

UDC 551.482.32

SCOPUS CODE 1901

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-158-165>

ღვარცოფული გამონატანის მოცულობის საანგარიშო მათემატიკური მოდელი

მაია კუპრავიშვილი აგროინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0192, თბილისი, დ. გურამიშვილის გამზ. 17
E-mail: m.kupravisvili@gtu.ge

რეცენზენტები:

დ. კერესელიძე, თსუ-ის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: davit.kereselidze@tsu.ge

თ. ოდილავაძე, სტუ-ის აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი
E-mail: odilavadze2004@yahoo.com

ანოტაცია. საქართველოს ტერიტორიის მთაგორიანი რელიეფის, მასზე გავრცელებული ეროზიულ-ღვარცოფული მოვლენების გავრცელების და გახშირების გამო, რაც განპირობებულია როგორც ეგზოგენურ-ენდოგენური პროცესებით, ასევე ანთროპოგენურ-კლიმატური პირობებით, შესწავლილია მდ. შავი დურუჯის ხეობაში სავლე ექსპერიმენტების მონაცემებზე დაყრდნობით, ღვარცოფული ხასიათის წყალსადინარში კალაპოტის გარეცხვა-დალექვის მექანიზმი და ღვარცოფული გამონატანის მოცულობა მათემატიკური მეთოდების გამოყენებით. აღსანიშნავია, რომ მიღებული ექსპონენციალური დამოკიდებულება ითვალისწინებს ღვარცოფის ცვალებადი მასით მოძრაობას, კალა-

პოტწარმომქმნელი მასალის დალექვა-გარეცხვის შესაბამისად და მისი განზოგადება შესაძლებელია სხვა წყალსადინარების კალაპოტებზეც, რაც ეფექტური ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებების შემუშავების საწინდარია.

საკვანძო სიტყვები: კალაპოტური წარმონაქმნების დალექვა; კალაპოტური წარმონაქმნების გარეცხვა; ღვარცოფის ტიპები; ღვარცოფების მოძრაობა; ღვარცოფული მასის საწყისი მოცულობა; ღვარცოფის მოძრაობის დრო; ღვარცოფული მასის მატების და კლების კოეფიციენტები; ღვარცოფის მოცულობის საანგარიშო ექსპონენციალური დამოკიდებულება.

შესავალი

მიწის ფართობებსა და სავარგულეებზე ღვარცოფული მოვლენების ნეგატიური ზემოქმედების შემცირების ან მათი საერთოდ თავიდან აცილების, თანამედროვე ინჟინრული (ორგანიზაციულ-სამეურნეო) დანიშნულების ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებების შემუშავების მიზნით, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება მდინარესა ან ღვარცოფული ხასიათის წყალსადინარში კალაპოტური წარმონაქმნების წარეცხვა-დარიყვის უბნებს შორის საზღვრის დადგენას. მის ადგილმდებარეობაზე ბევრად არის დამოკიდებული სხვადასხვა სახის საინჟინრო ნაგებობის განთავსების ადგილის შერჩევა, რაც მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მათი შემდგომი ნორმალური ფუნქციონირების პირობებს.

ძირითადი ნაწილი

ეკოლოგიური მდგრადობის შესაძლო დარღვევის თვალსაზრისით, ყველაზე არასტაბილური და სახიფათო უბანი არის ღვარცოფული ხასიათის წყალსადინარის ნარიყის კონუსი (გამოზიდვის კონუსი) და მისი შემოგარენი (მიმდებარე ტერიტორია). მთაგორიანი ტერიტორიისათვის ეს უბანი გამოირჩევა როგორც ყველაზე უფრო ხელსაყრელი ადგილი დასახლებისა და სასოფლო-სამეურნეო სავარგულეებისათვის. ამიტომ, დღის წესრიგში დგას სატრანზიტო და აკუმულაციის ზონაში ღვარცოფული გამონატანის რაოდენობის (მოცულობის) პროგნოზირება, რაც უშუალოდ განაპირობებს მისი გავრცელების კონტურების დადგენას და, შესაბამისად, უსაფრთხო პრევენციული და ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებების ჩატარებას.

გასათვალისწინებელია ის ფაქტიც, რომ ღვარცოფის მოძრაობისას ადგილი აქვს როგორც კალაპოტის გარეცხვას (ნაკადის ნატანით გამდიდრების პროცესს), რაც ძირითადად წყალსადინარის ზემო უბანში ხორციელდება, ისე მყარი ჩამონადენის დარიყვას (უპირატესად წყალსადინარის ქვემო მონაკვეთში). ეს ორი ურთიერთსაწინააღმდეგო პროცესი ხორციელდება იმის მიხედვით, თუ ურთიერთშეხებაში მყოფ სხეულთა შორის რომელია უფრო სუსტი თავისი მდგრადობით – კალაპოტის ფსკერი თუ თვით ღვარცოფის ტანი. აღწერილი პროცესების მექანიზმის გათვალისწინებით და სავსე დაკვირვებებით მოპოვებულ მასალებზე დაყრდნობით შესაძლებელია განვსაზღვროთ კალაპოტის გასწვრივ ღვარცოფული გამონატანის სრული რაოდენობა და განაწილების კანონზომიერება [1].

ამოცანის გადაწყვეტის მიზნით შევადგინეთ მოვლენის მათემატიკური მოდელი, რომელიც ითვალისწინებს წყალსადინარში ღვარცოფის ცვალებადი მასის მოძრაობას – როგორც ნაკადის მთლიანი მასის მოცულობის მატების, ისე კლების შემთხვევაში [2].

ორივე შემთხვევაში ღვარცოფი ხასიათდება განსაზღვრული W_0 საწყისი მოცულობით, რომელიც წყალსადინარის კალაპოტში მოძრაობს განსაზღვრული $(t-t_0)$ დროის შუალედში და განიცდის მოცულობის ცვლილებას მატებით ან კლებით.

კალაპოტური წარმონაქმნების ის ნაწილი, რომელიც კალაპოტის ერთეული ფართობიდან ემატება ღვარცოფის საწყის W_0 მოცულობას დროის ერთეულში, აღვნიშნოთ A -თი, ხოლო ღვარცოფის გადაადგილებისას დროის ერთეულში ერთეულ ფარ-

თობზე დატოვებული ღვარცოფული ნარევის მოცულობა – B-თი.

ღვარცოფული ნარევიდან კალაპოტში დატოვებული მასის და კალაპოტიდან ნარევი მიერთებული პროლუვიონის მოცულობათა შორის ურთიერთდამოკიდებულება ჩავწერთ შემდეგი სახით:

$$\frac{dw}{dt} = A - B \quad (1)$$

A და B სიდიდეებს ხარჯის განზომილება აქვთ. მიღებული განტოლების ამოხსნის მიზნით, პრინციპული მნიშვნელობა ენიჭება A და B სიდიდეების W-ზე დამოკიდებულების ხასიათს, რომელიც არის წრფივი ან არაწრფივი. სიდიდეები გამოვსახოთ ერთმანეთისგან განსხვავებული ფუნქციების სახით:

$$A = f_1(W) \quad (2)$$

$$B = f_2(W) \quad (3)$$

თუ დამოკიდებულებები წრფივი ხასიათისაა, მაშინ:

$$A = a \cdot W \quad (4) \text{ და } B = b \cdot W, \quad (5)$$

სადაც a და b ღვარცოფული ნარევის მოცულობის ზრდისა და კლების კოეფიციენტებია. ისინი დამოკიდებულნი არიან დროის ფაქტორზე, ამიტომ (1) გამოსახულება მიიღებს სახეს:

$$\frac{d_w}{d_t} = (a - b)W. \quad (6)$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ ღვარცოფული ნარევის ფორმირების საწყის სტადიაში, დროის რაღაც $t=t_0$ მომენტისათვის მისი მოცულობა W_0 -ის ტოლია, მაშინ (6) გამოსახულების ინტეგრირებით, ნებისმიერი T მომენტისათვის ნარევის მოცულობა ტოლი იქნება:

$$W(t) = W_0 \cdot \exp(a - b)(t - t_0) \quad (7)$$

მიღებული ტოლობიდან გამომდინარეობს, რომ როცა $a > b$, მაშინ ნარევის მოცულობა იზრდება, ხოლო როცა $a < b$, ნარევის მოცულობა მცირდება და შესაძლებელია, ამ შემთხვევაში ღვარცოფმა ნარიყის კონუსამდე ვერც მიაღწიოს.

როდესაც ნარევის მოცულობა თანდათანობით იზრდება (მოცულობის მუდმივი მატება), მაშინ დამოკიდებულება შემდეგ სახეს იღებს:

$$W(t) = W_0 \cdot \exp(aT) \quad (8)$$

ხოლო, როცა ნარევის მოცულობა მუდმივად კლებულობს, მაშინ:

$$W(t) = W_0 \cdot \exp(-bT), \quad (9)$$

სადაც $T = t - t_0$

მიღებული დამოკიდებულებები საშუალებას იძლევა, ნებისმიერი T მომენტისათვის დადგინდეს ღვარცოფული ნარევის W მოცულობა a, b კოეფიციენტების დადგენის შემდეგ.

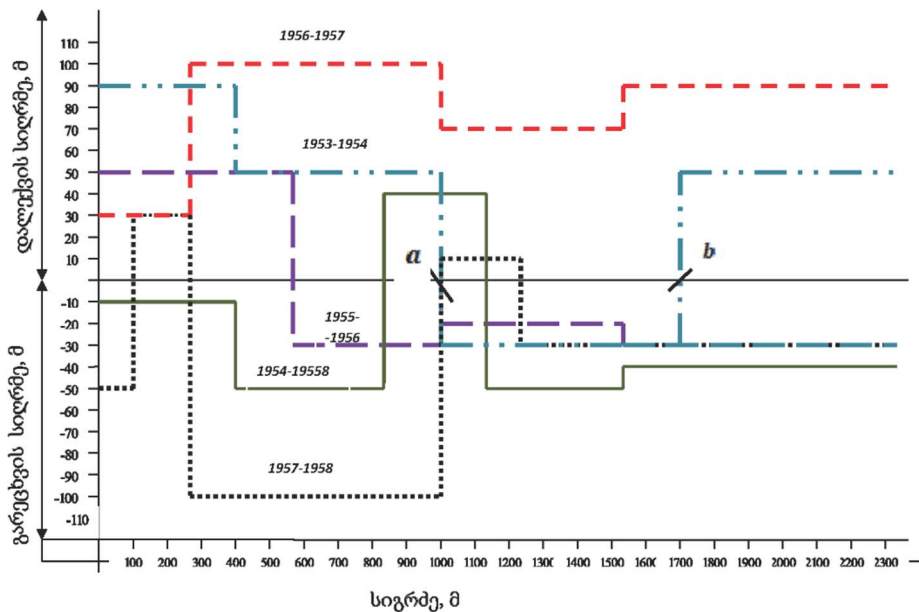
ამ მხრივ, აუცილებელია სავლელ ექსპერიმენტების ჩატარება, რაც საწყის ეტაპზე მოითხოვს გამოსაკვლევ იბიექტის (ღვარცოფული ხასიათის წყალსადინარის) კალაპოტის პროფილის განსაზღვრას, ღვარცოფულ კერაში დაგროვილი მთის ქანების დაშლის პროდუქტების იმ მოცულობის დადგენას, მიწერალოგიური და გრანულომეტრიული შედგენილობის გათვალისწინებით, რომელიც მოსალოდნელი კლიმატური პირობების ხელშეწყობით ფორმირდება ღვარცოფულ ნარევადად. ეს თავისთავად მოითხოვს მოსალოდნელი ღვარცოფის მოვარდნის თარიღის ზუსტ პროგნოზირებას. სწორედ ეს უკანასკნელი წარმოადგენს კვლევის ჩატარების ძირითად სირთულეს.

საველე ექსპერიმენტის შემდგომი ეტაპი დაკავშირებულია ღვარცოფის გავლის შემდეგ ჩატარებულ ანალოგიურ კვლევასთან, კერძოდ, წყალსადინარის კალაპოტის გრძივი და განივი პროფილების განსაზღვრასთან, რის შემდგომაც წყალსადინარის კალაპოტში ღვარცოფის გავლამდე და გავლის შემდეგ მიღებული პროფილების ზედდებით და ანალიზით შესაძლებელია ღვარცოფის მიერ წყალსადინარის კალაპოტის დაღეჭილი და გარეცხილი მასების მოცულობების განსაზღვრა.

აღსანიშნავია, რომ a და b კოეფიციენტების ზუსტი მნიშვნელობების მისაღებად ანალოგიური სახის საველე ექსპერიმენტები რამდენჯერმე უნდა ჩატარდეს, ხოლო (7) ფორმულის განზოგადებისთვის აუცილებელია ექსპერიმენტების ჩატარება სხვადასხვა ღვარცოფულ წყალსადინარზე, რაც თავისთავად შესაბამისი აუზების გეომორფოლოგიური, კლიმატური, მორფომეტრიული და გრანულომეტ-

რიულ-მინერალოგიური პირობების დადგენას მოითხოვს [3,4,5].

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, გავითვალისწინეთ ღვარცოფული მოვლენების ანომალიურ და არაორდინარულ ქცევასთან დაკავშირებული სირთულეები და მიზანშეწონილად მივიჩნით, შემოვფარგლულიყავით ლ. სულაქველიძის მიერ მდ. დურუჯის წყალსადინარზე საველე დაკვირვების შედეგად მიღებული კალაპოტის გრძივი პროფილების და ღვარცოფის მიერ დაღეჭილი და გარეცხილი სიმაღლეების ჰიდროგრაფების გამოყენებით (სურ. 1). ნომოგრამების ნაკლი ისაა, რომ ისინი არ ითვალისწინებენ ღვარცოფის ერთჯერადი მოვარდნის შედეგად მიღებულ კალაპოტურ დეფორმაციებს. ნომოგრამებზე წარმოდგენილია მდ. დურუჯის წყალსადინარის კალაპოტში წლების განმავლობაში მიმდინარე კალაპოტური პროცესებით მიღებული დეფორმაციები [6].



სურ. 1 მდ. დურუჯის წყალსადინარის კალაპოტის სატრანზიტო ზონის დაღეჭვა-გარეცხვის პროცესები.

აღნიშნული ნომოგრამების და მ.გაგოშიძის მიერ საველე დაკვირვებების შედეგად [7], ამავე კალაპოტში გავლილი ღვარცოფული ნარევის ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრების გამოყენების საფუძველზე, წყალსადინარის საწყის კვეთში განისაზღვრა W_0 საწყისი მოცულობა, ღვარცოფული ნარევის მოძრაობის დრო და ღვარცოფის მიერ დალექილი და გარეცხილი პროლუვიონის მოცულობები, რის შემდგომაც გამოვთვალეთ a და b კოეფიციენტები შემდეგი დამოკიდებულებებით:

$$a = \frac{A}{W} \text{ 1/წმ}; \quad (10)$$

$$b = \frac{B}{W} \text{ 1/წმ} \quad (11)$$

განვიხილოთ ერთმანეთისაგან განსხვავებული შემთხვევები:

1-ელი შემთხვევა – როცა $a \gg b$; $b = 0$, მაშინ $t \rightarrow \infty$; და $w \rightarrow \infty$, ამ დროს კალაპოტის მთელ სიგრძეზე ღვარცოფული ნარევის მოცულობა იმატებს ნაკადის მიერ წატაცებული პროლუვიონის ხარჯზე. ეს პროცესი ძირითადად დამახასიათებელია ტურბულენტური ტიპის ღვარცოფისათვის. მივიღეთ: $a = 0.000032 \div 0.00017$ და $b = 0.000005$ ან $b = 0$.

მე-2 შემთხვევა – როცა $b \gg a$; $a = 0$, მაშინ $t \rightarrow \infty$; და $W \rightarrow 0$, რაც იმას ნიშნავს, რომ ღვარცოფული ნარევი კალაპოტის მთელ სიგრძეზე განუწყვეტლივ ლექავს თავის მოცულობას. ეს პროცესი დამახასიათებელია სტრუქტურული ტიპის ღვარცოფისთვის. ამ შემთხვევაში მივიღეთ, რომ $b = 0.00012 \div 0.00035$, ხოლო $a = 0.0000037 \div 0.000005$ ან $a = 0$.

მე-3 შემთხვევა – ღვარცოფი მოძრაობის საწყის სტადიაში, ტრანზიტის ზონის შუაწელამდე ლექავს

თავის მასას ე.ი. $b > 0$ და $a = 0$. ამ დროს სტრუქტურული ღვარცოფი თანდათან ფორმირდება ტურბულენტურად და შუაწელის შემდგომ მოძრაობს კალაპოტური წარმონაქმნების წატაცებით და, შესაბამისად, ღვარცოფის მოცულობის გაზრდით, ე.ი. $a > 0$; $b = 0$. ამ შემთხვევაში გამოიზიდავს კონუსზე გამოტანილი ღვარცოფული მასალის მოცულობა დამოკიდებულია b და a კოეფიციენტების მნიშვნელობებზე და იმ დროზე, რომლის განმავლობაშიც მიმდინარეობდა ღვარცოფის საწყისი მოცულობის მატება და კლება. განხილული მაგალითისთვის მივიღეთ, რომ $b = 0.000007$ და $a = 0.000088$; გამოიზიდავს კონუსზე ამ დროს აღნიშნება ღვარცოფის საწყის მოცულობაზე მეტი მოცულობა.

მე-4 შემთხვევა – მე-3 შემთხვევის საწინააღმდეგო პროცესია, ღვარცოფული მოცულობა ჯერ იმატებს, ხოლო შუაწელის შემდეგ – იკლებს. ამ შემთხვევაში კალაპოტში თავდაპირველად მოძრაობდა ტურბულენტური ღვარცოფი, რომელიც კალაპოტის ფსკერის დიდი ქანობის გამო, თან წარიტაცებდა ნაშალ მასალას, რის გამოც გარდაიქმნა სტრუქტურულ ღვარცოფად, რომელმაც შემდგომში ფსკერის ქანობის შემცირების და განივი კვეთის გაფართოების გამო, იწყო თავისი მოცულობის ინტენსიურად დალექვა და, შესაბამისად, მოცულობის კლება. მივიღეთ: $a = 0.0000636$, $b = 0.000032$ და რადგან $a > b$, ადგილი აქვს ნარიყის კონუსზე ღვარცოფულ გამონატანს.

თვალსაჩინოებისათვის მოგვყავს ერთ-ერთი შემთხვევის მაგალითი:

მე-3 შემთხვევა, როდესაც ადგილი აქვს სტრუქტურული ღვარცოფის მიერ ტრანზიტის ზონის

შუაწელამდე დალექვის და შემდეგ კალაპოტის გარეცხვის პროცესს. ცნობილია: $a = 0.000088$ და $b = 0.000007$, ღვარცოფის საწისი მოცულობა – $W_0 = 11999.9$ მ³ $t_0 = 0$ და $t = 2988.4$ წმ;

ამოხსნა:

$$W(t) = W_0 \cdot \exp(a - b)(t - t_0).$$

$$W(t) = 11999.9 \cdot 2.7^{(0.000088 - 0.000007) \cdot 2988.4} = 12799.99 \text{ (მ}^3\text{)}.$$

როგორც ვხედავთ, ნარიყის კონუსზე გამოტანილი ღვარცოფის მოცულობა ტოლია $W = 12799.99$ მ³.

შემოთავაზებული საანგარიშო დამოკიდებულებები საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ არა მარტო ღვარცოფული გამონატანის მოცულობა, არამედ წყალსადინარის კალაპოტის მორფოლოგიური პარამეტრების გათვალისწინებით განვსაზღვროთ ამ გამონატანის მიერ დაკავებული ფართობის საზღვრები, გამონატანის სიმაღლე და აქედან გამომდინარე, შევძლოთ ამ გამონატანის მიერ ეკოლოგიურ გარემოცვაზე მიყენებული ზარალის პროგნოზირებაც.

დასკვნა

შრომში შემოთავაზებულია ღვარცოფული მასის მოცულობის საანგარიშო მათემატიკური მოდელი, რომელიც ითვალისწინებს წყალსადინარში ღვარცოფის ცვალებადი მასით მოძრაობას როგორც ნარევის მასის მატების, ისე კლების შემთხვევებს. გამოთვლილია ღვარცოფების განსხვავებული ტიპის და მოძრაობის დროს მისი მასის შემცირების და კლების კოეფიციენტები. შემოთავაზებული საანგარიშო დამოკიდებულებები საშუალებას იძლევა, განისაზღვროს არა მარტო ღვარცოფული გამონატანის მოცულობა, არამედ წყალსადინარის კალაპოტის მორფოლოგიური პარამეტრების გათვალისწინებით, დადგინდეს ამ გამონატანის მიერ დაკავებული ფართობის გეომეტრიული ზომები, რაც მნიშვნელოვანია ღვარცოფების ეკოლოგიურ გარემოცვაზე მიყენებული ზარალის პროგნოზირებისა და ეფექტური ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებების შემუშავების თვალსაზრისით.

ლიტერატურა

1. M. Kupravisvili. The Distribution of Channel Formations (proluvium) along the Watercourse. <https://doi.org/10.36073/1512-0996-2019-4-66-74>, Works of Georgian Technical University №4 (514), ISSN1512-0996, 2019, pp. 66-74 (In Georgian);
2. M. Kupravisvili. Why Mountains Cry. Monograph, ISBN:978-620-2-55486-2, Lab publishing, www.lap-publishing.com, Germany, 2020, p. 69. (In English);
3. M. Kupravisvili. Character of distribution of the proluvion in the water-channel of Guly Mleta (Field experiment). Ts. Mirtskhulava Water management institute of Georgian Technical University, ISSN-1512-2344 №72018, Collected Papers № 73, 2018, pp. 59-63 (In Georgian);
4. M. Kupravisvili. Correlation angle of internal friction of the particles with alike diameter. <https://doi.org/10.36073/1512-0996-2019-4-75-81>, Works of Georgian Technical University №4, ISSN1512-0996, (514), 2019, pp. 75-81 (In Georgian);

5. V. Tevzadze. Statistics movement of mud-flows (highly concentrated) and their physical-mechanical and hydraulic characteristics. Tr. "Protivocelevie meropriatia", Alma-Ata, 1988, pp 41-55, (In Russian);
 6. L. Sulakvelidze, Z. Iordanishvili. The passage of mudflows along the channel of the Shavi Duruzhi mountain stream 29.VII-1956. Tr. Gruz.NIIG iM, 1957, vip. 18-19, pp. 514-522. (In Russian);
 7. M. Gagoshidze. Mud-debris flow and methods of combating them. Iz-vo "Sabchota Saqarvelo, Tbilisi, 1970, pp. 385 (In Russian).
-

UDC 551.482.32

SCOPUS CODE 1901

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-158-165>

Mathematical Model for Calculating the Volume of Mudflow

Maya Kupravisvili Department of Agro-Engineering, Georgian Technical University, Georgia, 0192, Tbilisi, 77 M. Kostava str.
E-mail: m.kupravisvili@gtu.ge

Reviewers:

D. Kereselidze, Professor, Faculty of Exact and Natural Sciences, Tbilisi State University

E-mail: davit.kereselidze@tsu.ge

T. Odilavadze, Associate Professor, Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering, GTU

E-mail: odilavadze2004@yahoo.com

Abstract. In relation with the mountainous relief of the territory of Georgia, the prevalence and frequency of erosion-avalanche phenomena, due to both exogenous-endogenous processes and anthropogenic-climatic conditions, have been studied. The article proposes a mathematical model for calculating the volume of mudflow mass, which provides for both an increase and a decrease in the mass of the mixture when the mud flows in the watercourse. The coefficients of increasing and decreasing its mass are calculated for various types and movements of the mudflow. The proposed methods make it possible to determine not only the total volume of removal, but also the geometrical dimensions of the area, taking into account the morphological parameters of the mudflow channel, which is very important for predicting negative environmental impact and for determining effective anti-mudflow measures.

Key words: coefficients of increase and decrease of mud flows; computational equilibrium method of calculating the volume of mud flows; initial volume of mud flows; movement of mud flows; sedimentation of riverbeds; time of mud flows; types of mud flows; washing of riverbeds.

UDC 551.482.32

SCOPUS CODE 1901

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-158-165>

Математическая модель для расчета объема селевого выноса

Майя Куправишвили Департамент агроинженерии, Грузинский технический университет, Грузия,
0192, Тбилиси. пр. Д. Гурамишвили 17
E-mail: m.kupravishvili@gtu.ge

Рецензенты:

Д. Кереселидзе, профессор факультета точных и естественных наук Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили

E-mail: davit.kereselidze@tsu.ge

Т. Одилавадзе, ассоциированный профессор факультета аграрных наук и инженерии биосистем ГТУ

E-mail: odilavadze2004@yahoo.com

Аннотация. В связи с горным рельефом территории Грузии изучена распространенность и повторяемость эрозионно-лавиных явлений, обусловленная как экзогенно-эндогенными процессами, так и антропогенно-климатическими условиями. В статье предложена математическая модель для расчета объема селевой массы, которая предусматривает как увеличение, так и уменьшение массы смеси при движении сели в водотоке. Рассчитаны коэффициенты увеличения и уменьшения его массы при различных типах и движениях селей. Предложенные методы позволяют определить не только общий объем выноса, но и геометрические размеры площади, с учетом морфологических параметров русла селевого водотока, что очень важно для прогнозирования негативного воздействия на окружающую среду и для определения эффективных противоселевых мероприятий.

Ключевые слова: время движения селей; движение сели; коэффициенты увеличения и уменьшения селевой массы; метод расчета объема сели; начальный объем селей; осажение русел селевого водотока; промывание русел селевого водотока; типы селей.

განხილვის თარიღი 24.06.2020

შემოსვლის თარიღი 02.07.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021