირი | | ნაპირი | |
| 2001-2002 | max-min-max | 1.40* | 1.15 | 1.47 | 1.33 | 0.60 | 1.16 | 1.03 | 1.38 |
| 2002-2003 | “ | 0.85 | 1.15 | 2.03 | 1.96 | 1.00 | 0.90 | 1.27 | 0.97 |
| 2003-2004 | “ | 1.15 | 1.20 | 1.68 | 1.68 | 0.72 | 1.02 | 0.98 | 1.58 |
| 2004-2005 | “ | 1.15 | 1.00 | 2.17 | 2.28 | 0.80 | 0.94 | 1.25 | 1.10 |
| 2005-2006 | “ | 0.90 | 0.90 | 1.96 | 1.75 | 1.24 | 1.02 | 1.19 | 1.14 |
| 2006-2007 | “ | 1.20 | 1.80 | 1.60 | 1.33 | 0.72 | 0.66 | 1.19 | 1.01 |
| 2007-2008 | “ | 1.00 | 1.30 | 1.54 | 1.61 | 0.56 | 1.12 | 1.01 | 1.01 |
| 2008-2009 | “ | 1.15 | 1.00 | 1.61 | 2.10 | 1.02 | 1.02 | 0.55 | 1.14 |
| 2009-2010 | “ | 0.90 | 1.00 | 1.89 | 1.68 | 1.02 | 0.96 | 0.81 | 0.86 |
| 2010-2011 | “ | 1.30 | 1.05 | 2.10 | 2.10 | 1.12 | 0.94 | 1.58 | 1.23 |
| 2011-2012 | “ | 1.00 | 1.30 | 2.03 | 1.68 | 0.72 | 0.78 | 0.70 | 0.61 |
| 2012-2013 | “ | 1.25 | 1.30 | 1.55 | 1.65 | 0.80 | 0.60 | 0.50 | 0.60 |
| 2001-2013 | saSualo | 1.10 | 1.18 | 1.80 | 1.76 | 0.86 | 0.93 | 1.00 | 1.05 |

თავი IV. ჟინვალჰესის ქვანაყარი მიწის კაშხლის კვლევა

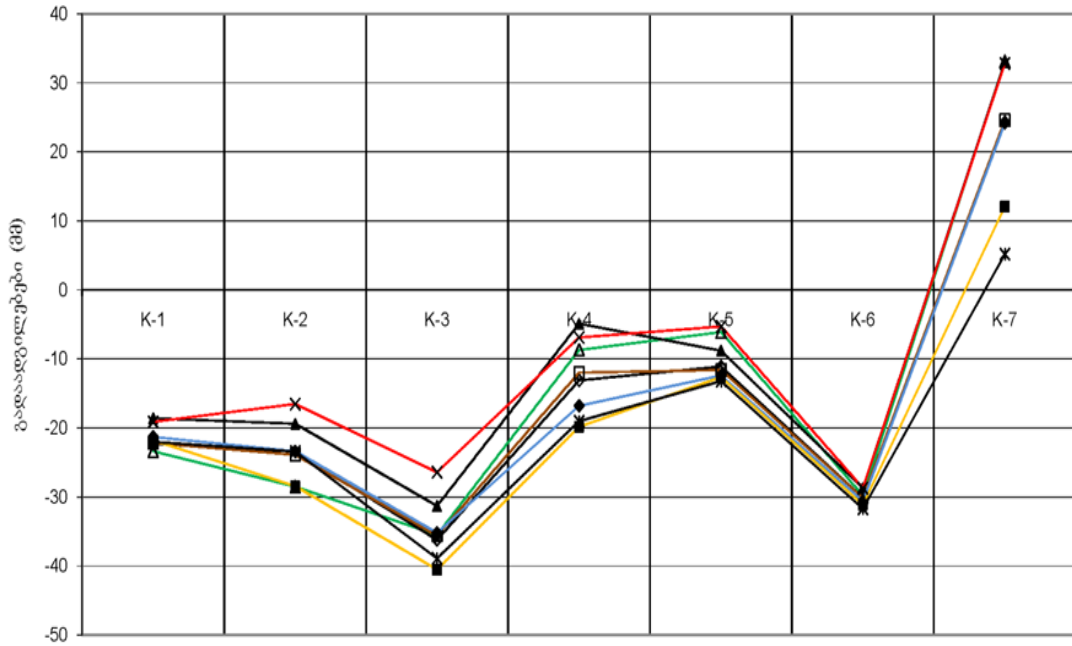
გეოდეზიური მეთოდებით

4.1 კაშხალზე გეოდეზიური ქსელის განლაგების სქემა და

მიღებული მასალის ანალიზი

კაშხლის გეგმური გადაადგილების დასადგენად, თავსა და ბოლოში აგებულია ორი სპეციალური კონსტრუქციის მქონე ბეტონის გეოდეზიური ნიშნები (პI და პII). აღნიშნული საყრდენი პუნქტების გეგმური მდგრადობა მოწმდება საგვირაბო ტრიანგულაციის პუნქტებიდან. კაშხლის თხემზე ჩატარებული გაზომვების შედეგების მიხედვით (ნახ.10) აღინიშნება ჰორიზონტალური გადაადგილებების ცვილებების სიდიდეები ± 40 მმ ფარგლებში.

კაშხლის თხემზე ჩატარებული გაზომვების შედეგების მიხედვით აღინიშნება ჯდომების სიდიდეების ცვლილება - 2.5-10სმ ფარგლებში.



ნახ.10 კაშხლის თხემის კორიზონტალური გადაადგილებები

ბოლო წლებში ჩატარებული გეოდეზიური გაზომვების მიხედვით სიღრმული წყალმიმღების და სიღრმული წყალსაგდების ნაგებობებზე, მომდევნო ციკლების ჩატარების პერიოდში წყალსაცავში წყლის დონის ცვლილებასა და სხვა ტიპის ზემოქმედების შედეგად ჯდენების ცვლილებების სიდიდე პრაქტიკულად არ აღემატება გაზომვების სიზუსტეს.

აგრეთვე აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ჟინვალის კაშხლის დეფორმაციულ პროცესების კვლევა გეოდეზიური მეთოდებით ხორციელდება წელიწადში შვიდჯერ (7 ციკლი).

დასკვნა

საქართველოში ჰიდროტექნიკურ მშენებლობის პრაქტიკაში პირველად ენგურჰესის ობიექტზე, მისი მშენებლობის პერიოდში ჩატარდა და დღესაც ტარდება გეოდინამიკური მონიტორინგის ფართო კომპლექსი. მრავალწლიანი დაკვირვებების შედეგად მიღებული მასალის ანალიზი საშუალებას გვაძლევს გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები.

1. ენგურჰესის სათაო ნაგებობის ტერიტორიაზე ჩატარებული გეოფიზიკური, გეოდეზიური და შვეულების მონაცემების საფუძველზე დადგენილია თანამედროვე ტექტონიკური მოძრაობების ფონური მნიშვნელობები და მათი დროში ცვალებადობის ხასიათი. კაშხლის მშენებლობამდე და მშენებლობის პერიოდში დედამიწის ზედაპირის დახრები და გადაადგილებები პირველ ერთეულ მმ არ აღემატებოდა. ზედაპირის დახრების დომინირებული მიმართულება სამხრეთ-აღმოსავლეთითაა მიმართული, როგორც დიდი კავკასიონის სამხრეთი ფერდი.
2. მარჯვენა სანაპიროს რღვევის ზონაში წყალსაცავის ავსებამდე ჩატარებული დახრისმზომითი და დეფორმოგრაფიული დაკვირვებებით კაშხლის ფუძეში არსებულ სტრუქტურულ ბლოკებს შორის მემკვიდრეობითი დიფერენცირებული ტექტონიკური მოძრაობები არ გამოვლენილა. ამ მაღალი სიზუსტის ინსტრუმენტული დაკვირვებებით დამტკიცდა, ადრე გეოლოგიური დაკვირვებებით გაკეთებული დასკვნა, რღვევაზე მემკვიდრეობითი და აქტიური ტექტონიკური მოძრაობების არარსებობის თაობაზე. რღვევის ზონაში გამოვლენილ გადაადგილებებსა და მიკროდეფორმაციებს ბლოკებს შორის დაახლოებისა და დაცილების მონაცვლეობის ხასიათი აქვს, დაცილების პროცესის სიჭარბით იმ დროს, როცა ბლოკებს შორის გადაადგილებების ფონური მნიშვნელობები (წწდ ციკლურ ცვლებადობამდე) წელიწადში 60-70 მკმ არ აღემატება.
3. წყალსაცავის მაქსიმუმამდე შევსების (1987წ.) და შემდგომ შევსება დამუშავების ციკლოზობის მიმდინარეობისას რღვევაზე შეინიშნება

დეფორმაციული პროცესების გააქტიურება. უკანასკნელი 13 წლის მანძილზე (2000-2013წწ) ტექტონიკურ რღვევაზე გაჭიმვითმა მოძრაობებმა 2,46მმ შეადგინა, რაც ჩვენი აზრით ანგარიშგასაწევი სიდიდეა. ამ სიდიდის შემცირება შეიძლება, თუ შევამცირებთ დიდ განსხვავებას წყალსაცავის წყლით ავსებისა და დამუშავების დროებს შორის და დონეთა ვარდნას 510 მ-დან 440 მ-მდე ისე, რომ ელექტროენერჯის გამომუშავება არ შემცირდეს.

4. გეოდეზიური მონაცემებით კაშხლის ყველა ჰორიზონტზე იკვეთება ვერტიკალური გადაადგილებების საერთო კანონზომიერებები. წწდ აწევისას მარკები განიცდიან ვერტიკალურ გადაადგილებას, მასთან ყველაზე მეტად ეს შეინიშნება ცენტრალურ კვეთაში (თხემზე 19მმ-მდე, მე-5 და მე-3 ჰორიზონტებზე 8მმ-მდე. სანაპიროს ბურჯებზე (მარკები 320-411) ჯდომა აღწევს 5-7 მმ. კაშხლის ტანსა და ფუძეში ნარჩენის ჯდომები, როგორც თხემზე ისე მე-5 და მე-3 ჰორიზონტებზე არ შეიმჩნევა. სავარაუდოა, ისინი გაზომვის ცდომილების ფარგლებში მერყეობენ. წწდ დაშვებისას მიმდინარეობს მარკების დაწევა, აღნიშნული სურათი ტიპურია და შეიძლება ითქვას, ასახავს ამ ტიპის კაშხლების მუშაობას წწდ ცვლილებების დროს.
5. შვეულების მონაცემების მიხედვით ჰორიზონტალურ სიბრტყეში კაშხლის გადაადგილება თანხვედრაშია წწდ ცვალებადობასთან. აქ მაქსიმალური გადაადგილებები მოდის არა კაშხლის თხემზე, არამედ კაშხლის ცენტრალური ნაწილის 450-475მ ნიშნულზე, თუმცა უნდა ითქვას, რომ კაშხლის ტანის დეფორმაცია ჰორიზონტალურ სიბრტყეში არასიმეტრიულია, მარჯვენა ნაპირი მეტად მგრძნობიარეა, ვიდრე მარცხენა.
6. მარჯვენა სანაპიროს რღვევაზე ჩატარებულმა უკუშვეულების მონაცემების ანალიზმა აჩვენა, რომ აუცილებლად უნდა მოეწყოს ექსტენზომეტრული დაკვირვებები რღვევის გავრცელების გასწვრივ, ისე

- როგორც ეს ტარდება რღვევის გავრცელების მართობულად (დეფორმოგრაფიული დაკვირვება).
7. აუცილებელია გეოდეზიური დაკვირვებები წელიწადში ჩატარდეს სულ ცოტა ორჯერ, წწდ მაქსიმუმზე და მინიმუმზე, რადგან უკანასკნელ წლებში მიმდინარე პროცესები საშუალებას არ იძლევა სრულფასოვნად შევაფასოთ მიმდინარე დეფორმაციული პროცესები.
 8. დღემდე ჩატარებული გეოდეზიური გაზომვების შედეგად შეიძლება ითქვას, რომ კაშხლის თხემის, ზედაპირული და სიღრმული წყალსაგდებებისა, წყალმიმღების ჯდენებისა და მიწის თხემის ჰორიზონტალური გადაადგილებების სიდიდეები არ აღემატება წინა წლებში დაფიქსირებულ მნიშვნელობებს. დღემდე ანომალური დახრები და დეფორმაციები არ დაფიქსირებულა. ცვლილებები, რომლებიც გამოწვეულია გარე დატვირთვებისა და ზემოქმედების შედეგად ძირითადად შექცევადია და შეესაბამება წინა წლებში დადგენილ კანონზომიერებებს.
 9. დასასრულ, თუ შევაჯამებთ ენგურჰესზე ყველა ზემოაღნიშნული მეთოდებით და აპარატურით შესრულებული გამოკვლევების შედეგებს, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ დღემდე ჩატარებული დაკვირვებების შედეგად, როგორც კაშხლის ფუძეში, ისე მის ტანში გამოვლენილი დეფორმაციული პროცესები და გადაადგილებები ძირითადად შექცევადია, ანომალური გადახრები არ გამოვლენილა და კაშხლის ქცევის დინამიკა ნორმალურად შეიძლება ჩაითვალოს.

ნაშრომის აპრობაცია. სამუშაოს ძირითადი კვლევები და შედეგები მოხსენებულ იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა მე-80 ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე, კოლოკვიუმებსა და თემატურ სემინარებზე.

გამოქვეყნებული პუბლიკაციები

1. **Тевзадзе М.Н., Пиралишвили С.Х., Садунишвили М.А., Папава Т.Г., Папава Д.Г.** Уравнение связи отметок четырёх точек, движущихся как одно целое. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъёмка. №6 2011г. ст. 50-53
2. **მესხი მ., აბაშიძე ვ., პაპავა თ. და სხვა,** ენგურჰესის კაშხლის დინამიკური პროცესის მოდელირება გადამცემი ფუნქციით. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, შრომები №1(487), 2013. გვ. 51-56
3. **მესხი მ., აბაშიძე ვ., პაპავა თ. და სხვა,** ენგურჰესის წყალსაცავში წყლის დონისა და კაშხლის დახრმზომის მონაცემთა დროითი რიგების ანალიზი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, შრომები №1(487), 2013. გვ. 43-51
4. **აბაშიძე ვ., პაპავა თ. და სხვა,** ენგურჰესის თაღოვანი კაშხლის დახრების ცვალებადობა წყალსაცავის რეგულირებისა და კაშხლის ტემპერატურის ცვლილებასთან დაკავშირებით. სამეცნ.-ტექნ. ჟურნალი „ენერჯია“ №2 (66), 2013. გვ. 70-75
5. **პაპავა თ.** მსხვილ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებზე მიმდინარე დეფორმაციული პროცესების კვლევა გეოდეზიური და გეოფიზიკური მეთოდებით (ენგურის და ჟინვალის ჰესების მაგალითზე). სტუ-ს სტუდენტთა მე-80 ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის თეზისების კრებული, 2012წ., გვ.65

Abstract

Research of deformation processes of Enguri and Zhinvali large hydratechnical structures based on surveying and geophysical data

The safe and smooth operation of the strategic modern large-scale engineer constructions, such a, hydropower stations, thermoelectric and nuclear power stations, high-rise buildings, bridges, large tunnels, etc, depends on their steadiness.

Being a high risky construction, Enguri hydro power electric station is under control starting from its construction through the whole period of operation.

enguri complex consists of 271.5 m height arc dam near village Jvari, $1,1 \times 10^9$ MT water reservoir, 15 km derivation tunnel cut in the mountains and underground hydro power station with five hydroelectric generators in village Saberio. There are also 4 follen dam. The total capacity of Enguri hydro electric power station is 1640 thousand kW.

Enguri hydro electric power station construction is unique one as it was built in the complex geological and seismically active region. Therefore, during its designing and construction various geodesy, geophysics and other observations were carried out. Most of these observations are still ongoing.

The present paper contains instrumental observation materials of Enguri dam and surrounding area carried out during many years. The plumb and reverse plumbs materials were obtained starting from their mounting until present. Also materials of geodesy leveling, tiltmeter and dephomography.

from the geology point of view one of the main tectonic element of Enguri power plant region is up throw fault ingirish fracture, which is laid in the reservoir base to the west from the dam and has sub meridian spread. The deviation of this fracture is the rupture of the same type that crosses right base of the dam. Displacements are spread almost parallel to river Enguri and falls to the right bank slope at 75-80° angle.

According to the tiltmeter and dephomography observations carried out on the dam base before flooding the reservoir no deferential movements were detected between the structural blocks of the fracture. Movements and deformations between the blocks have closing and separation alternate character, however mostly separation.

Geodesy high-raise network is presented by two independent networks. At 511m high-raise and 300m low marks of upper reach and also in all six horizons in the dam.

The rocky layers of lower reach became significantly active after reservoir formation. Naturally, by the impact of water quantity the descents in the lower reach and base yielding were expected. However it did not happen, but benchmarks and markers started to arise. This was especially well seen at the distance of 300 m from the dam. The relative raise of benchmarks was +7.2 mm.

The certain regularity is seen in the movements of all six horizons of the dam. The most noticeable are 3rd, 4th and 5th horizons where there is rising in the central part of the dam. It is lowered when approaching the rock and then rises again.

The reason of such movements of markers in the central part of the dam is the increased pressure resulted from flooding the reservoir. The dam and base residue convergences are not noticed; supposedly, they are within the measurement accuracy limits.

According to the materials obtained at tiltmeter stations, the dam pitches at the various sections and levels are in accordance with reservoir water regulation. The dam is moving as a single whole and this movement is fully corresponds to water regulation speed, its slowing and standing processes.

Based on these data it could be noted that the dam movements and deformation processes are mainly reversible.

According to plumb indices, the character of dam deformation movements gradually becomes flexible and corresponds to cycling changes of reservoir water level. This regularity is the same from the 6th horizon including the crest.

Finally, taking into consideration all observation results carried out by means of the above-mentioned methods and equipment, it could be said that the deformation processes and movements of the dam and its base are mainly reversible, no abnormal deviations were detected during these period and the dynamics of the dam behavior can be considered as normal.