

საქართველოს იუნესკოს საქმეთა ეროვნული კომისია
UNESCO Georgian National Commission

ა(ა)იპ გარემოს დაცვის ეკოცენტრი
გაეროს ეკონომიკური და სოციალური საბჭოს
(ECOSOC) საკონსულტაციო სტატუსის
ორგანიზაცია
ECOCENTER FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION
The Organization in Category of Consultative Status with
the Economic and Social Council (ECOSOC) of UN



The Organization in Category of
Consultative Status with the
Economic and Social Council
(ECOSOC) of UN

**ბუნებრივი კატასტროფების პროგნოზირება და
რისკების შემცირების ინოვაციური ღონისძიებები
სოფელ ჯვარბოსლის (მთათუშეთი, ახმეტის
მუნიციპალიტეტი) მოსახლეობის უსაფრთხოება
ეროზიულ - ღვარცოფული პროცესებისაგან**

პროექტის ხელმძღვანელი:

გივი გავარდაშვილი

*საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის
აკადემიკოსი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
პროფესორი*

თბილისი - 2023

UDC (უაკ) 556.166 + 627
ს - 72

საქართველოს იუნესკოს საქმეთა ეროვნული კომისია
UNESCO Georgian National Commission

ა(ა)იპ გარემოს დაცვის ეკოცენტრი
გაეროს ეკონომიკური და სოციალური საბჭოს
(ECOSOC) საკონსულტაციო სტატუსის
ორგანიზაცია

ECOCENTER FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION
The Organization in Category of Consultative Status with
the Economic and Social Council (ECOSOC) of UN

მასალა გამოიცა გაერთიანებული ერების განათლების,
მეცნიერებისა და კულტურის ორგანიზაციის (UNESCO)
2022 - 2023 წ.წ. “მონაწილეობის პროგრამის” ფინანსური
მხარდაჭერით

წიგნი 7

© გ.გ. გავარდაშვილი

ISBN 978-9941-33-248-7

თბილისი - 2023



ა) ხედი ქვევიდან ზევით



ბ) ხედი ზევიდან ქვევით
ეროზიის საწინააღმდეგო ბეტონის ბარაჟები
პროექტის შემსრულებლები

#	სახელი, გვარი	სამეცნიერო ხარისხი	როლი პროექტში
1	გივი გავარდაშვილი	აკადემიკოსი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, მთ. მეცნიერი	პროექტის ხელმძღვანელი და შემსრულებელი
2	ინგა ირემაშვილი	ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი (აკადემიური დოქტორი), პროფესორი, მთ. მეცნიერი	პროექტის შემსრულებელი
3	ედუარდ კუხალაშვილი	ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, მთ. მეცნიერი	პროექტის შემსრულებელი
4	კონსტანტინე ბზიავა	ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი (აკადემიური დოქტორი), პროფესორი, მთ. მეცნიერი	პროექტის შემსრულებელი
5	შორენა კუპრეიშვილი	ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი (აკადემიური დოქტორი), პროფესორი, მთ. მეცნიერი	პროექტის შემსრულებელი
6	ლევან წულუკიძე	ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი (აკადემიური დოქტორი), მთ. მეცნიერი	პროექტის შემსრულებელი
7	ნათია გავარდაშვილი	საზოგადოებრივი გეოგრაფიის აკადემიური დოქტორი	პროექტის შემსრულებელი
8	ანა გავარდაშვილი	ინფორმატიკის აკადემიური დოქტორი	პროექტის შემსრულებელი
9	თამრიკო სუპატაშვილი	აკადემიური დოქტორი, პროფესორი, უფრ. მეცნიერი	პროექტის შემსრულებელი
10	ირაკლი კვიციანი	მაგისტრი, მეცნიერ-თანამშრომელი	პროექტის შემსრულებელი

შინაარსი

1. სოფელ ჯვარბოსლის (მთათუშეთი) მიმდებარე ეროზირებული მთის ფერდობის სარეაბილიტაციო კომპლექსური ღონისძიებები	6
1.1. საკვლევი ტერიტორიის კომპლექსური შეფასება	6
2. ხევის ჰიდროლოგიური გაანგარიშება.....	10
3. ხევის ჰიდრაულიკური გაანგარიშება.....	13
4. ხევის ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებები	17
5. ძირითადი დასკვნები	21
6. ლიტერატურა.....	24

1. სოფელ ჯვარბოსლის (მთათუშეთი) მიმდებარე ეროზირებული მთის ფერდობის სარეაბილიტაციო კომპლექსური ღონისძიებები

1.1. საკვლევი ტერიტორიის კომპლექსური შეფასება

სამუშაო ითვალისწინებს მთათუშეთის სოფ. ჯვარბოსლის მიმდებარე ტერიტორიაზე წარმოშობილი ეროზიული ხევისა და ფერდობის გამაგრებას საინჟინრო და ფიტომელიორაციული მეთოდებით.

ამ მიზნით განხორციელდა ტერიტორიის საინჟინრო-გეოლოგიური, ჰიდროლოგიური და სატყეო-მელიორაციული შეფასება. ხევის სტაბილიზაციის მიზნით გათვალისწინებულია ბეტონის მცირე სიმაღლის კაშხლების (ბარაჟები) დაპროექტების მეთოდოლოგიის დამუშავება.

სოფელი ჯვარბოსელი მდებარეობს ზღვის დონიდან 1904 მ-ზე. საკვლევი ტერიტორიის წყალშემკრები აუზის ფართობი შეადგენს 0,0325 კმ²-ს, ხოლო სიგრძე – 0,4 კმ-ს. საკვლევი ხრამის სათავე მდებარეობს ზღვის დონიდან 2012 მ-ზე, ხოლო მდინარე თუშეთის შესართავი ალაზანთან – 1835 მ-ზე.

სოფელ ჯვარბოსლის რელიეფი და მისი ძირითადი ტიპები ჩამოყალიბებულია მეოთხეული პერიოდის ვერტიკალური მოძრაობებით, გამყინვარებით, მდინარეული ეროზიითა და მექანიკური გამოფიტვით. ფერდობის სამხრეთი ექსპოზიცია დღე-ღამური და სეზონური ტემპერატურების ცვლილებით მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს ეროზიული პროცესების განვითარებას.

სოფელ ჯვარბოსელში ჰავა ცივია და განეკუთვნება ალპური ჰავის ზოლს. მთელი წლის განმავლობაში

ამინდები გრილია (წლის საშუალო ტემპერატურა 5°C-ია). ზამთარში სუსხიანი და თოვლიან-ყინვიანი. იანვრის ტემპერატურა მინუს 12°C-დან 18°C-მდე აღწევს და მთის მდინარე ალაზანიც კი იყინება. გაზაფხული გვიან დგება, შემოდგომა ადრე. ხშირად სექტემბერში თოვლი მოდის. ზაფხული გრილია (ივლისის ტემპერატურა 10°C-დან 14°C-მდე), მოკლე და ნესტიანი.

იანვარ-თებერვალში ჰაერის საშუალო ტემპერატურა მინუს 13-15°-ზე დაბლა არ ჩამოდის, თოვლის საფარის ხანგრძლივობა 5-6 თვეა, ხოლო ივლის-აგვისტოში ჰაერის საშუალო ტემპერატურა პლუს 14-15 გრადუსია.

სოფელ ჯვარბოსელში ნალექების რაოდენობა წელიწადში მერყეობს 450-900 მმ-ში, საშუალო მრავალწლიური კი 770 მმ-ია. აქედან ნალექების 69% მოდის თბილ პერიოდში – აპრილიდან სექტემბრის ჩათვლით, 31% კი დანარჩენ 6 თვეში - მყარი სახით. თოვლის საფარის მაქსიმალური სისქე 2 მ-ს აღწევს, მინიმალური - 0,3 მ-ს.

ჰავა კონტინენტურია. ღრუბლიან დღეთა რაოდენობა, საშუალოდ, თვეში 5.5-ია. სოფელ ჯვარბოსელში სეტყვა იშვიათი მოვლენაა. აქ საშუალო სიჩქარის ქარები (7-14 მ/წმ) წელიწადში დროის 10%-ს აღწევს; ძირითადად, სუსტი ქარი და წყნარი დღეები იცის. სოფელ ჯვარბოსელთან უახლოესი მეტეოსადგურის მიხედვით კლიმატური მაჩვენებლები მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1

სოფ. ომალოს კლიმატური ელემენტების დახასიათება

სადგურის დასახელება	სიმაღლე მ-ში სადგური	ჰაერის ტემპერატურა გრაფისებში			ფარდობითი ტენიანობა %		წლიური დრუბლიანობა საერთო დრუბლიანობის მიხედვით %	ნალექი (მმ)			წლიური ნალექების დღეთა რიცხვი	წლიური დანესტიანების კოეფიციენტი
		ყველაზე ცივი თვის	ყველაზე თბილი თვის	საშუალო წლიური	ყველაზე მშრალი თვის	საშუალო წლიური		წლიური ჯამი	ზაფხული	ზამთარი		
ომალო	1880	-9.1	14.2	3.5	66	69	55	748	234	121	124	1.5

სოფ. ომალოში დანესტიანების ბალანსი, წლიური მანვენებლების მიხედვით დადებითია (ცხრ. 2).

ცხრილი 2

დანესტიანების ბალანსი (მმ)

სადგური	თვეები												წლიური
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ომალო	20	27	30	48	55	44	10	-17	4	6	19	21	267

სოფელი ჯვარბოსელი მდებარეობს კავკასიონის ქედის სამხრეთ ფერდობზე განვითარებული კონუსისმაგვარი ფორმის დელუვიური ნალექებით აგებულ ტერიტორიაზე. ასეთი დელუვიური კონუსის წარმოშობა დაკავშირებულია აქ არსებული, თითქმის ვერტიკალურ მდგომარეობაში მყოფი ღია მთის ფერდობების ტიპთან. მათი ზედაპირი, მიუხედავად დიდი ქანობებისა (35°-40°), ძირითადად

სტაბილიზებულია, რელიეფის ფორმები – რბილი, მიწის ზედაპირი დაფარულია ბალახით, რომელსაც ადგილობრივი მოსახლეობა საძოვრებად იყენებს.

ასეთი დელუვიური გენეზისის კონუსები მრავლადაა განვითარებული კავკასიონის მთავარი გულისა და მისი მომიჯნავე მთის ფერდობების გასწვრივ. სოფელი ჯვარბოსელი, ისევე როგორც ეროზიული ხევი, ერთ-ერთი ასეთი ნაშალი მასალის აკუმულაციის შედეგად შექმნილ კონუსზეა განლაგებული.

ხევი განვითარებულია სწორედ ასეთი გენეზისის მქონე დელუვიურ ნალექებში, ჰიფსომეტრულად სოფ. ჯვარბოსლის განლაგების აბსოლუტურ ნიშნულზე (1880 მ) მაღლა, ჩრდილოეთიდან სამხრეთის მიმართულებით, ფერდობის დაქანების გასწვრივ.

ერთი შეხედვით წონასწორობის პირობებში მყოფ, ბალახით დაფარულ ფერდობზე, ნეგატიური ეროზიული პროცესების ჩასახვისა და სწრაფი განვითარების მაინციტირებლად, ეროზიული ხევის დასაწყისში, 2003-2012 მ აბსოლუტურ ნიშნულებს შორის გამომავალი წყაროები უნდა ჩაითვალოს. მათი მეშვეობით განხორციელდა დელუვიური გრუნტების გაწყლოვანება. უნდა აღინიშნოს, რომ დელუვიონი სწრაფად ლბობადი გრუნტებითაა წარმოდგენილი. ასეთ შემთხვევაში თოვლის დნობის პროცესში ფორმირებული ნებისმიერი ნაკადული, ეროზიული ხევის ჩასახვისა და განვითარების ფაქტორი ხდება.

ეროზიული ხევის უდიდესი სიღრმე 9-11 მ-ს აღწევს, ხოლო სიგანე – 20-25 მ-ს. ხევის ფსკერის სიგანე 0,7-1,2 მ-ს არ აღემატება. აქ დაგროვილია მსხვილნატეხოვანი ნამსხვრევი მასალა, ღორღი და ხვინჭა. ქვიშის, თიხისა და მტვრის ფრაქცია მთლიანად გამორეცხილია. ხევის საერთო სიგრძე 200 მ-ზე ნაკლებია. „V“-სებრი ხევის ფერდობების დახრილობა 60°-75° აღწევს. უდიდეს სიღრმეს ხევი მის შუა წელში აღწევს, ხოლო ქვედა ნა-

წილში, სოფ. ჯვარბოსლის განაპირას, იქ, სადაც გარეცხვას აკუმულაცია ჭარბობს, ეროზიული ჩაღრმავება შედარებით უმნიშვნელოა.

ხევის განვითარება იმდენად ინტენსიურად მიმდინარეობს (ჩამოყალიბდა და განვითარდა უკანასკნელი 15 წლის განმავლობაში), რომ იქმნება საშიშროება არამარტო საძოვრების ჩამორეცხვისა და განადგურებისა, არამედ თვით სოფ. ჯვარბოსლის არსებობისაც. აღნიშნულის გათვალისწინებით, წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის მიერ აქ განხორციელდა ტოპოგრაფიული და დეტალური საინჟინრო გეოლოგიური და გეოტექნიკური გამოთვლები. სახელდობრ, დადგინდა თვით დელუვიურის, აგრეთვე ხევის ფსკერზე არსებული ნატანი გრუნტის ფიზიკური თვისებების მახასიათებლების (ტენიანობა, მინერალური ნაწილაკების სიმკვრივე, ბუნებრივი სიმკვრივე, შემადგენლობა, შემკვების პლასტიკურობა, საერთო ლბობადობა), სიმტკიცის მახასიათებლების (შინაგანი ხახუნის კუთხე, შეჭიდულობა) ნორმატიული და საანგარიშო პარამეტრები.

2. ხევის ჰიდროლოგიური გაანგარიშება

საკვლევი ტერიტორიის (დასაპროექტებელი ობიექტი) ზედაპირული ჩამონადენის სიდიდის დასადგენად გამოყენებულია პროფესორ გ. როსტომოვის ემპირიული დამოკიდებულებები, რომელიც რეკომენდებულია კავკასიის რეგიონისათვის.

მაქსიმალური წყლის ხარჯი გაანგარიშდა შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$Q = R \left[\frac{\Omega^{2/3} \cdot K^{1,35} \cdot \tau^{0,38} \cdot \bar{I}^{0,125}}{(L + 10)^{0,44}} \right] \Pi \cdot \sigma \cdot \lambda, \quad (1)$$

სადაც Q წყლის ჩამონადენის მაქსიმალური ხარჯია, მ³/წმ; R – საკვლევი (დასაპროექტებელი) ტერიტორიის კოეფიციენტი; Ω – წყალშემკრები აუზის ფართობი (კმ²), გამოითვლება მსხვილმასშტაბიანი ტოპოგრაფიული რუკიდან; K – კლიმატური კოეფიციენტი, იანგარიშება ნორმატიული რუკიდან; τ – განმეორების პერიოდი (უზრუნველყოფა %-ში); \bar{I} – აუზის საშუალო ქანობი, გამოთვლილია მსხვილმასშტაბიანი ტოპოგრაფიული რუკიდან; L – წყალშემკრები აუზის სიგრძე, კმ-ში, გამოთვლილია მსხვილმასშტაბიანი ტოპოგრაფიული რუკიდან; σ – წყალშემკრები აუზის ფორმის კოეფიციენტი, იანგარიშება დამოკიდებულებით

$$\sigma = 0,25 \frac{B_{\text{მაქს}}}{B_{\text{საშ}}} + 0,75, \quad (2)$$

სადაც $B_{\text{მაქს}}$ წყალშემკრები აუზის მაქსიმალური სიგანეა, კმ-ში; $B_{\text{საშ}}$ – წყალშემკრები აუზის საშუალო სიგანე, კმ-ში, გამოითვლება მსხვილმასშტაბიანი ტოპოგრაფიული რუკიდან; $B_{\text{საშ}}$ -ს გამოსათვლელად გამოყენებულია დამოკიდებულება:

$$B = \frac{F}{L}, \quad (3)$$

სადაც F წყალშემკრები აუზის ფართობია, კმ²-ში; λ – ტყიანობის მახასიათებელი უგანზომილებო სიდიდე, გამოითვლება დამოკიდებულებით:

$$\lambda = \frac{1}{1 + 0,2 \frac{\Omega_{\text{ტყ}}}{\Omega}}, \quad (4)$$

სადაც $\Omega_{\text{ტყ}}$ – წყალშემკრები აუზის ფართობია, რომელიც ტყითაა დაფარული, კმ²; Π – ნიადაგური პარამეტრი, რომელიც გამოითვლება რუკიდან და ცხრილებიდან.

ზემოხსენებული მახასიათებლების გამოსათვლელად გამოყენებულია მსხვილმასშტაბიანი ტოპოგრაფიული

რუკები და პროფესორ გ. როსტომოვის ავტორობით გამოცემული ტექნიკური მითითებები „მდინარეთა მაქსიმალური ჩამონადენის ანგარიში კავკასიის პირობებში“, თბილისი, 1980 წ. (რუსულ ენაზე).

საბოლოოდ, საკვლევ ტერიტორიაზე წყლის 1%-იანი უზრუნველყოფის ხარჯის დასადგენად, გაანგარიშდა (1) ფორმულაში შემავალი ყველა სიდიდე: R -ის მნიშვნელობა მოცემულია ტექნიკურ მითითებაში და უდრის 1,15-ს; $\Omega = 0,0325$ კმ²; $K = 7$; $\tau = 100$ წ (1%-იანი უზრუნველყოფა); $\bar{I} = 0,44$; $L = 0,4$ კმ; $\Pi = 0,7$; $\sigma = 1,06$; $\lambda = 1$; $B_{აქს} = 0.1$ კმ; $\Omega_{ტყ} = 0$ კმ²; $B_{საშ} = 0,08$ კმ.

შესაბამისი გამოთვლების შედეგად (1) დამოკიდებულების საშუალებით დადგინდა წყლის მაქსიმალური ჩამონადენის 1%-იანი უზრუნველყოფის ხარჯი, რომელმაც საკვლევ ტერიტორიაზე (წყალშემკრებ აუზში) $Q = 2,23$ მ³/წმ შეადგინა. ჩამონადენის მოდულში ეს მაჩვენებელი უდრის $M = 68615$ ლ/წმ-ს კმ²-დან, ხოლო დასაპროექტებელი კვეთისთვის, იმ ფართობის გათვალისწინებით (≈ 0.0325 კმ²), სადაც წყლის ზედაპირული ჩამონადენი ფორმირდება, ეს მაჩვენებელი – $M = 2230$ ლ/წმ-ს.

აღნიშნული ჰიდროლოგიური ანგარიში ადასტურებს სოფ. ჯვარბოსელში არსებული ხრამის განვითარების ძალზე სწრაფ დინამიკას და უშუალოდ ხრამში საინჟინრო და სატყეო-მელიორაციული ღონისძიებების კომპლექსური განხორციელების აუცილებლობას. ჯვარბოსლის ხევში მიმდინარე ეროზიულ-დვარცოფული პროცესების სტაბილიზაციის მიზნით მიზანშეწონილია კალაპოტური პროცესების მარეგულირებელი ბეტონის წყალსაშვიანი ბარაჟების მოწყობა, ზედა და ქვედა ბიეფში განთავსებულ მთის ფერდობებზე ფიტომელიორაციული და სატყეო მელიორაციული (ადგილობრივი ბალახოვანი მცენარეების დათესვა) ღონისძიებების განხორციელება.

3. ხევის ჰიდრაულიკური განგარიშება

სოფ. ჯვარბოსლის მიმდებარე ტერიტორიაზე წარმოშობილი ხევის ჰიდრაულიკური ანგარიშით 1%-იანი უზრუნველყოფის ხარჯისათვის მიღებულია, რომ $Q_{1\%} = 2,23 \text{ მ}^3/\text{წმ}$; ხევის პარამეტრები: სიგანე ფსკერზე $b_0 = 1,20 \text{ მ}$; ფერდოს დახრის კოეფიციენტი: $m = ctg 40^\circ = 1,192$; ხევის ფსკერის ქანობი – $i = 0,515$; კალაპოტის ხორკლიანობის კოეფიციენტი – $n = 0,040$; ტრაპეციული კვეთის მქონე ხევის ცოცხალი კვეთის ფართობი (ω) იანგარიშება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$\omega = b_0 h + m h^2 \quad (\text{მ}^2), \quad (5)$$

სადაც b_0 არის ხევის ფსკერის ძირის სიგანე (მ); h – წყლის ნაკადის სიღრმე (მ); m - ხევის ფერდობის დახრის კოეფიციენტი.

ზემოთ მოყვანილ საანგარიშო დამოკიდებულებების გამოყენებით მე-4 ბარაჟის ზედა ბიეფის კალაპოტის მანვენებლები ასეთია: $b_0 = 1,20 \text{ მ}$; $m = ctg 40^\circ = 1,192$; ხევის სველი პერიმეტრი იანგარიშება შემდეგი ფორმულით;

$$\chi = b_0 + 2h\sqrt{1+m^2} \quad (\text{მ}); \quad (6)$$

ჰიდრაულიკური რადიუსი ტოლია:

$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (\text{მ}) \quad (7)$$

არხში ფორმირებული წყლის ნაკადის საშუალო სიჩქარე იანგარიშება შეზის ფორმულით:

$$V = C\sqrt{R \cdot i} \quad (\text{მ}^3/\text{წმ}), \quad (8)$$

სადაც C არის შეზის კოეფიციენტი, რომელიც იანგარიშება ფორმულით:

$$C = \frac{1}{n} R^y \quad (\text{მ}^{0,5} \cdot \text{წმ}^{-1}), \quad (9)$$

ჩვენს შემთხვევაში ხარისხის მაჩვენებლის სიდიდეს ვიღებთ $y=0,17$; i – არის ხევის კალაპოტის გრძივი პროფილის ქანობი. ამ უბანში იგი ტოლია: $i = 0,515$.

ხევაში ფორმირებული წყლის ხარჯი იანგარიშება ფორმულით:

$$Q = \omega V \quad (\text{მ}^3 / \text{წმ}) \quad (10)$$

მოყვანილი ფორმულების გამოყენებით ვანგარიშობთ ხევის ჰიდრაულიკურ მახასიათებლებს მე-4 ბარაქისათვის. მათი მნიშვნელობებიც მოყვანილია ცხრილში 3. ანგარიშს ვაწარმოებთ მანამ, სანამ Q არ გაუტოლდება 1%-იანი უზრუნველყოფის ხარჯის სიდიდეს – $Q_{1\%} = 2,23 \text{ მ}^3/\text{წმ}$.

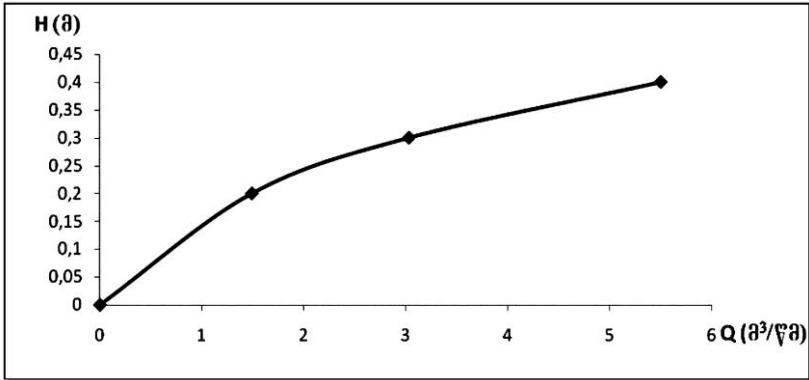
ცხრილი 3

ხევის ჰიდრაულიკური პარამეტრების ვანგარიშება

№	წყლის სიღრმე, h (მ)	ხევის ფუძის სიგანე, b_0 (მ)	წოცხალი კეფის ფართობი, ω (მ ²)	სველი პერიმეტრი, χ (მ)	ჰიდრაულიკური რადიუსი, R (მ.)	შეზის კოეფიციენტი, C (მ ^{0,5} /წმ)	წყლის საშუალო სიჩქარე V (მ/წმ)	წყლის ხარჯი, Q (მ ³ /წმ)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,2	1,2	0,287	1,822	0,157	18,23	5,18	1,49
2	0,3	1,2	0,467	2,134	0,219	19,30	6,48	3,03
3	0,4	1,2	0,671	2,444	0,274	20,05	7,53	5,05

რადგან ბოლო მესამე მონაცემმა გადააჭარბა

$Q_{1\%} = 2,23 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ -ს, ამიტომ ანგარიში წყდება და 1%-იანი ხარჯის დასადგენად ვაგებთ $H = f(Q)$ დამოკიდებულების გრაფიკს (ნახ. 1):



ნახ. 1. $H = f(Q)$ დამოკიდებულების გრაფიკი

ნახაზზე დავიგანთ ხევში ფორმირებულ მაქსიმალურ წყლის ხარჯს $Q_{1\%} = 2,23 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ -ის შესაბამის სიღრმეს $H = 0,26 \text{ მ}$, ამით მე-4 ბარაჟის ზედა ბიეფში ჰიდრავლიკური ანგარიში დამთავრებულია, ხოლო შესაბამისი ჰიდრავლიკური მანქანებლები კი შემდეგია:

$$\omega = b_0 h + m h^2 = 0,393 \text{ (მ}^2\text{)};$$

$$\chi = b_0 + 2h\sqrt{1+m^2} = 2,01 \text{ (მ)};$$

$$R = \frac{\omega}{\chi} = 0,196 \text{ (მ)};$$

$$V = c\sqrt{Ri} = 6,02 \text{ (მ/წმ)};$$

$$Q = \omega V = 2,36 \text{ (მ}^3/\text{წმ)}.$$

ანალოგიური ჰიდრავლიკური ანგარიში ჩატარებულია მესამე, მეორე და პირველი ბარაჟების კვეთებში, როგორც მსგავსი განივი პროფილისა და ქანობის შემთხვევები, კერძოდ კი:

ხევის ფუძის სიგანეა – $b_0 = 1,20 \text{ (მ)}$;

კალაპოტის საშუალო ქანობი – $i = 0,437$;

კალაპოტის ხორკლიანობა – $n = 0,040$;

ხევის დაფერდების კოეფიციენტი – $m=0,9$;

ანგარიში წარმოდგენილია ცხრილი 4-ის სახით:

ცხრილი 4

ხევის ჰიდრაულიკური პარამეტრების ანგარიში

№	წყლის სიღრმე, h (მ)	ხევის ფუძის სიგანე, b_0 (მ)	ცოცხალი კვეთის ფართობი, ω (მ ²)	სველი პერიმეტრი, χ (მ)	ჰიდრაულიკური რადიუსი, R (მ.)	შუბის კოეფიციენტი, C (მ ^{0,5} /წმ)	წყლის საშუალო სიჩქარე, V (მ/წმ)	წყლის ხარჯი, Q (მ ³ /წმ)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,2	1,2	0,276	1,738	0,159	18,3	4,82	1,33
2	0,3	1,2	0,441	2,007	0,22	19,33	5,99	2,64
3	0,4	1,2	0,624	2,280	0,27	20,05	6,94	4,33

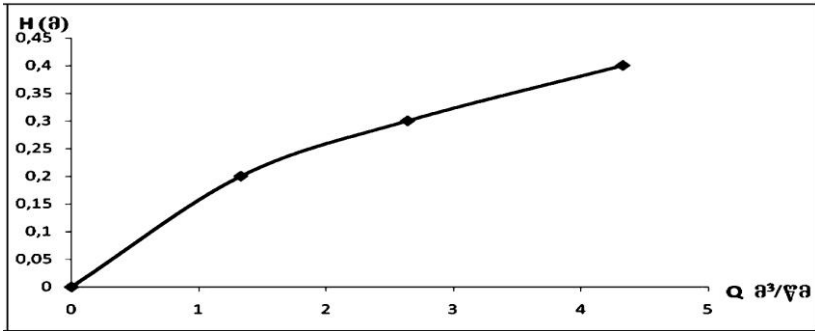
ცხრილი 4-ის მონაცემების მიხედვით ვაგებთ $H = f(Q)$ დამოკიდებულების გრაფიკს (ნახ. 2). ნახაზზე ხარჯს $Q_{1\%} = 2,23$ მ³/წმ შეესაბამება წყლის სიღრმე ხევში $H = 0,27$ მ.

შესაბამისი ჰიდრაულიკური მაჩვენებლები ტოლია:

$$\omega = 1,2 \cdot 0,27 + 0,9 \cdot 0,27^2 = 0,39 \text{ (მ}^2\text{)};$$

$$\chi = 1,2 + 2 \cdot 0,27 \sqrt{1 + 0,9^2} = 1,93 \text{ (მ)}; \quad V = 19,03 \sqrt{0,20 \cdot 0,437} = 5,63$$

$$\text{(მ/წმ)}; \quad R = \frac{0,39}{1,93} = 0,20 \text{ (მ)}; \quad Q = 2,20 \text{ (მ}^3\text{/წმ)}.$$



ნახ. 2. $H = f(Q)$ დამოკიდებულების გრაფიკი

4. ხევის ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებები

თუშეთისა და, კერძოდ, სოფ. ჯვარბოსლის მიმდებარე ტერიტორიის უნიკალობისა და თვითმყოფადობის გათვალისწინებით შედარებით ახალწარმოქმნილი ხევი ხასიათდება შემდგომი განვითარებით. აქ მიზანშეწონილია განხორციელდეს სენსიტიური უბნებისათვის მისაღები და ფრთხილად შერჩეული ღონისძიებები, რომლებიც უნდა მოიცავდნენ როგორც საინჟინრო ნაგებობების, ისე ფიტომელიორაციული ხასიათის მეთოდების გამოყენებას. პირველი მათგანი შესაძლებლობას იძლევა ოპერატიულად, დროის შედარებით მცირე მონაკვეთში უზრუნველყოს დაზიანებული რელიეფის სტაბილურობა, ხოლო მეორე მოითხოვს ხანგრძლივ პერიოდს (რამდენიმე წელიწადს), რათა მიღებულ იქნეს მასზე გათვლილი სათანადო ეფექტი. ეს ღონისძიებები ისე უნდა იქნეს შერჩეული, რომ რაც შეიძლება ნაკლები ზიანი მიაღვეს ადგილობრივ გარემოს და ორიენტირებულ იქნეს მიმდინარე ნეგატიური ხასიათის მოვლენების თუ არა მთლიანად აღმოფხვრაზე, მათ შესუსტებაზე მაინც.

შექმნილ სიტუაციაში უპირატესობა უნდა მიენიჭოს საინჟინრო ღონისძიებების განხორციელებას ეროზირებულ ხევში საშუალო ან მცირე ზომის ბეტონის კაშხლების მოწყობით, როგორც ეს ხორციელდებოდა და დღესაც წარმატებით ფუნქციონირებს საქართველოს მსგავს მთაგორიან ქვეყნებში – ავსტრია, შვეიცარია, გერმანია, იაპონია, ჩინეთი, ნეპალი და ა.შ. ამ სახის შემოთავაზებულ ღონისძიებას ის უპირატესობა გააჩნია, რომ იგი მშენებლობის დამთავრებისთანავე იძლევა საგრძნობ დადებით შედეგს მოგვიანებით წარმოშობილი ხარვეზების აღმოფხვრის შესაძლებლობით.

ბეტონის კაშხლებისათვის ეროზირებულ ხევში ადგილების შერჩევასა და მხედველობაში იქნა მიღებული როგორც ხევის გრუნტის ძირითადი მახასიათებლები, ასევე მისი გრძივი პროფილის ცვლილების ხასიათი, განივი კვეთების ფორმები და სავარაუდო მანძილები კაშხლებს შორის. ამ ტიპის კაშხლებზე გამართლებულია ტრაპეციული ფორმის წყალსაშეგებებისა და კაშხლის ტანში მცირე ზომის ხვრეტების მოწყობა წვიმიანობისა და ხევში წარმოშობილი წყლის ნაკადის უმტკივნეულოდ გატარების მიზნით, ვიდრე კაშხლის ზედა ბიეფი მთლიანად შეივსება მყარი ჩამონადენით. ასეთ შემთხვევებში ეროზირებული კალაპოტის საიმედო სტაბილიზაციისათვის მიზანშეწონილია კაშხლებს შორის ხევის ფსკერისა და ფერდობების გამაგრება მოსაპირკეთებელი მასალით, რაც ხელს შეუწყობს მთლიანად ხევის დასტაბილიზებასა და მყარი ჩამონადენის მინიმიზაციას.

სოფელ ჯვარბოსლის მიმდებარე ტერიტორიაზე დასარეგულირებელი ხევის პირველადი მონაცემები ასე გამოიყურება: მთლიანად ფერდობის ფართობი, სადაც წარმოშობილია თხიერი ზედაპირული ჩამონადენით გამოწვეული ხევი, შეადგენს (როგორც ეს ზემოთ იყო აღნიშნული) 32500 მ²-ს, ხევის სიგრძეა - 185 მ, მისი განივი კვეთი

თითქმის მთელ სიგრძეზე სამკუთხა ფორმისაა, რომლის სიგანე ფერდობის ზედაპირთან ცალკეულ კვეთებში აღწევს 12 მ-ს, ხოლო ფსკერთან 2-3 მ-ს. ხევის სიღრმეები მისი სათავიდან მდ. ალაზნის შესართავამდე იცვლება 5-10 მ-ის ფარგლებში. ხევის ქანობი სათავიდან მის ბოლომდე მიახლოებით მუდმივია და შეადგენს 35° -ს ანუ $i = 0,56$.

ხევის დამარეგულირებელ ბეტონის კაშხლებს შორის მანძილის დადგენა არც თუ იოლი ამოცანაა და იგი მოითხოვს ხევის როგორც გეომეტრიული ზომების, ისე კალაპოტის ფსკერისა და მყარი ჩამონადენის გრანულომეტრიული შემადგენლობის დადგენას, აგრეთვე კაშხლის ზედა ბიეფში დალექილი მყარი ჩამონადენის ზედაპირის ქანობის შეფასებას, რომელიც რეალურად არა წრფივი, არამედ მრუდწირული ხასიათისაა. ამ წირის სიგრძეზე, თუ მთლიანად არა, მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული კაშხლებს შორის მანძილის დადგენა, ე.ი. კაშხლების საერთო რაოდენობა, მაგრამ არსებული ხევის შედარებით მცირე სიგრძისა და მყარი ჩამონადენის ერთგვაროვნების გათვალისწინებით შესაძლებელია პირველი მიახლოებით, როგორც არსებულ ტექნიკურ ლიტერატურაშია მიღებული, ასეთი შემთხვევისათვის დასაშვებია წირი მიღებულ იქნეს სწორხაზოვნად, ხოლო მისმა ქანობმა შეადგინოს ხევის კალაპოტის ქანობის 0,5 ნაწილი.

ამგვარი დაშვებებით დადგინდა, რომ ხევის მთელ სიგრძეზე დასაპროექტებელია ოთხი ბეტონის კაშხალი (სურ. 1, 2).



**სურ. 1. ეროზიის საწინააღმდეგო ბეტონის ბარაჟები
(ხედი ქვევიდან ზევით)**



**სურ. 2. ეროზიის საწინააღმდეგო ბეტონის ბარაჟები
(ხედი ზევიდან ქვევით)**

თითოეული კაშხალი გაანგარიშდა ამ შემთხვევისათ-

ვის ტრადიციული მეთოდით – მდგრადობასა და გადაყირავებაზე ხევის გრუნტში ერთ მეტრამდე ჩაღრმავებით. კაშხლის ქიმზე მოწყობილი ტრაპეციული ფორმის წყალსაშვებები გაანგარიშებდა 1%-იანი უზრუნველყოფის თხიერ ჩამონადენზე ქვედა ბიეფის გამაგრებით კაშხლის მდგრადობის უზრუნველყოფის მიზნით.

სოფლის სიახლოვეში, ხეზე გათვალისწინებულია საჭაპანო ტრანსპორტისა და ფეხით მოსიარულეთათვის მცირე ზომის ერთმალიანი ბეტონის ფილის ბოგირი, რომლის სიგრძე შეადგენს 10 მ-ს, ხოლო სიგანე 3 მ-ს.

ჩვეულებრივად, ამ ტიპის ხეებს ახასიათებს საკმაოდ ძლიერი გამოტანის კონუსის წარმოშობა, მაგრამ ვინაიდან ხევის დაბოლოება მკვეთრი ქანობით ეშვება მდ. პირიქითა ალაზანში და ეს უკანასკნელი თავისი ძლიერი წყლის ნაკადით, როგორც ეს ახასიათებს მთის მდინარეებს, რეცხავს ხევის მიერ გამოტანილ მყარ ჩამონადენს და უმტკივნეულოდ გადაადგილებს მას ქვევით, დინების მიმართულებით. ამიტომ, ამ შემთხვევაში, გამოტანის კონუსის არარსებობის გამო, მნიშვნელოვნად ადვილდება სოფ. ჯვარბოსლის დაცვა გამოტანის კონუსზე ტრანსპორტირებული დვარცოფული მასისაგან.

5. ძირითადი დასკვნები

- მთათუშეთის ტერიტორია და, კერძოდ, სოფ. ჯვარბოსლის მიმდებარე ფერდობები უკიდურესი სენსიტიურობით ხასიათდება, რაც გამოწვეულია ფერდობების დიდი ქანობითა და ნიადაგ-გრუნტების წყლის ნაკადების მიმართ სუსტი წინააღმდეგობით;
- სოფელ ჯვარბოსლის მიმდებარე ფერდობზე შედარებით ახლად წარმოშობილი თხიერი ჩამონადენის ზემოქმედებით წარმოშობილი ხევი, სიგრძით 185 მ და საშუალო სიღრმით 5-10 მ, შემდგომ პროგრესირებას განიცდის. ხევში ეროზიული პროცესები ამჟამადაც ინტენსიურად მიმდინარეობს;
- ხევის სტაბილიზაციისა და ეროზიული პროცესის შეჩერების თუ არა, შემცირების მიზნით მაინც, რეკომენდებულია მის მთელ სიგრძეზე 2-2 მ სიმაღლის ოთხი ბეტონის წყალსაშვიანი კაშხლის მოწყობა;
- კაშხლის ზომებისა და რაოდენობის დადგენას წინ უსწრებდა ჰიდროლოგიური და ჰიდრაულიკური გაანგარიშება 1%-იანი უზრუნველყოფის წყლის ხარჯის ფორმირების გათვალისწინებით;
- ხევზე მცირე ზომის კაშხლების მოწყობის გარდა, მიმდებარე ტერიტორიის მდგრადობის უზრუნველყოფის მიზნით განხორციელდა სატყეო-სამედიოორაციო ღონისძიებები წინასწარ შერჩეული, ადგილობრივ პირობებთან ადაპტირებული ხის ჯიშების განაშენიანებით;
- ხევის კალაპოტში საინჟინრო სამუშაოების დამთავრებისა და ნაგებობათა სისტემის ექსპლუატაციაში შესვლის შემდეგ საჭიროა მუდმივი მონიტორინგი წარმოშობილი უწყესიერობების დროულად და კვალიფი-

ციურად ლიკვიდაციის მიზნით;

- განსაკუთრებულ ყურადღებას ითხოვს კაშხლების ქვედა ბიეფი, რომლებიც ნაგებობის ზედა ბიეფის მყარი ჩამონადენით შევსების შემდეგ დაექვემდებარება გადმოდინებული ნატანდატვირთული ვარდნილი წყლის (ჩანჩქერის) დამანგრეველ ზემოქმედებას. გარეცხილი ფუნდამენტი სასწრაფოდ უნდა იქნეს აღდგენილი ნაგებობის მდგრადობის უზრუნველყოფის მიზნით;
- პროექტით გათვალისწინებული მთის ფერდობის გამაგრებულ მონაკვეთზე მცენარეული საფარის აღსადგენად საჭიროა თივის ჩათესვა-მულჩირების გამოყენება. ეს საშუალებას მოგვცემს აღდგეს მცენარეული საფარი ადგილობრივი სახეობებით. პროექტით გათვალისწინებულ უბანზე შეტანილი თივა ასევე შეასრულებს ნიადაგის მულჩის როლს, როგორც ნიადაგში ორგანული ნივთიერებების დამატებისა და ეროზიის პოტენციალის შემცირების საშუალება;
- თივა საჭიროა შექენილ იქნეს ადგილობრივი ფერმერებისაგან უშუალოდ მიმდებარე ტერიტორიებიდან. ეს განპირობებულია როგორც ეკოლოგიური მოსაზრებებით, ასევე იმით, რომ თივის სათესლე ბანკი სახეობრივად შეესაბამებოდეს დასათესი უბნის მოთხოვნებს. ადგილობრივი მომწოდებლის შერჩევა უნდა განხორციელდეს თივის ხარისხის შედგენების შეფასების საფუძველზე. შესასყიდი თივა უნდა იყოს კარგად მომწიფებული. მისი გაშლა, მოსწორება შესაძლებელია მოთიბვიდან 1-2 კვირის ვადაში, ასევე შესაძლებელია წინა წელს მოთიბული და სათანადო წესებით შენახული თივის გამოყენებაც;
- თივის ჩათესვა-მულჩირებისათვის ოპტიმალური პერი-

ოღია აპრილი-სექტემბერი. ჩასათესი თივა ნიადაგზე თხელ ფენად უნდა გაიშალოს. ადგილობრივი პირობების მიხედვით თივა შესაძლებელია გაიშალოს ხელით ან ტრაქტორის გამოყენებით. მისი გამოყენების ნორმაა 0,67 ტ/ჰა. ამ მონაკვეთისათვის დაცურებულ ფერდობებზე (0,5 ჰა) თივის ჩათესვა-მულჩირებისათვის საჭირო თივის რაოდენობაა - 0,34 ტონა.

6. ლიტერატურა

1. **Gavardashvili G.V.** – The New Mud-Protective Structures and Their Calculation Methodology. Tbilisi, Republic of Georgia, 1995, 58 p.
2. **Gavardashvili G.V.** – Les Nouvelles Espèces Des Constructions De la Nature. Tbilisi, „Metsniereba” 1999, 42 p.
3. **Гавардашвили Г.В.** – Оценка надежности новых противоселевых сооружений трамплинного типа. Труды международной конференции по русловым процессам, гидравлике трубопроводного транспорта, гидротехнических сооружений и вопросам гидроэнергетики. Тбилиси, 2000, ст. 111-112.
4. **Гавардашвили Г.В.** – Новые природозащитные конструкции и вопросы их надежности. Труды международного симпозиума по проектированию гидротехнических сооружений и проблемы их эксплуатации. ГТУ, Тбилиси, 2000, ст. 152-156.
5. **Гавардашвили Г.В.** – Разработка схем расположения противоселевых сооружений на горных реках. Труды международной конференции по теме "Эрозионно-селевые явления и некоторые смежные проблемы". Тр. института Грузгидроэкологии. Тбилиси, 2001, с. 33-39.
6. **გავარდაშვილი გ.ვ.** – მდინარე ღურუჯის აუზში ეროზიულ-დვარცოფული პროცესების პროგნოზირება და მათი საწინააღმდეგო ახალი საინჟინრო-ეკოლოგიური

- ლონისძიებები. “მეცნიერება”, თბილისი, 2003, 116 გვ.
7. **Гавардашвили Г.В.** - Оценка эрозионных процессов горных ландшафтов в "коридоре" нефте-газопроводов. //“Инженерная экология”, Москва, №6, 2003, с. 51-57.
 8. **გავარდაშვილი გ., წულუკიძე ლ.** – მთის ფერდობის ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა. საქართველოს პატენტი №1080U, ბიულ. №5 (153), თბილისი, 2004, გვ. 18.
 9. **გავარდაშვილი გ., წულუკიძე ლ.** – მთის ფერდობის ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა. საქართველოს პატენტი №1118, ბიულ. №15 (163). თბილისი, 2004, გვ. 22.
 10. **გავარდაშვილი გ., ვართანოვი მ.** – საქართველოში 2008 წლის საომარი მოქმედების შედეგად გადამწვარი ტყის მასივების ეკოლოგიურ-ეკონომიკური ზარალის შეფასება და მთის ფერდობებზე ნიადაგის ეროზიისაგან დამცავი ღონისძიებები. წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული №64. თბილისი, 2009. გვ. 48-59.
 11. **Gavardashvili G.V.** – Termination of Stability for the Springboard Type Trapezoidal Dam Against Debris Flow Taking Into Account Static and Dynamic Loads of Debris Flow. The IV International conference on The Modern Problems of Environmental Engineering. 22-24 June, 2010 Wroclaw –Karpacz, Poland. pp. 17.
 12. **Гавардашвили Г.В.** – Защита горных ландшафтов от стихийных явлений некоторых объектов стратегического назначения Грузии. Труды Таврического национального Университета им. В.И. Вернадского. Серия "География", том 23(62), №3, Симферополь, 2010, с.299 – 302.
 13. **გავარდაშვილი გ., ბუნებრივი და ტექნოგენური კატასტროფებისას მთის ლანდშაფტების უსაფრთხოების ღონისძიებები.** თბილისი, გამომცემლობა „უნივერსალი“, 2011, 237 გვ.
 14. **გიგაური გ., სუპატაშვილი ა., გიგაური გ. (უმცროსი) –**

საქართველოს ტყეების საკურორტო რეკრეაციულ-ტურისტული მნიშვნელობა და მათში მეურნეობის გაძღოლის საფუძვლები. თბილისი, 2007, 252 გვ.

15. **Мирцхулава Ц.Е.** – Об одном подходе прогнозирования крупных лесных пожарных опасностей, уязвимости и их повторяемости. //Экологические системы и приборы, №5, 2006. с. 39-50.
16. **Мирцхулава Ц.Е.** – Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. М.,1970,179 с.
17. **Мирцхулава Ц.Е.** – Основы физики и механики эрозии русел. Л., 1988., 303 с.
18. **Мирцхулава Ц.Е.** – Об общей методологии решения гидравлических задач с позиции надежности. В сб. Вопросы теории и практики надежности гидромелиоративных систем и сооружений. ГрузНИИГиМ, Тбилиси, 1989, с. 112-129.

UNESCO Georgian National Commission

**ECOCENTER FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION
The Organization in Category of Consultative Status with the
Economic and Social Council (ECOSOC) of UN**

**FORECASTING NATURAL DISASTERS AND RISK
REDUCTION INNOVATIVE MEASURES**

**Safety of the Population of the Village of Jvarbosli
(Mtatusheti, Akhmet Municipality)
from Erosion and Debris Flow**

**Project's Coordinator:
Academician Givi Gavardashvili,
Doctor of Technical Sciences, professor**

Book 7

The material was published with the support of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization's (UNESCO) 2022-2023 "Participation Program", within the framework of the project (2240116105) funded by UNESCO.

(Agreement # 4 / 2240116105/pp 2022-2023)

Tbilisi 2023