

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ირინა ხუბულავა

მდინარე გლდანისხევის წყალშემკრებ აუზში ეროზიული და მეწყრული
გენეზისის ღვარცოფული მოვლენების შესწავლა და მათთან ბრძოლის
თანამედროვე ღონისძიებების შემუშავება

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა სასოფლო-სამეურნეო მელიორაცია
შიფრი 0415

თბილისი
2018 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტის
აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის
აგროინჟინერიის დეპარტამენტში

თანახელმძღვანელი: აკადემიური დოქტორი გოგა ჩახაია
აკადემიური დოქტორი ზურაბ ლობჯანიძე

რეცენზენტი: ტ. მ. დ., პროფესორი დავით გუბელაძე
რეცენზენტი: აკადემიური დოქტორი გიორგი ხერხეულიძე

დაცვა შედგება 2018 წლის 10 ივლისს, 14 საათზე საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის
ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე,

კორპუსი XI, აუდიტორია 212
მისამართი: 0192, თბილისი, გურამიშვილის გამზ. № 17.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი: ასოცირებული პროფესორი მაია კილაძე

შესავალი

ნაშრომის საერთო დახასიათება

თემის აქტუალობა. ბუნებრივი გარემოს დაცვა საშიში გეოლოგიური, მეტეოროლოგიური და ბუნების სხვა უარყოფითი მოვლენებისგან წარმოადგენს თანამედროვე საზოგადოების გადაუდებელ ამოცანას. აღსანიშნავია, რომ უკანასკნელ პერიოდში, მსოფლიოში სტიქიური მოვლენები იმდენად გააქტიურდა, რომ მათ წინააღმდეგ ბრძოლა კიდევ უფრო პრიორიტეტული გახდა კაცობრიობისათვის.

გამონაკლისი არც საქართველოა, რადგან საქართველოს ტერიტორიაზე გავრცელებული ბუნებრივი კატასტროფების სახეობიდან (მიწისძვრა, ტორნადო, თოვლის ზვავი, წყალდიდობა, ღვარცოფი) ძლიერ გააქტიურდა ღვარცოფული მოვლენები, რომელსაც ადგილი აქვს თითქმის ყველა მთისა და მთისწინა რეგიონში, სადაც ძირითადად ფორმირდება ეროზიული და მეწყრული გენეზისის ღვარცოფული მოვლენები.

ეს პრობლემა განსაკუთრებულ აქტუალობას იძენს გაზაფხულ-ზაფხულის პერიოდში, როდესაც ხშირი წვიმები და თოვლის ინტენსიური დნობა მთიან რეგიონებში ქმნიან ღვარცოფული ნაკადების წარმოშობისათვის ხელსაყრელ პირობებს. ღვარცოფული ნაკადების წარმოშობის მოულოდნელობისა და მოქმედების ხანმოკლეობის და აგრეთვე მათთვის დამახასიათებელი დიდი დამანგრეველი ძალის გამოვლინების გამო, მათ წინააღმდეგ ბრძოლა ხშირად სცილდება მატერიალურ მხარეს და მოიცავს სოციალურ სფეროსაც, ვინაიდან ხშირად იქმნება სიტუაცია, როდესაც აუცილებელი ხდება მოსახლეობის არა დროებითი ევაკუაცია, არამედ ხანგრძლივი ვადით, სხვა ნაკლებად საშიშ ადგილებში მათი ჩასახლება.

საქართველოში მიწის სავარგულების 65% ვერტიკალურ ზონალურ რთულ რელიეფშია განლაგებული. აქ მიწათმოქმედების არასწორი წარმოება

მნიშვნელოვნად განაპირობებს ეროზიული პროცესების და ღვარცოფული მოვლენების განვითარებას. ამავე ზონაში მდებარეობს 700 ათასი ჰა და მეტი სათიბ-საძოვრები, რომელთა რაციონალური გამოყენება მეცხოველეობის განვითარების დიდი რეზერვია.

არსებულის შენარჩუნება და ახალი ფართობების ათვისება მთისა და მთისწინა ზონებში მოითხოვს ეროზიული და მეწყრული გენეზისის ღვარცოფული მოვლენებისგან მიწის რესურსების დაცვის თანამედროვე ღონისძიებების გატარებას, გარემოს ეკოლოგიური მდგრადობის შენარჩუნების გათვალისწინებით, რათა შესაძლებელი იყოს მათი პოტენციალის სრულყოფილად გამოყენება, ქვეყნის მცირემიწიანობის პირობებში. ეს მოგვცემს იმის საშუალებას, რომ დიდი კაპიტალური დანახარჯების გარეშე ათვისებულ იქნას ახალი სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები და გადიდდეს სოფლის მეურნეობის პროდუქციის წარმოება.

საქართველოში ეროზირებულია სახნავების 30%. ეროზიული პროცესებით დაზიანებული მიწების ფართობი მზარდია. შექმნილი სიტუაციიდან გამომდინარე, საჭიროა დროულად და კვალიფიციურად განხორციელდეს ეროზიის საწინააღმდეგო პრევენციული ღონისძიებები ამ პროცესების მინიმიზაციის მიზნით. პრევენციული ღონისძიებები გამოიყენება საფრთხისა და მასთან დაკავშირებული კატასტროფების უარყოფითი შედეგების თავიდან აცილების მიზნით. შეუძლებელია სტიქიური ბუნებრივი მოვლენების უმეტესობის მოქმედების სრული შეჩერება. თუმცა შეიძლება მათ მიერ გამოწვეული ზარალის შემცირება. პრევენციული ღონისძიებების მეშვეობით შესაძლებელია ზომების მიღებას იმ მიზნით, რომ ესა თუ ის სტიქიური მოვლენა არ იქცეს კატასტროფად. საქართველოს ტერიტორიაზე საშიშ გეოლოგიურ პროცესებს შორის მეწყრულ-გრავიტაციული მოვლენებით გამოწვეულ შედეგებს განსაკუთრებული ადგილი უკავია ქვეყნის ეკონომიკაში. საქართველოში ფიქსირებული მეწყრების 70% სამეურნეო-საინჟინრო ათვისების ზონებშია

მოქცეული. მათგან სხვადასხვა ხარისხით დაზიანებულია 1,5 მილიონ ჰექტარზე მეტი მიწა. მეწყერები საშიშროების ზონაში იმყოფება 2000-მდე დასახლებული პუნქტი, 200 ათასზე მეტი მოსახლით. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, საჭიროა აქტიურად განხორციელდეს ან დაინერგოს მეწყერსაწინააღმდეგო საინჟინრო და ბიოსაინჟინრო თანამედროვე, რესურსმზოგი და ეფექტური ღონისძიებები.

ბოლო ორი საუკუნის მანძილზე, საქართველოს ღვარცოფული ბუნების მქონე მდინარეთა აუზებში დაფიქსირებულია 800-მდე ექსტრემალური გამოვლინება; დაღუპულია ასეულობით ადამიანი.

ზემოაღნიშნული ბუნებრივი უახლოესი პერიოდის გამოვლინებას წარმოადგენს ქ. თბილისში 2015 წლის 13 ივნისში მდინარე ვერეს ხეობაში მომხდარი კატასტროფა, რომელიც გამოიწვია დედაქალაქის პარალიზება, იყო ადამიანთა მსხვერპლი. აღნიშნული კატასტროფის გამომწვევ ძირითად მიზეზთან, წყალმოვარდნასთან ერთად დიდი როლი შეასრულა მდინარე ვერეს მარჯვენა შენაკადში ჯოხანის ხევში ფორმირებულმა მეწყერული გენეზისის ღვარცოფულმა მოვლენებმა, რომელსაც გარკვეული პერიოდი გადაკეტა მდინარე ვერეს კალაპოტი და ხელი შეუწყო მდინარე ვერეს წყლის ნაკადში დიდი ოდენობით მყარი მასის და ხე-ტყის მოხვედრას, რამაც განაპირობა ქ. თბილისში არსებული წყალგამტარი გვირაბების ფუნქციონირების შეზღუდვა და საბოლოოდ კატასტროფული შედეგების მიღება.

მდინარე ვერეს შემდეგ ქ. თბილისის გარშემო მოწყვლადი წყალშემკრები აუზებიდან ყურადსაღებია მდინარე გლდანისხევი, სადაც ინტენსიურად ფორმირდება წყალდიდობა და ღვარცოფული მოვლენები, რაც დიდ საფრთხეს უქმნის სოფ. გლდანის და გლდანულას დასახლებას.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, საჭიროა ბუნების სტიქიური მოვლენების შესწავლის თანამედროვე მეთოდების და ბუნების დაგრადაციული პროცესების საწინააღმდეგო საიმედო, რესურსმზოგი და ეფექტური თანამედროვე

ლონისძიებების დამუშავება, სტიქიური მოვლენების ეფექტური მართვის მექანიზმის შესამუშავებლად.

სამუშაოს მიზანი. სადისერტაციო ნაშრომის მიზანია - მდინარე გლდანისხევის წყალშემკრებ აუზში მიმდინარე ეროზიული და მეწყრული გენეზისის ღვარცოფული მოვლენების შესწავლა და მათი რეგულირებისათვის თანამედროვე ღონისძიებების შემუშავება; საკვლევი ფერდობის შემადგენელი ნიადაგ-გრუნტის ფიზიკურ-მექანიკური და ქიმიური მახასიათებლების დადგენა, ასევე მისი ეროზიულობის შეფასება; საველე ექსპერიმენტით გეოხალიჩა ლუფაერომატის ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგო ეფექტურობის დადგენა; უმცირეს კვადრატთა მეთოდით დამუშავების შედეგად საკონტროლო უბანზე მოსულ ნალექების ინტენსიობასა და მყარ ჩამონადენს შორის დამოკიდებულების დადგენა; საიმედოობის თეორიის გამოყენების საფუძველზე, საველე ინტეგრირებული პოლიგონის საცდელ უბნებზე ამოსული ბალახოვანი მცენარეების ზრდის საშუალო დინამიკის ვალიდურობის დადგენა; მდინარე გლდანისხევის წყალშემკრებ აუზში მოსალოდნელი ღვარცოფის სხვადასხვა პროცენტული უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯების პროგნოზირება; ბმული ღვარცოფის მუდმივი ხარჯით მოძრაობის დროს წარმოქმნილი უწყვეტი ტალღის სიჩქარის მხედველობაში მიღებით ღვარცოფის დამრტყმელი ძალის საანგარიშო დამოკიდებულების კორექტირება დაზუსტება; გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ახალი კონსტრუქციის შემუშავება და მოსალოდნელი ღვარცოფის მიმართ მისი ეფექტურობის მახასიათებლების განსაზღვრა; გეოხალიჩა ლუფაერომატის საშუალებით მოწყვლადი ფერდობის აღდგენის შემდგომ ეკონომიკური ეფექტის დადგენა.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა მდინარე გლდანისხევის წყალშემკრებ აუზში ეროზიული და მეწყრული გენეზისის ღვარცოფული მოვლენები. ჩატარებული თეორიული, საველე და ლაბორატორიული კვლევების დროს გამოყენებულ იქნა ჰიდრაულიკაში,

საინჟინრო გეოლოგიასა და საინჟინრო ეკოლოგიაში საყოველთაოდ აღიარებული სამეცნიერო-ტექნიკური მიდგომები და მეთოდები.

ნაშრომის ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე:

- ლაბორატორიულ პირობებში დადგენილია საკვლევი ფერდობის შემადგენელი ნიადაგ-გრუნტის ფიზიკურ-მექანიკური და ქიმიური მახასიათებლები;
- საველე პირობებში განსაზღვრულია მდინარე გლდანისხევის ხეობაში მოწყვლად ფერდობზე მოწყობილი, საველე ინტეგრირებული პოლიგონის საკონტროლო უბანზე მიმდინარე ნიადაგ-გრუნტის ეროზიული პროცესების რაოდენობრივი მახასიათებლები;
- საველე ექსპერიმენტით, საკონტროლო და საცდელი უბნებიდან ფორმირებული მყარი ჩამონადენების ერთმანეთთან შედარების გზით დადგენილია გეოხალიჩა ლუფაერომატის ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგო ეფექტურობა;
- საველე ექსპერიმენტული მონაცემების უმცირეს კვადრატთა მეთოდით დამუშავების შედეგად დადგენილია, საველე პოლიგონის საკონტროლო უბანზე მოსულ ნალექების ინტენსიობასა და მყარ ჩამონადენს შორის წრფივი დამოკიდებულება;
- საველე ექსპერიმენტის მონაცემების მიხედვით დადგენილი იქნა, ნალექების ინტენსიობასა და საკონტროლო უბანზე ფორმირებულ მყარ ჩამონადენს შორის კორელაციური კავშირი;
- საიმედოობის თეორიის გამოყენების საფუძველზე დადგენილია, საველე ინტეგრირებული პოლიგონის საცდელ უბნებზე ამოსული ბალახოვანი მცენარეების ზრდის საშუალო დინამიკის ვალიდურობა (51-52%);
- კომპიუტერული პროგრამის გამოყენების საფუძველზე განხორციელდა საველე პოლიგონის საკონტროლო უბანზე განვითარებული ნაღვარევის და

საცდელ უბნებზე აღმოცენებული ბალახოვანი მცენარეების ზრდის დინამიკის კომპიუტერული მოდელირება;

- საველე და ლაბორატორიულ პირობებში განხორციელებული კვლევების საფუძველზე დადგინდა მდინარე გლდანისხევის ხეობაში არსებული მეწყრული ფერდობის საინჟინრო გეოლოგიური პარამეტრები;
- არაერთგვაროვანი ცოცვის სიბრტყის მქონე მეწყრული სხეულის წონასწორობის სხვადასხვა პირობების გათვალისწინებით, დადგინდა მამკოდას დასახლების მიმდებარედ არსებული მეწყრული ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი;
- საკვლევი ფერდობისთვის მიღებული გრუნტის ფენის კრიტიკული სიღრმის საანგარიშო დამოკიდებულებების გათვალისწინებით განხორციელდა მეწყრული ფერდობის მდგრადობის რღვევის კრიტიკული სიღრმის პროგნოზი სველი და მშრალი გრუნტის შემთხვევაში;
- ბმული ღვარცოფის მუდმივი ხარჯით მოძრაობის დროს წარმოქმნილი უწყვეტი ტალღის სიჩქარის მხედველობაში მიღებით კორექტირებული იქნა ღვარცოფის დამრტყმელი ძალის საანგარიშო დამოკიდებულება;
- შემუშავებული და დაპატენტებულია გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ახალი კონსტრუქცია;
- განსაზღვრულია მდინარე გლდანისხევის წყალშემკრებ აუზში მოსალოდნელი ღვარცოფის მიმართ გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო კონსტრუქციის ეფექტურობის მახასიათებლები (ნაგებობაზე მოქმედი ღვარცოფის დამრტყმელი ძალის საწყისი მნიშვნელობა, გარკვეული დაშვებების ფარგლებში 2÷125-ჯერ კლებულობს);
- განხორციელებული ეკონომიკური გათვლების შედეგად დადგენილია, გეოხალიჩა ლუფაერომატის ეკონომიკური ეფექტი;

- დადგენილია გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობის წლიური ეკონომიკური ეფექტურობა მრუდხაზოვანი ფორმის ტრამპლინის ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობასთან შედარებით.

შედეგების გამოყენების სფერო. ნაშრომში შემუშავებული ცალკეული კონკრეტული ამოცანების შედეგები დიდ დახმარებას გაუწევს გარემოს დაცვაში, საინჟინრო ეკოლოგიაში, ღვარცოფმცოდნეობაში, ჰიდრაულიკაში, და სხვა მომიჯნავე დარგებში მოღვაწე მეცნიერებს სამომავლო კვლევების განხორციელებაში, ასევე პრაქტიკოს ინჟინრებს ეროზიული და მეწყრული გენეზისის ღვარცოფული მოვლენების შესწავლაში და მათთან ბრძოლის ღონისძიებების შემუშავებაში. მიღებული შედეგები საფუძვლად დაედება ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესებისაგან დამცავი ღონისძიებების შემუშავებასთან დაკავშირებულ საინჟინრო ამოცანების ოპტიმალურ გადაწყვეტას.

მიღებული შედეგები საფუძვლად დაედება ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესებისაგან დამცავი ნაგებობების საპროექტო ნორმებს და საინჟინრო ამოცანების ოპტიმალურ გადაწყვეტას.

დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლის, 5 თავისა და ძირითადი დასკვნებისაგან. იგი მოიცავს 160 ნაბეჭდ გვერდს, მათ შორის 14 ნახაზს და 30 ცხრილს; გამოყენებულია 125 დასახელების ლიტერატურა.

დისერტაციის ძირითადი შედეგები თავების მიხედვით

სადისერტაციო ნაშრომის პირველ თავში „სტიქიურ-ეგზოდინამიკური პროცესების შესწავლის და რეგულირების თანამედროვე ასპექტები“ განხილულია ნიადაგის ეროზიული პროცესების, მეწყრული და ღვარცოფული მოვლენების გავრცელების თანამედროვე მდგომარეობა და მოცემულია კვლევის თანამედროვე მეთოდების ანალიზი. შესწავლილია სტიქიურ-ეგზოდინამიკური პროცესების განმაპირობებელი ძირითადი ფაქტორები.

ნიადაგის ეროზიული პროცესები ფართოდ არის გავრცელებული საქართველოში, კერძოდ ხრამებს, ღარტაფებს და სხვა ეროზიულ ფორმებს სასოფლო-სამეურნეო წარმოების ზონის ტერიტორიის 20-25% უჭირავს. კლიმატის ცვლილების და მოსალოდნელი შედეგების მიხედვით, ლანდშაფტების შეცვლის და დეგრადაციის პრობლემა ემუქრება საქართველოს ტერიტორიის თითქმის 3,5%. წყლისმიერი ეროზია დიდი ინტენსიობით მიმდინარეობს და საშიშ მასშტაბებს იღებს საქართველოს ტენიანი სუბტროპიკული და მშრალი ზონების გორაკ-ბორცვიან და მთისწინა ნაწილში. ნიადაგის ეროზიას მნიშვნელოვანწილად ხელს უწყობს ხეობებში წარმოქმნილი ხანძარი, რადგან ნადგურდება ციცაბო ფერდობებზე განფენილი ტყის მასივები, ბიომრავალფეროვნება და ნიადაგის აქტიური ფენა. ეროზიისადმი მდგრადობის უნარი დიდადაა დამოკიდებული ნიადაგის ფიზიკურ-ქიმიურ, წყლოვან-ფიზიკურ მახასიათებლებზე, ნიადაგის მექანიკურ შემადგენლობაზე, ნიადაგის ნაწილაკების შეჭიდულობაზე, წყალგამძლეობაზე, და სხვა. ნიადაგის ეროზიისადმი მდგრადობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ნიადაგში ჰუმუსის რაოდენობასა და შთანთქმის ტევადობაზე. ორგანული ნივთიერებები და კოლოიდური ნაწილაკები ხელს უწყობენ წყალგამძლე აგრეგატებსა და ნიადაგის ნაწილაკებს შორის ურთიერთკავშირს, რაც ამცირებს ეროზიის ინტენსიობის გამოვლინებას.

მეწყრული პროცესის, როგორც სიმძიმის ძალის გამოვლინების, მიზეზები შეიძლება იყოს: ფერდობების კონფიგურაციის შეცვლა, მათი მასის მატება, სეისმური ბიძგები, გამოფიტვა, ქანების განმკვრივება, ფერდობების ძირის ჩამოჭრა, ჰიდროსტატიკური და ჰიდროდინამიკური ძალების მოქმედებით ქანების სიმტკიცის შესუსტება და სხვ. ყველა ამ ცალკეულ ფაქტორს შეუძლია მეწყრული მოვლენის წარმოქმნა. დადგენილია, რომ მეწყრული პროცესების ჩამოყალიბებას ძირითადად განაპირობებს კლიმატური პირობების გამწვავება შედარებით ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში. ჰიდრომეტეოროლოგიური გამოკვლევებით დადგენილია, რომ დღელამეში 30 მმ ნალექი იწვევს საშიში ეგზოდინამიკური პროცესების განვითარების პროვოცირებას, ხოლო (80-120) მმ დღელამური ნალექები ნაკლებად მკვეთრი რელიეფის პირობებშიც კი განაპირობებს მეწყრული მოვლენების განვითარებას.

სტიქიურ-დამანგრეველი გეომორფოლოგიური მოვლენები, მათ შორის ღვარცოფები, მრავალი ბუნებრივი და ანთროპოგენური ფაქტორებით განპირობებული მეტად რთული პროცესია, ეს ფაქტორებია: ჰიდრომეტეოროლოგიური, ჰიდროლოგიური, გეოლოგიური, გეომორფოლოგიური, ნიადაგურ-მცენარეული და ანთროპოგენური. ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა ცხადყვეს, რომ თუ ინფილტრირებული ნალექების წყალშედწევადობა ქვემოთ მდებარე ფენაში მცირეა, მაშინ ზედა ფენაზე წარმოიქმნება გრუნტის წყალი, რომელიც მოძრაობს ჰორიზონტის გასწვრივ და გამოიჟონება მის ზედაპირზე. იმ შემთხვევაში, როდესაც ზედა ფენების წყალშედწევადობა მცირეა ქვედა ფენების წრალშედწევადობაზე, გრუნტის წყალი არ წარმოიქმნება და წყალი თავისუფლად ჩაიჟონება მიწისქვეშა წყლების დონემდე.

ღვარცოფწარმომქმნელ ანთროპოგენურ ფაქტორებს განეკუთვნება, მთაში ადამიანის მიერ განხორციელებული ქმედებები, რომლებიც ხშირ შემთხვევაში იწვევს ღვარცოფის ფორმირებას ან მის აქტივიზაციას. ამ ფაქტორებიდან

მთავარია მთის ფერდობებზე ტყის არასისტემური ჭრა. მთის ფერდოს მდგომარეობაზე აგრეთვე მოქმედებს პირუტყვის მიერ მდელოს არაკონტროლირებადი ძოვება და ამით მიწისზედა და ნიადაგის საფარის დეგრადაცია. ასეთი დეგრადაციის შედეგად ხდება ნიადაგის ჩამორეცხვა და მცენარეთა ფესვთა სისტემის გაშიშვლება, რაც იწვევს მოსული ნალექების უარყოფით მექანიკურ ზემოქმედებას, კლებულობს ინფილტრაცია და მატულობს ზედაპირული ჩამონადენი, რაც ხელს უწყობს ღვარცოფის ფორმირებას.

აღნიშნული ღვარცოფწარმომქმნელი აგროგენური და ტექნოგენური ფაქტორების ერთობლიობა წარმოადგენს რეალურ საფრთხეს, რომელსაც აქვს ანთროპოგენური გენეზისი და საჭიროა რაციონალური ღონისძიებების ჩატარება, რათა თავიდან იქნას აცილებული სტიქიური უბედურებები.

ღვარცოფული მოვლენების კვლევისა და მასთან ბრძოლის ღონისძიებების დასახვის საქმეში პრიორიტეტი ეკუთვნის ავსტრიელ, ფრანგ და შვეიცარიელ მეცნიერებს, შემდეგ კი გამოჩნდა რუსი მკვლევარების ნაშრომებიც. განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს მ.პ. ჰსარევი, ვ.ი. ლისნევსკი, ნ.ნ. პილცოვი, კ.ი. ბოგდანოვიჩი, ა.ლ. ბრილინსკი, ი.ვ. მუშკეტოვი, ი.ი. როშჩინი და სხვები, რომლებიც იფარგლებოდნენ მხოლოდ ღვარცოფული მოვლენების ბუნების აღწერითა და მასთან ბრძოლის ფიტომელიორაციული მეთოდების დანერგვით, რაც დღესაც აქტუალურია. ღვარცოფების ჰიდრავლიკურ და ჰიდროლოგიურ კვლევებს მიეძღვნა შემდეგ მეცნიერთა მ.ა. ველიკანოვის, პ.ს. ნეპოროჟნის, ი.ვ. ეგიაზაროვის, მ.ს. გაგოშიძის, მ.ა. მოსტკოვის, ს.მ. ფლეიშმანის, ი.ი. ხერხეულიძის, გ.ნ. ხმალაძის და სხვების შრომები, რომლებმაც საფუძველი ჩაუყარეს ღვარცოფების კვლევის ფუნდამენტურ მიმართულებებს. ამავე პერიოდში წარმოდგენილი ნაშრომები, რომლებიც ეხებოდა ღვარცოფის დინამიკის საკითხებს, ეკუთვნოდა შემდეგ მეცნიერებს: ი.ვ. ბოგოლუბოვას, ს.ს. გრიგორიანს, გ.მ. ბერუჩაშვილს, ი.ი. მეჩიტოვს, ც.ე. მირცხულავას, ი.ბ. ვინოგრადოვს, ვ.გ. სანოიანს, მ.ვ. ცოვიანს, თ.გ. ვოინიჩ-სიანოჟენსკის, ნ.ბ. კერესელიძეს,

ო.გ. ნათიშვილს, ტ.ხ. ახმედოვს, უ.რ. მირზა-ზადეს, ლ.ა. სულაქველიძეს, ზ.ს. იორდანიშვილს, ვ.ი. თევზაძეს, გ. ი. ხერხეულიძეს და სხვებს.

მიუხედავად იმისა, რომ ამ მიმართულებით არსებობს მრავალგვარი სამეცნიერო ინფორმაცია, ღვარცოფთა ჰიდრავლიკური ამოცანების გადაწყვეტისას აუცილებელია ისეთი გაანგარიშების მეთოდებზე შეჩერება, რომლებიც სრულად ასახავენ მათ ბუნებას.

ნაშრომის მეორე თავში „**მდინარე გლდანისხევის წყალშემკრებ აუზში მიმდინარე ნიადაგის ეროზიული პროცესების ინტენსიობისა და ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებების ეფექტურობის კვლევა**“ მოცემულია მდ. გლდანისხევის წყალშემკრები აუზის ლანდშაფტური და გეოეკოლოგიური მდგომარეობის დახასიათება. ჩატარებულია ხეობაში მოწყვლად ფერდობზე მიმდინარე ნიადაგის ეროზიული პროცესების საველე კვლევა. განხორციელებულია საველე პოლიგონის საკონტროლო უბანზე ნიადაგის ეროზიული პროცესების მათემატიკური ანალიზი, ასევე პოლიგონზე დამონტაჟებულ გეოხალიჩებზე ამოსული მცენარეების ზრდის დინამიკის გასაშუალოებული მნიშვნელობების ვალიდურობის შეფასება და მისი კომპიუტერული მოდელირება. გაკეთებულია ნიადაგის ეროზიული პროცესების რაოდენობრივი მახასიათებლების პროგნოზირება.

მდინარე გლდანისხევის აუზში გავრცელებული ბუნებრივი კატასტროფებიდან ერთ-ერთი ძირითადი ყურადღების ობიექტია ღვარცოფული მოვლენები. მხოლოდ ამ ერთ აუზში 91 მეწყრული სხეული და 5 ღვარცოფული ხევია დაფიქსირებული. მდ. გლდანისხევის ხეობაში ნიადაგის წყლისმიერი ეროზიის ინტენსიობის შესწავლის მიზნით განხორციელდა საველე სარეკოგნოსცირებო კვლევები. აქ არსებული ფერდობი შერჩეული იქნა საკვლევ ობიექტად, დადგენილი იქნა საველე ინტეგრირებული პოლიგონის პარამეტრები, კერძოდ, სიგრძე 5,2 მ, I, II საცდელი და საკონტროლო უბნების სიგანე 0,9 მ. შერჩეულ ეროზირებულ ფერდობზე მოწყობილი იქნა საკვლევ

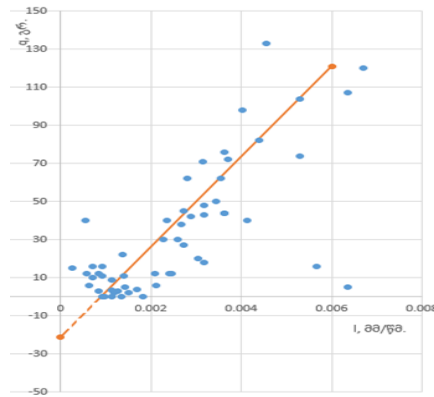
ინტეგრირებული პოლიგონის საცდელი და საკონტროლო უბნები. საველე კვლევები განხორციელდა შემდეგი თანმიმდევრობით: საწყის ეტაპზე საველე ინტეგრირებული პოლიგონის საკონტროლო (ეროზირებული) უბნიდან აღებული იქნა ნიადაგ-გრუნტის სინჯები. ლაბორატორიულ პირობებში განსაზღვრული იქნა ნიადაგ-გრუნტის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები და გრანულომეტრიული შემადგენლობა. ლაბორატორიული კვლევის შედეგად დადგინდა შემდეგი: ეროზირებული ფერდობის ამგები ქანები ძირითადად თიხნარ გრუნტებს განეკუთვნებიან. მათში დიდი რაოდენობითაა უხეშნატეხოვანი მასალა, რაც შეჭიდულობის ძალებს საგრძნობლად ამცირებს. ფერდობის ამგები ქანების დეგრადაციის ხელშემწყობ ფაქტორად შეიძლება ჩაითვალოს ასევე აღნიშნული ქანების მაღალი ფორიანობა, ზედა ფენების ძალზე დაბალი ბუნებრივი სიმკვრივე და ასევე წყლოვანი გარემოს მიმართ არამდგრადი ხასიათი. ყოველივე ეს თვისებები საგრძნობლად უწყობს ხელს ფერდობებზე დეგრადაციული პროცესების განვითარებას, განსაკუთრებით კი ეროზიულ პროცესებს. ლაბორატორიულ პირობებში ასევე განისაზღვრა ნიადაგ-გრუნტის სინჯების ქიმიური მახასიათებლები. ანალიზიდან ჩანს, რომ წყლით გამონაწურში გახსნილი მარილების შემცველობა საკმაოდ მაღალია. ჰუმუსის შემცველობის მიხედვით ნიადაგი მცირედ ჰუმუსიანია, რადგანაც ნიადაგის 0-20 სმ ფენაში მისი შემცველობა 0,4 %-ს არ აღემატება, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ საკვლევი პოლიგონის ნიადაგ-გრუნტები ძლიერ ეროზიული ტენდენციისაა. კვლევის მომდევნო ეტაპი მოიცავდა საველე ინტეგრირებული პოლიგონის სიახლოვეს დამონტაჟებული პლუვიოგრაფის მეშვეობით ნალექების საშუალო ინტენსივობის დადგენას. სპეციალური სენსორული ხელსაწყო მეშვეობით, ყოველი წვიმის წინ ისაზღვრებოდა სამივე უბნის შემადგენელი ნიადაგ-გრუნტის საწყისი ტენიანობა. პოლიგონზე ნიადაგის ეროზიული პროცესების ინტენსივობის შესწავლის მიზნით კვლევები განხორციელდა შემდეგი თანმიმდევრობით: მორიგი წვიმის დროს საცდელი და

საკონტროლო უბნებიდან ფორმირებული თხიერი ჩამონადენი მყარ ჩამონადენთან ერთად, ნატანმიმღების გავლით, მიღების მეშვეობით, ჩაედინებოდა საკვლევი პოლიგონის ქვევით მდებარე დიდ რეზერვუარებში ჩადგმულ მცირე ზომის კასრებში. რეზერვუარებში ჩადგმულ მცირე ზომის კასრებში მოხვედრილი თხიერი და მყარი ჩამონადენების მოცულობის დადგენა წარმოებდა საზომი ცილინდრის გამოყენებით. ჩამონადენის მოცულობის დადგენის შემდეგ ხდებოდა მღვრიე სითხიდან მყარი ჩამონადენის გამოყოფა, გარკვეული პერიოდის განმავლობაში მისი სტატიკურ მდგომარეობაში გაჩერებით, შემდეგ ხორციელდებოდა მყარი ჩამონადენის გამოშრობა სპეციალურ საშრობში 105°C 4 საათის განმავლობაში, შემდეგ აწონვა და შესაბამისად ეროზირებული ნიადაგ-გრუნტის მასის დადგენა.

პოლიგონის საცდელ უბნებზე, ასევე ხორციელდებოდა გეოხალიჩებზე ამოსული მცენარეების ზრდის დინამიკის დადგენა უშუალო გაზომვებით. მიღებული იქნა მნიშვნელოვანი მონაცემები, როგორც საკონტროლო უბანზე მიმდინარე ნიადაგის ეროზიული პროცესების, ასევე საცდელ უბნებზე დამონტაჟებული გეოხალიჩების ეფექტურობისა და მათ მიერ მოწყვლად ფერდობზე ბიომრავალფეროვნების აღდგენის შესახებ. საკონტროლო უბნიდან 1 წლის განმავლობაში ფორმირებული მყარი ჩამონადენის (ეროზირებული) მასა შეადგენს 1,951 კგ, ანუ წელიწადში - ერთ ჰექტარზე 5 ტონამდე, რაც რ. მორგანის შკალის მიხედვით მიეკუთვნება ეროზიის მესამე კლასს. აქედან გამომდინარე შეიძლება ითქვას, რომ საველე ინტეგრირებული პოლიგონის საკონტროლო უბანზე მიმდინარეობს აქტიური ეროზიული პროცესები. პოლიგონის საცდელ უბნებზე განხორციელებული კვლევებიდან ჩანს, რომ გეოხალიჩა ლუფაერომატი უფრო ეფექტურია ვიდრე გეოხალიჩა „Jute Mat“, ეს დასტურდება როგორც შესაბამისი უბნებიდან ჩამოტანილი ეროზირებული მყარი მასის ერთმანეთთან შედარებით, ასევე გეოხალიჩებზე ამოსული

ბალახოვანი მცენარეების ზრდის დინამიკით, რაც იძლევა საფუძველს დაინერგოს იგი მოწყვლადი ფერდობების რეგულირების მიზნით.

საველე ექსპერიმენტების დროს განხორციელებული გაზომვების შედეგების აპროქსიმაციისათვის გამოვიყენეთ უმცირეს კვადრატთა მეთოდი. ჩვენ მიერ დამუშავებული იქნა საველე პოლიგონის საკონტროლო უბანზე განხორციელებული 58 ექსპერიმენტის მონაცემები. მიღებული ნალექების ინტენსიობასა და მყარ ჩამონადენს შორის წრფივი დამოკიდებულება ნაჩვენებია ნახ.1-ზე



ნახ.1.

ექსპერიმენტის ფარგლებში დადგინდა ნალექების ინტენსიობასა და მყარ ჩამონადენს შორის აპროქსიმირებული წრფივი დამოკიდებულება.

საველე ინტეგრირებული პოლიგონის I და II უბნებზე დამონტაჟებულ გეოხალიჩებზე ამოსული მცენარეების ზრდის დინამიკის გასაშუალოებული მნიშვნელობების ვალიდურობის და შესაბამისად ბიომრავალფეროვნების აღდგენის შესაძლებლობის შესაფასებლად საიმედოობის თეორიის გამოყენებით განხორციელდა შემდეგი კვლევები: სტატისტიკურ რიგად გამოყენებული იქნა პოლიგონის I საცდელ უბანზე ამოსული ბალახოვანი მცენარეების ზრდის დინამიკის გასაშუალოებული მონაცემების ინტერვალები და სიხშირეები. გამოთვლილ იქნა მათემატიკური ლოდინი და დადგინდა ამონაყარის საშუალო მნიშვნელობა. სხვადასხვა მათემატიკური გარდაქმნების

შედეგად განისაზღვრა გეოხალიჩა Jute Mat-ზე ამოსული ბალახოვანი მცენარეების ზრდის გასაშუალოებული სიმაღლეების საიმედოობა:

$$P(h_{\text{საშ.}}) = \Phi^* \left(\frac{6,343 - 6,295}{3,516,71} \right) = \Phi^* (0,014) = 0,506; \quad (1)$$

ხოლო რისკი:

$$r(h_{\text{საშ.}}) = 1 - 0,506 = 0,494. \quad (2)$$

ანალოგიური თეორიული კვლევები განხორციელდა საველე ინტეგრირებული პოლიგონის II საცდელი უბნისთვის. გეოხალიჩა ლუფაერომატზე ამოსული ბალახოვანი მცენარეების ზრდის გასაშუალოებული სიმაღლეების საიმედოობა ტოლია:

$$P(h_{\text{საშ.}}) = \Phi^* \left(\frac{13,58 - 13,27}{6,85} \right) = \Phi^* (0,045) = 0,518; \quad (3)$$

ხოლო რისკი:

$$r(h_{\text{საშ.}}) = 1 - 0,518 = 0,482. \quad (4)$$

ზემოაღნიშნული გამოთვლების საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ საველე ინტეგრირებული პოლიგონის საცდელ უბნებზე ამოსული ბალახოვანი მცენარეების ზრდის საშუალო დინამიკის საიმედოობა 51-52%-ს შეადგენს, რაც დამაკმაყოფილებელია, რადგან იგი მიაწინებს მოწყვლად ფერდობზე მწვანე საფარის აღდგენის შესაძლებლობაზე.

საველე კვლევის მონაცემების კამერალურად დამუშავების შემდგომ განხორციელდა ნიადაგის ეროზიული პროცესების დინამიკის და ეროზიის საწინააღმდეგო გეოხალიჩების ეფექტურობის კომპიუტერული მოდელირება, რომელიც განხორციელდა შემდეგი თანმიმდევრობით:

1. საველე მონაცემები გადატანილი იქნა exel-ში და დამახსოვრებული იქნა CSV ფაილად (experiment_data.csv) ;

2. Embarcadero Delphi XE5-ზე დაწერილი იქნა პროგრამა, რომელიც კითხულობს ამ CSV ფაილიდან მონაცემებს და თითოეული ექსპერიმენტისთვის გენერირებული იქნა Heightmap-ს BMP სურათის სახით;

3. Autodesk 3Ds MAX 2014-ში შექმნილი იქნა ზედაპირი, სადაც გაკეთდა დისპლაცემენტ და გენერირებული heightmap-ების საშუალებით, ასევე დადებული იქნა მატერიალი, რომელიც მუქდება სიღრმის მიხედვით ნაღვარევის უკეთ გამოსაჩენად.

აღნიშნული კომპიუტერული მოდელების მასალებიდან ჩანს, საველე ინტეგრირებული პოლიგონის ფარგლებში 1 წლის განმავლობაში განხორციელებული საველე კვლევის შედეგები, კერძოდ: საკონტროლო უბანზე მიმდინარეობს ინტენსიური ეროზიული პროცესები, რაც ზოგადად დამახასიათებელია აღნიშნული მოწყვლადი ფერდობისთვის, ხოლო საცდელ უბნებზე დამონტაჟებული გეოხალიჩებიდან გამოიკვეთა გეოხალიჩა ლუფაერომატის უპირატესობა (ფერდობის აღდგენის შესაძლებლობა) მსოფლიოში აპრობირებულ გეოხალიჩა „Jute Mat“-თან შედარებით.

მდ. გლდანისხევის წყალშემკრებ აუზში არსებული მოწყვლადი ფერდობების გამოსავლენად განხორციელდა საველე სარეკონსტრუქციო კვლევები. საველე კვლევების დროს გაირკვა, რომ განსაკუთრებული მოწყვლადობით გამოირჩევა მდ. გლდანისხევის მარჯვენა შენაკადის ჯოხთანის ხევის და ასევე მარჯვენა სანაპიროზე მდებარე მამკოდას დასახლების მიმდებარედ არსებული წყალშემკრები აუზები.

პირველ ეტაპზე საჭირო იყო შეფასებულიყო მოწყვლად ფერდობებზე მიმდინარე ეროზიული პროცესების რაოდენობრივი მახასიათებლები. საველე-სარეკონსტრუქციო კვლევის შედეგებისა და ტოპოგრაფიული რუკების გამოყენების საფუძველზე გაანგარიშებული იქნა ფერდობების ეროზიის კოეფიციენტის (E) მნიშვნელობები:

$$E = \left[0,58 + 1,40 \left(\frac{F_1}{F_0} \right) \right] \left(\frac{t}{T} \right)^{0,21} \quad (5)$$

(5) დამოკიდებულებით გაანგარიშებული ფერდობების ეროზიის კოეფიციენტის (E) მნიშვნელობების დამოკიდებულება ფერდობების ეროზიის კლასთან შეფასებულია პროფესორ რ. მორგანის შკალის მიხედვით;

ზემოაღნიშნულ წყალშემკრებ აუზებში ფერდობებზე მიმდინარე ნიადაგის ეროზიის ინტენსიობა შეადგენს 5-10 ტ/ჰა, რაც ემთხვევა ჩვენ მიერ საველე ინტეგრირებულ პოლიგონზე განხორციელებული კვლევის შედეგებს.

ნაშრომის მესამე თავში „**მდ. გლდანისხევის ხეობაში არსებული მეწყრული ფერდობის მდგრადობის შეფასება და პროგნოზირება**“ დადგენილია ხეობაში არსებული მეწყრული ფერდობის შემადგენელი ნიადაგ-გრუნტის საინჟინრო გეოლოგიური მახასიათებლები, ასევე მეწყრული ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი და განხორციელებულია მისი პროგნოზირება.

გეოლოგიურად მდ. გლდანისხევი მრავალფეროვნებით არ გამოირჩევა. მისი მცირე ნაწილი აგებულია მეოთხეული ნაფენებით, ალუვიონით, ღორღით, რიყნარით, რომლებიც მდ. გლდანისხევის ხეობაში საკმაოდ ვიწრო ზოლად ვრცელდება. ტერიტორიის უდიდესი ნაწილი აგებულია ზედა პალეოგენური და ქვედა ნეოგენური თიხებით, თიხოვანი ფიქლებით, იშვიათად ქვიშაქვებით, ზოგან კონგლომერატებით.

ჩვენ მიერ შესასწავლად შერჩეული იქნა მდ. გლდანისხევის მარჯვენა სანაპიროზე არსებული მეწყრული ფერდობი. იგი მოიცავს ზედა თხემურ ნაწილს და მის მთისწინა კალთებამდე ვრცელდება. მისი სიგრძე 180 მეტრია, სიგანე 140, დაქანება 10-30° შორის მერყეობს (სიმაღლეთა სხვაობა 70 მ), ქვედა ნაწილი გატყიანებულია, ზედა ნაწილობრივ ბუჩქნარითა დაფარული. ფერდობი აგებულია პალეოგენური ასაკის ქვიშაქვებისა და არგილიტების მორიგეობით. ქანების გამომვლებები საკმაოდ გამოფიტულია და ხშირად დაშლილ მდგობარეობაშიც გვხვდება. ზემოდან ეს ქანები გადაფარულია

ელუვიურ-გელუვიური გენეზისის თიხა-თიხნაროვანი ქანებით ღორღისა და ნატეხების ჩანართებით. მათი სიმძლავრე 2,0-4,5 მეტრამდე მერყეობს.

მდ. გლდანისხევში მეწყრული ფერდობის მდგრადობის შესწავლის მიზნით, ჩვენ მიერ განხორციელდა საველე-სარეკოგნოსცირებო კვლევები, კერძოდ, განხორციელდა დამეწყრილი ფერდობის ტოპოგრაფიული აგეგმვა და შეიქმნა ტერიტორიის ტოპოგრაფიული რუკა.

საკვლევ ფერდობზე შერჩეული იქნა მახასიათებელი ჭრილის ხაზები, სადაც მოწყობილი იქნა 5 ჭაბურღილი. ჭაბურღილებიდან აღებული იქნა ნიადაგ-გრუნტის ნიმუშები და განხორციელდა ლაბორატორიული კვლევები გრუნტის ლითოლოგიური აგებულების შესაფასებლად. მოწყვლად ფერდობზე მოწყობილი ჭაბურღილებიდან აღებული ნიადაგ-გრუნტის ნიმუშების მიხედვით, ასევე აღებული იქნა ტერიტორიის გეოლოგიური ჭრილები.

მეწყრული სხეულიდან აღებული ნიადაგ-გრუნტის ნიმუშებში განისაზღვრა გრუნტის ფიზიკური თვისებები, სიმტკიცის მაჩვენებლები, ფერდობის მდგრადობის მახასიათებლები როგორც ბუნებრივი და სველი მდგომარეობის შემთხვევაში, ასევე სეისმურობის ფაქტორის გათვალისწინებით.

მეწყრული ფერდობის მდგომარეობის შესაფასებლად საჭიროა ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტის გაანგარიშება. ფერდობის მდგრადობის გამოსათვლელად გამოყენებული იქნა შემდეგი ფორმულა:

$$k = N \operatorname{tg} \phi + CL / T \quad (6)$$

გამოთვლებით მიღებული მონაცემებიდან შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ მეწყერი საკმაოდ აქტიურ ფაზაში იმყოფება, მასზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ატმოსფერული ნალექები წვიმის და თოვლის სახით, ასევე ფერდობი მგრძნობიარეა სეისმური მოვლენების მიმართ.

საკვლევ მეწყრული ფერდობის შესახებ მოპოვებული მონაცემების გათვალისწინებით მიღებულია, საკვლევ ფერდობზე გრუნტის ფენის კრიტიკული სიღრმის საანგარიშო დამოკიდებულებები (7,8), რომლის

მიხედვითაც განხორციელდა მეწყრული ფერდობის მდგრადობის რღვევის კრიტიკული სიღრმის პროგნოზი სველი და მშრალი გრუნტის შემთხვევაში, ფერდობის დახრის კრიტიკული კუთხის გათვალისწინებით.

$$\frac{1}{z} = \sin \alpha - 0.23 \cos \alpha \quad (7)$$

$$\frac{1}{z_1} = 1.374 \sin \alpha - 0.144 \cos \alpha \quad (8)$$

ნაშრომის მეოთხე თავში „მდ. გლდანისხევის ხეობაში მოსალოდნელი ღვარცოფის პროგნოზირება და მართვის თანამედროვე ღონისძიების შემუშავება“ განხილულია ხეობაში მოსალოდნელი ღვარცოფის სხვადასხვა პროცენტული უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯების პროგნოზირების საკითხები; გაკეთებულია ბმული ღვარცოფის მუდმივი ხარჯით მოძრაობის დროს წარმოქმნილი უწყვეტი ტალღის დამრტყმელი ძალის საანგარიშო დამოკიდებულების კორექტირება და მდინარე გლდანისხევის ხეობაში გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ახალ კონსტრუქციაზე მოსალოდნელი ღვარცოფის ზემოქმედების შეფასება.

მდ. გლდანისხევის ხეობაში განხორციელებული საველე და თეორიული კვლევის შედეგად გამოვლინდა განსაკუთრებით ღვარცოფსაშიში წყალსადინარი - ჯოხთანის ხევი, სადაც მოსალოდნელი ღვარცოფის 1%-იანი უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯი შეადგენს 359,6 (მ³/წმ), რაც ადგილობრივი მოსახლეობისათვის დიდ საფრთხეს წარმოადგენს და საჭიროა ქმედითი და ეფექტური საინჟინრო ღონისძიების განხორციელება მოსალოდნელი ეკოლოგიური კატასტროფის შესარბილებლად.

ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით, შემუშავდა რესურსმზოგი გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობა, რომელიც შედგება ჭადრაკული სქემით შეკრული ცილინდრული ფორმის ელემენტებისაგან, რომლებიც წარმოადგენენ ლითონის ღერძის მქონე, მდინარის კალაპოტში არსებული ინერტული მასით სავსე ლითონის მილებს, რომლებზეც წამოცმულია საბურავები, ისინი ჩამაგრებულია რკინა-ბეტონის ფუძეზე.

თავდაპირველად უნდა აღინიშნოს, რომ ნაგებობის ცილინდრული ფორმის ელემენტების რიგებს შორის დაცილება მიიღება $L=10$ მ, ამიტომ L -ის სიმცირის გამო, ანგარიშში არ არის გათვალისწინებული ღვარცოფის ენერჯის სიგრძეზე დანაკარგი ნაგებობის ცილინდრული ელემენტების I რიგიდან III რიგამდე ღვარცოფის გავლისას. ყრუ ნაგებობის შემთხვევაში, ნაგებობაზე ღვარცოფის მოქმედი ძალის სიდიდე ტოლია:

$$P = K_1 \frac{\gamma \cdot Q^2}{g \cdot \omega} \quad (9)$$

ნაკადის მოძრაობის მოდელიდან გამომდინარე მიღებულია K_1 -ის მნიშვნელობა:

$$K_1 = 1,5 \cdot \left[\cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{h_0}{2 \cdot H} \cdot \left(\frac{1 - \sin \varphi}{\cos \varphi} \right) \right] \quad (10)$$

სხვადასხვა აღნიშვნების განხორციელების შედეგად მე-(9)-ე დამოკიდებულებას აქვს სახე:

$$P = \frac{1,5 \cdot \gamma \cdot \omega \cdot 3\bar{V}^2}{g} \cdot \left[\cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{h_0}{2 \cdot H} \cdot \left(\frac{1 - \sin \varphi}{\cos \varphi} \right) \right] \quad (11)$$

ნაგებობაზე ღვარცოფის დამრტყმელი ძალის მნიშვნელობა მისი გამჭოლუნარიანობის ფუნქციას წარმოადგენს, აქედან გამომდინარე, პირველ რიგში გაანგარიშება მის ანალოგიურ ყრუ ნაგებობაზე ხდება, რომლის გათვალისწინებით, ნაგებობაზე მოქმედი ბმული ღვარცოფის ძალა, როცა ნაკადის და კალაპოტის მახასიათებლებია მოცემული, ე.ი. როცა მოსალოდნელი ღვარცოფის 1%-იანი უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯი შეადგენს 359,6 (მ³/წმ), ჯოხთანის ხევის ნაკადის სიმაღლე $H=6,5$ (მ)-ს, ღვარცოფსადინარის კალაპოტის სიგანე $B=25$ (მ)-ს, ნაკადის სიჩქარე $V=1,8$ (მ/წმ), მოცულობითი მასა $\gamma = 2000$ კგ/მ³, შინაგანი ხახუნის კუთხე $\varphi = 30^\circ$ -ს და სადინარის ქანობი $i = 0,128$, ტოლია:

$$P = \frac{1,5 \cdot \gamma \cdot \omega \cdot 3\bar{V}^2}{g} \cdot \left[\cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{h_0}{2 \cdot H} \left(\frac{1 - \sin \varphi}{\cos \varphi} \right) \right] =$$

$$\frac{1,5 \cdot 2000 \cdot 205 \cdot 3(1,8)^2}{9,81} \left[0,991 \cdot 0,577 + \frac{5,5}{2 \cdot 6,5} \left(\frac{1 - 0,5}{0,866} \right) \right] = 4878,3 \text{ კ. ნ.}$$

რადგან შემოთავაზებული ნაგებობა არის გამჭოლი, გამავლობის კოეფიციენტი იანგარიშება ფორმულით:

$$K_2 = \frac{\omega_{\text{გამჭოლი}}}{\omega} \text{ ან } K_2 = \frac{(B - n \cdot d) \cdot H}{B \cdot H} = 1 - \frac{n \cdot d}{B}, \quad (12)$$

რაც შეეხება გამჭოლი ნაგებობის პირველ რიგზე, ისევე როგორც ყოველ შემდგომ რიგზე მოქმედ დამრტყმელ ძალას, ყრუ ნაგებობასთან შედარებით, სხვადასხვა დაშვებების შემთხვევაში (სულ 5 დაშვება, $m=1, \dots, 5$) როგორც პროცენტობით, ასევე წილობრივად მოცემულია ფუნქციური დამოკიდებულების სახით.

$$\frac{P_{m \text{ ყრუ}}}{P} = f(K_2) \quad (13)$$

გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობის გავლის შემდეგ, ნაგებობის ცილინდრულ ელემენტებზე (ყრუ ნაწილი) მოქმედი ძალა, ნაგებობის ცილინდრული ელემენტების ცვლად დიამეტრებთან მიმართებაში ტოლია:

$$d_1=1,(6) \text{ შემთხვევაში } P_{1\text{ყრუ}} = P - P_1 \text{ ნარჩენი IIIრიგი} = 4878,3 - 2497,7 = 2380,6 \text{ კ. ნ.} \quad (14)$$

$$d_2=3,(3) \text{ შემთხვევაში } P_{2\text{ყრუ}} = P - P_2 \text{ ნარჩენი IIIრიგი} = 4878,3 - 1053,7 = 3824,6 \text{ კ. ნ.} \quad (15)$$

$$d_3=5,0 \text{ შემთხვევაში } P_{3\text{ყრუ}} = P - P_3 \text{ ნარჩენი IIIრიგი} = 4878,3 - 312,2 = 4566,1 \text{ კ. ნ.} \quad (16)$$

$$d_4=6,(6) \text{ შემთხვევაში } P_{4\text{ყრუ}} = P - P_4 \text{ ნარჩენი IIIრიგი} = 4878,3 - 39 = 4839,3 \text{ კ. ნ.} \quad (17)$$

$$d_5=8,(3) \text{ შემთხვევაში } P_{5\text{ყრუ}} = P - P_5 \text{ ნარჩენი IIIრიგი} = 4878,3 - 0 = 4878,3 \text{ კ. ნ.} \quad (18)$$

ჩვენ მიერ შემუშავებული გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობაზე ღვარცოფის ზემოქმედების აღწერისათვის განხორციელებული ანგარიშიდან ჩანს, რომ ნაგებობა წარმოადგენს ღვარცოფებთან ბრძოლის ეფექტურ საინჟინრო ღონისძიებას და მისი განხორციელება როგორც ჯობთანის

ხევში მოსალოდნელი კატასტროფული ღვარცოფის, ასევე სხვა ანალოგიური ღვარცოფული ხევების რეგულირების თვალსაზრისით შესაძლებელია.

ნაშრომის მეხუთე თავში „**ნიადაგის ეროზიის სარეგულაციო და ღვარცოფსაწინააღმდეგო თანამედროვე ღონისძიებების ეკონომიკური ეფექტიანობის შეფასება**“ შეფასებულია გეოხალიჩა ლუფაერომატის გამოყენებით მთის ეროზირებული ფერდობის აღდგენისა და გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო კონსტრუქციის ეკონომიკური ეფექტიანობა.

ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგოდ მრავალი მეთოდი არის ცნობილი, მაგრამ ბოლო პერიოდში ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა მასალისაგან (ხელოვნური, ბუნებრივი) დამზადებული ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგო გეოხალიჩები (სეკუმატი, ენკამატი, ერომატი, ჯუთა მატი და ა.შ). მათი ფართო გავრცელება განაპირობა მათმა ეფექტურობამ, საიმედოობამ, მონტაჟის სიმარტივემ, ეკონომიურობამ და რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია - მოწყვლად ფერდობზე ბიომრავალფეროვნების მყისიერმა აღდგენამ.

ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის გარემოს დაცვისა და საინჟინრო ეკოლოგიის განყოფილების ბაზაზე დამუშავდა გეოხალიჩა ლუფაერომატი.

გაანგარიშება განხორციელდა შემდეგნაირად: წყლისმიერი ეროზიით დეგრადირებული მთის ფერდობის ეროზირებული უბნების ბუნებრივი პროდუქტიულობის აღდგენისათვის, ეროზირებული ფერდობის ზედაპირის დაცვის მიზნით გამოყენებული 1მ^2 გეოხალიჩა ლუფაერომატის კაპიტალური ხარჯები შეადგენს 5,11 ლარს, ამდენად, 1 ჰა მიწის ზედაპირის ეროზიის საწინააღმდეგო დაცვის ერთჯერადი ხარჯები განისაზღვრა $5,1 \text{ ლარი} \times 10000 \text{ მ}^2 = 51100 \text{ ლარი/ჰა}$.

ამრიგად, განხორციელებული ეკონომიკური გათვლების შედეგად შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ დეგრადირებული ფერდობის აღდგენა გეოხალიჩა

ლუფაერომატის გამოყენებით და შემდგომ მასზე თხილის პლანტაციის გაშენების ხარჯები უკვე 8 წლის შემდეგ (2024 წ.) მთლიანად ამოღებულია და 2036 წლისათვის დისკონტირებული მოგება 153 120 ლარს შეადგენს 1 ჰა-ზე. მიღებული შედეგებით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ეროზირებული ფერდობის რეგულირება აღნიშნული მეთოდის გამოყენებით მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს იძლევა.

დღეს არსებული ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობები მეტად ექსტრემალურ სიტუაციებში ვერ გამოირჩევიან მდგრადობით ღვარცოფების მიმართ, რის შედეგადაც ხდება მათი ნგრევა (განადგურება) დასაცავ ობიექტებთან ერთად.

კვლევებით მიღებული ექსპერიმენტული და თეორიული დამოკიდებულებები ზღვრულ-წონასწორული მდგომარეობაში მყოფი, მაღალი სიმკვრივის ღვარცოფული ნაკადების მოძრაობა ძნელად ექვემდებარება ეკონომიკურ შეფასებას, ამიტომ ეკონომიკური ეფექტიანობის ანგარიშის კვლევა განხორციელდა ღვარცოფსაწინააღმდეგო კონსტრუქციების მაგალითზე.

ჩვენ მიერ შემუშავებულ იქნა მაღალი საიმედოობის და ხანგრძლივობის ახალი გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობა. ამავე დროს კონსტრუქციის შემუშავებისას კეთდებოდა აქცენტი მათ მაქსიმალურ საიმედოობაზე და მშენებლობის ღირებულების გაიაფებაზე.

ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობების შემოთავაზებული კონსტრუქციის ეკონომიკური ეფექტიანობის დასადგენად შესადარებელ ბაზად შერჩეულ იქნა მრუდხაზოვანი ფორმის ტრამპლინის ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობა. კაპიტალური დაბანდებები მრუდხაზოვანი ფორმის ტრამპლინის ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობაზე შეადგენს 4050 ლარი/გრძ.მ.

კაპიტალური დაბანდებები გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობაზე შეადგენს 2400 ლარი/გრძ.მ მეტრზე.

წლიური ეკონომიკური ეფექტურობა გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობის დანერგვით, წარმოებაში იანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$\text{ჰწლიური} = (K_1 - K_2)E, \quad (19)$$

$$\text{ჰწლიური} = (4050 - 2400) \times 0,15 = 247,5 \text{ ლარი/ გრძ. მ.} \quad (20)$$

ამრიგად, გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო კონსტრუქციის დანერგვის წლიური ეკონომიკური ეფექტურობა შეადგენს 247,5 ლარი/ გრძ. მ., რაც მიუთითებს მისი დანერგვის შესაძლებლობაზე.

ზოგადი დასკვნები

ნაშრომში წარმოდგენილი თეორიული და საველე ექსპერიმენტული კვლევების შედეგების ანალიზის საფუძველზე მიღებულია შედეგები:

- ლაბორატორიულ პირობებში დადგენილია საკვლევი ფერდობის შემადგენელი ნიადაგ-გრუნტის ფიზიკურ-მექანიკური და ქიმიური მახასიათებლები, რომლის მიხედვითაც შეფასებულია მოწყვლადი ფერდობის შემადგენელი ნიადაგ-გრუნტის ეროზიულობა.
- საველე პირობებში განსაზღვრულია მდინარე გლდანისხევის ხეობაში მოწყვლად ფერდობზე მოწყობილი, საველე ინტეგრირებული პოლიგონის საკონტროლო უბანზე მიმდინარე ნიადაგ-გრუნტის ეროზიული პროცესების რაოდენობრივი მახასიათებლები.
- საველე ექსპერიმენტით დადგენილია გეოხალიჩა ლუფაერომატის ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგო ეფექტურობა, საკონტროლო და საცდელი უბნებიდან ფორმირებული მყარი ჩამონადენების ერთმანეთთან შედარების გზით.
- დადგინდა საველე ინტეგრირებული პოლიგონის საკონტროლო უბანზე მოსულ ნალექების ინტენსიობასა და მყარ ჩამონადენს შორის აპროქსიმირებული წრფივი დამოკიდებულება, რომელიც მიღებულია საველე

ექსპერიმენტული მონაცემების უმცირეს კვადრატთა მეთოდით დამუშავების შედეგად.

- საველე ექსპერიმენტის მონაცემების მიხედვით დადგენილი იქნა, ნალექების ინტენსიობასა და საკონტროლო უბანზე ფორმირებულ მყარ ჩამონადენს შორის კორელაციური კავშირი, რომელიც ტოლია $r = 0,62$, რაც დამაკმაყოფილებელ შედეგად შეგვიძლია მივიჩნიოთ, რადგან იგი თავსდება პარამეტრებს შორის საშუალო კავშირის შუალედში და მიუთითებს გაზომვით მიღებულ საექსპერიმენტო მონაცემების ურთიერთდამოკიდებულების საიმედოობაზე.

- საიმედოობის თეორიის გამოყენების საფუძველზე დადგენილია, საველე ინტეგრირებული პოლიგონის საცდელ უბნებზე ამოსული ბალახოვანი მცენარეების ზრდის საშუალო დინამიკის ვალიდურობა, რომელიც 51-52%-ს შეადგენს, რაც იძლევა მოწყვლად ფერდობზე მწვანე საფარის აღდგენის საფუძველს.

- სპეციალურად შექმნილი კომპიუტერული პროგრამის გამოყენების საფუძველზე განხორციელდა საველე პოლიგონის საკონტროლო უბანზე განვითარებული ნაღვარევის და საცდელ უბნებზე აღმოცენებული ბალახოვანი მცენარეების ზრდის დინამიკის კომპიუტერული მოდელირება.

- დადგინდა მდინარე გლდანისხევის ხეობის მოწყვლად მიკრო წყალშემკრებ აუზებში მიმდინარე ეროზიული პროცესების რაოდენობრივი მახასიათებლები, რომლებიც ემთხვევა საველე ინტეგრირებული პოლიგონის საკონტროლო უბანზე მიმდინარე ეროზიული პროცესების რაოდენობრივ მახასიათებლებს, რაც მიუთითებს განხორციელებული თეორიული და საველე კვლევების სარწმუნოობაზე.

- საველე და ლაბორატორიულ პირობებში განხორციელებული კვლევების საფუძველზე დადგინდა მდინარე გლდანისხევის ხეობაში არსებული მეწყრული ფერდობის საინჟინრო გეოლოგიური პარამეტრები.

- არაერთგვაროვანი ცოცვის სიბრტყის მქონე მეწყრული სხეულის წონასწორობის სხვადასხვა პირობების გათვალისწინებით, დადგინდა მამკოდას დასახლების მიმდებარედ არსებული მეწყრული ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი.
- მიღებულია საკვლევ ფერდობზე გრუნტის ფენის კრიტიკული სიღრმის საანგარიშო დამოკიდებულებები, რომლის მიხედვითაც განხორციელდა მეწყრული ფერდობის მდგრადობის რღვევის კრიტიკული სიღრმის პროგნოზი სველი და მშრალი გრუნტის შემთხვევაში, ფერდობის დახრის კრიტიკული კუთხის გათვალისწინებით.
- განხორციელდა მდინარე გლდანისხევის წყალშემკრებ აუზში მოსალოდნელი ღვარცოფის სხვადასხვა პროცენტული უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯების პროგნოზირება.
- ბმული ღვარცოფის მუდმივი ხარჯით მოძრაობის დროს წარმოქმნილი უწყვეტი ტალღის სიჩქარის მხედველობაში მიღებით კორექტირებული იქნა ღვარცოფის დამრტყმელი ძალის საანგარიშო დამოკიდებულება, რომლის მიხედვითაც უფრო მეტი სიზუსტით აისახება ნაგებობაზე ბმული ღვარცოფის ტალღური ზემოქმედება.
- შემუშავებული და დაპატენტებულია გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ახალი კონსტრუქცია.
- განსაზღვრულია მდინარე გლდანისხევის წყალშემკრებ აუზში მოსალოდნელი ღვარცოფის მიმართ, გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო კონსტრუქციის ეფექტურობის მახასიათებლები, რომლის მიხედვითაც ნაგებობაზე მოქმედი ღვარცოფის დამრტყმელი ძალის საწყისი მნიშვნელობა, გარკვეული დაშვებების ფარგლებში 2÷125-ჯერ კლებულობს.
- განხორციელებული ეკონომიკური გათვლების შედეგად დადგენილია, რომ გეოხალიჩა ლუფაერომატის საშუალებით მოწყვლადი ფერდობის აღდგენის შემდგომ, მასზე თხილის პლანტაციის გაშენების შემთხვევაში, 8 წლის შემდეგ

დისკონტირებული მოგება 1 ჰა-ზე შეადგენს 53 120 ლარს, რაც მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს წარმოადგენს.

- დადგენილია გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობის წლიური ეკონომიკური ეფექტურობა მრუდხაზოვანი ფორმის ტრამპლინის ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობასთან შედარებით, რომელიც შეადგენს 247,5 ლარი/გრძ. მ.

ნაშრომის აპრობაცია. სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენიებული იყო: VII საერთაშორისო კონფერენციაზე „წყალთა მეურნეობის, გარემოს დაცვის, არქიტექტურისა და მშენებლობის თანამედროვე პრობლემები“ 2017 წ. 25 აგვისტოს თბილისში, მე-20 საერთაშორისო კონფერენციაზე გარემოს დაცვის, ბიოლოგიის, ეკოლოგიის მეცნიერებების და ინჟინერინგის (WASET), თურქეთი, სტამბოლი 2018 წ. 30 იანვარს, ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მეექვსე საფაკულტეტო კონფერენციაზე ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში 2018 წ. 12 თებერვალს.

გამოკვეყნებული შრომების სია

სტატიები:

1. ჩახაია გ., ვართანოვი მ., წულუკიძე ლ., კვაშილავა ნ., ხუბულავა ი., გოგილავა ს., კვიციანი ი. გეოხალიჩა „ლუფაერომატი“-ს გამოყენებით მთის ეროზირებული ფერდობის აღდგენის ეკონომიკური ეფექტიანობის გაანგარიშება. სტუ-ს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის შრომათა კრებული № 71, 2016, გვ. 133-136.
2. ხუბულავა ი. ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგო, ბუნებრივი მასალისაგან დამზადებული თანამედროვე გეოხალიჩის ლაბორატორიული კვლევა. სტუ-ს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის შრომათა კრებული № 71, 2016, გვ. 154-159.

3. კვაშილავა ნ., ჩახაია გ., ვარაზაშვილი ზ., წულუკიძე ლ., ხუბულავა ი., სუპატაშვილი თ., მასაია ლ. მდ. გლდანისხევის ხეობაში არსებული მეწყერსაშიში ფერდობის მდგრადობის შეფასება. ჟურნალი “მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, 2016, №2(722), გვ. 31-35.
4. Chakhaia G., Kukhalashvili E., Diakonidze R., Kvashilava N., Tsulukidze L., Kupreishvili S., Supatashvili T., Khubulava I. The Evaluation of Debris Flows Influence on the Pass through Type Debris Flow against Construction. American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS), 2016, Impact Factor 0,296, USA.
5. Chakhaia G., Kvashilava N., Lobzhanidze Z., Tsulukidze L., Kupreishvili S., Supatashvili T., Kvirvelia I., Khubulava I., Gogilava S. The Assessment of the Possibility Debris Flow Influence on the Pass Through Type Debris Flow Against Construction in the River Jokhtaniskhevis Basin. International Journal of Sciences: World Wide Journal of Multidisciplinary Research and Development. 2017, Reference Number:3-1-34. Impact Factor 4,25. India.
6. Kvashilava N., Chakhaia G., Lobzhanidze Z., Tsulukidze L., Kupreishvili S., Supatashvili T., Kvirvelia I., Khubulava I., Gogilava S. The Assessment Stability of Landslide Dangerous Slopes Existing in the Basin of River Jokhtaniskhevi. International Journal of Sciences: World Wide Journal of Multidisciplinary Research and Development. 2017, Reference Number: 3-2-12. Impact Factor 4,25. India.
7. Khubulava I, Chakhaia G. Simulative modeling of the soil erosion processes. ANNALS OF AGRARIAN SCIENCE, Elsevier. 2018, Volume16, Issue 2, p.p. 185-188.

მონოგრაფია

1. ხუბულავა ი., ჩახაია გ. მდ. გლდანისხევის ეკოლოგიური უსაფრთხოების შეფასება და ნიადაგის დეგრადაციის საწინააღმდეგო ღონისძიებების შემუშავება. გამომცემლობა „მწიგნობარი“ 2018, 90 გვ.

პატენტი:

1. ჩახაია გ., წულუკიძე ლ., დიაკონიძე რ., კვაშილავა ნ., კუპრეიშვილი შ., ხუბულავა ი. გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობა, საქართველო, საქპატენტი, პატენტის № P 6807, 2018.02.05. განაცხადის № 14158/01, 2016.05.27.

Conclusions

On the base of analyses the results of theoretical and field experimental researches presented in the paper, following results have been received:

- Physical-mechanical and chemical characteristics of soil-ground of the investigated slope has been established in laboratory conditions, according to which the erosion degree of vulnerable slope soil-ground has been estimated.
- Quantity characteristics of the erosion processes of soil-ground, running on the control area of field integrated polygon, installed at the vulnerable slope of the river Gldaniskhevi valley, have been determined in the field conditions.
- Anti-soil erosion efficiency of geo mat Luffaeromat has been estimated with the field experiment, by means of comparison the sediment runoff formatted from control and experimental areas.
- It was determined linear attitude between the intensity of precipitates and the sedimentary runoff at the control area of the field integrated polygon, which has been received as a result of treatment the field experimental data by the least squares method.
- According to field experimental data correlation union between the intensity of precipitates and the sediment runoff at the control area was determined.
- According to the theory of reliability, validity of the average dynamics of growth the herbaceous plants grown at the areas of the field integrated polygon has been determined, which is 51-52%.
- Computer modelling of the dynamics of gully developing at the control area of the field polygon and of growth the herbaceous plants growing at the experimental area, has been accomplished with the use of a specially made computer program.
- Quantitative characteristics of the erosion processes running in the catchment micro basins of the river Gldaniskhevi valley have been determined.
- Engineering-geological characteristics of the landslide slope existed in the Gldaniskhevi valley have been determined on the base of field and laboratory researches.

- The landslide slope factor has been determined at the Mamkoda settlement adjoining hill side, having taken into account different equilibrium conditions of heterogeneous creeping depth landslide body.
- The prediction of the landslide slope rupture critical depth in case of moist and dry ground, taking into account critical angle of slope inclination, has been implemented.
- The forecasting of various percentage reliability maximal discharges of the predictable debris flow in the river Gldaniskhevi catchment basin has been implemented.
- Taking into account the speed of continuous wave arisen during the coherent debris flow movement with constant discharge, computing dependence of the debris flow impulsive force has been corrected.
- A new through type anti-debris flow construction has been elaborated and patented.
- Efficiency characteristics of the through type anti-debris flow construction against the predictable debris flow in the river Gldaniskhevi catchment basins, have been defined, according to which the initial value of the impulsive force within the limits of definite assumption cancels 2÷125 times at the construction.
- As a result of economical calculations it is determined, that after rehabilitation of the vulnerable slope with the help of geo mat Luffaeromat, in case of growing the nut plantation there, the discount profit at 1 ha will be 53120 Gel, that is considerable economical effect.
- Yearly effectiveness of the through type anti-debris flow construction against the curvilinear shape jumping-off ground type anti-debris flow construction is determined, that is 247,5 Gel/ linear m.