

UDC 551.482.32

SCOPUS CODE 1101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-11-18>

ღვარცოფული ნარევის სიმკვრივის დაზუსტება თიხაკოლოიდური ფრაქციის გათვალისწინებით

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

რეცენზენტები

რ. დიაკონიძე, სტუ-ის ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: robertdia@mail.ru

თ. ოდილავაძე, სტუ-ის აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი

E-mail: odilavadze2004@yahoo.com

ანოტაცია. ღვარცოფების ჩამოყალიბებაში, ნარევის შემადგენელი მყარ-თხიერი კომპონენტების ურთიერთქმედების გათვალისწინებით, მნიშვნელოვანი ადგილი ნარევის დამაბულ-დეფორმაციულ მდგომარეობას და მის რეოლოგიურ თვისებებს უკავია. ღვარცოფულ ნარევში ცალკეული ფრაქციების - ქვიშის, ხვინჭის, ღორღისა და ქვების წილად მოდის წყლის კომპონენტის $1,2 \pm 2,0\%$ (ღვარცოფული ნარევის მთლიანი წონიდან), თიხაკოლოიდური ფრაქციის წილზე კი, რომელიც მაღალი ჰიდროფილურობით გამოირჩევა, მნიშვნელოვანი ნაწილი (48,8%); წყლის დანარჩენი ნაწილი თავისუფალ მდგომარეობაშია და მისი შემცველობის გაზრდა ღვარცოფული

ნარევის შედგენილობაში მყოფი თიხაკოლოიდური ფრაქციის ჯერ გაჯირჯვებას, ნარევის დენად ანუ უწყვეტ ტანად ჩამოყალიბებას და შემდგომ მთლიანი ნარევის სტრუქტურის რღვევას იწვევს. აქედან გამომდინარე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში ჩატარდა ლაბორატორიული ექსპერიმენტი სხვადასხვა ტიპის ღვარცოფულ ნარევზე როგორც მისი უწყვეტ ტანად ჩამოყალიბების, ისე კომპონენტებად დაშლის პირობების შესასწავლად და დაზუსტდა ღვარცოფის სიმკვრივის ფორმულირება თიხაკოლოიდური ფრაქციის გათვალისწინებით.

საკვანძო სიტყვები: არაბმული ღვარცოფი; ბმული ღვარცოფი; გაზომვათა ფარდობითი ცდომილება; ემპირიული გამოსახულება; თიხაკოლოიდური ფრაქცია; კონგლომერატი; ლაბორატორიული ექსპერიმენტი; ქვიშახრემოვანი ფრაქცია; ღვარცოფის სიმკვრივე; ღვარცოფული ნარევის გრანულომეტრიული შედგენილობა.

შესავალი

ღვარცოფული წყალსადინარების სათავე უბანში ხორციელდება ღვარცოფის მშრალი მასის ჩამოყალიბება, რომელშიც თიხაკოლოიდურ ფრაქციას მნიშვნელოვანი როლი აკისრია, სწორედ მისი რაოდენობრივი შემცველობა განაპირობებს როგორც ღვარცოფის ტიპს, ისე მის სიმკვრივეს, ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობებზე დარტმის ძალას და შესაბამისი პრევენციული ღონისძიებების შემუშავებას. განსხვავებული ტიპის ღვარცოფულ ნარევერ წყლის გავლენა სხვადასხვაგვარად მიმდინარეობს: არაბმული ღვარცოფების შემთხვევაში წყალი მატრანსპორტირებელ გარემოს ქმნის და თიხაკოლოიდურ ფრაქციასთან ერთად, უფრო მსხვილი ნაწილაკების ჰიდრაულიკური სისხოს შემცირების გზით, მაღალი მატრანსპორტირებელი შესაძლებლობის მქონე სუსპენზიას ქმნის. ბმული ღვარცოფის შემთხვევაში კი წყლის კომპონენტისა და წვრილდისპერსიულ თიხაკოლოიდურ ნაწილაკებს შორის ურთიერთქმედება უფრო რთულ სახეს იღებს. ბმულ ღვარცოფწარმომქმნელ გრუნტებში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ე.წ. ბმულ წყალს, რომლის ფიზიკური მახასიათებლები თიხაკოლოიდური ფრაქციის რაოდენობრივ და მინერალოგიურ შემცველობასთან ერთად იცვლება.

ძირითადი ნაწილი

მკვლევრებისთვის საინტერესოა ბმული ღვარცოფული ნარევი, რომლის მდგრადობის შენარჩუნებაში ბმული წყლის ორ ნაირსახეობას (მყარად ბმული და ფხვიერად ბმული) შორის მნიშვნელოვანი ადგილი მყარად ბმულ წყალს უკავია.

მეცნიერების მიერ განისაზღვრა მყარად ბმული წყლის სიმკვრივის მნიშვნელობა, რომელიც 1200-2000 კგ/მ³ საზღვრებში მერყეობს და განაპირობებს ბმული ღვარცოფების სიმკვრივის მაღალ მნიშვნელობებს [1].

აღნიშნული სახეობის წყალი თავსდება ცალკეული ნაწილაკების კუთხეებსა და წიბოებში, ე.ი. ენერგეტიკულად ყველაზე აქტიურ ადგილებში, რომელიც ნაწილაკებს შორის ურთიერთმეჭიდულობას აძლიერებს, მაგრამ საკმარისია წყლის მცირე რაოდენობის დამატება, რათა დაირღვეს ნაწილაკებს შორის არსებული მყარი კავშირები – გარემო დაკარგავს მისთვის დამახასიათებელ სიმტკიცეს. ამ მხრივ, სტრუქტურული (ბმული) ღვარცოფის ნაირსახეობებს შორის განსაკუთრებით საყურადღებოა ქვატალახოვანი ნარევის პლასტიკური კონგლომერატი, რომელშიც შემაკავშირებლის ე.წ. "ცემენტის" როლს სწორედ თიხაკოლოიდური ფრაქციისა და წყლის კომპონენტის განსაზღვრული წონითი შემცველობით წარმოდგენილი ნარევი ასრულებს.

უნდა აღინიშნოს, რომ ადრე ჩატარებულ ლაბორატორიულ და თეორიულ კვლევებში დიდი ყურადღება ეთმობოდა 1 მმ-ზე მეტი და ნაკლები დიამეტრის ნაწილაკების მნიშვნელობის დადგენას.

მეტრის მქონე ნაწილაკების წონით კონცენტრაციებს შორის თანაფარდობებს – $P_{\text{aa}}/P_{\text{კვ}}$, რომელთა განსხვავებული მნიშვნელობების დროს ღვარცოფების ჩამოყალიბებისათვის საჭირო წყლის წონითი კონცენტრაცია იცვლებოდა $P_{\text{წყ}}=0.1\pm 0.3$ დიაპაზონში. ამ შემთხვევაში ღვარცოფული ნარევის სიმკვრივე მერყობდა $\rho_{\text{ვვ}} = 1900\pm 2300$ კგ/მ³ შუალედში [2].

1 მმ-ზე ნაკლები დიამეტრის ფრაქციები თავის თავში აერთიანებს ქვიშოვან და მტვრისებრ ნაწილაკებსაც, რომლებიც ბმული წყლის და, მაშასადამე, ღვარცოფული ნიმუშის ბმულ გარემოდ ჩამოყალიბებაში არსებით როლს არ ასრულებს, ამიტომ ჩატარდა ექსპერიმენტი, რომელშიც ყურადღება გამახვილდა 0.005 ± 0.001 მმ და ნაკლები ზომის ნაწილაკების (თიხაკოლოიდური ფრაქცია) და წყლის კომპონენტის წონითი კონცენტრაციების პროპორციულობის განსაზღვრაზე [3].

ექსპერიმენტში გამოიყენეს 0.1 კგ წონის ბმული და არაბმული ტიპის ცხრა საცდელი ღვარცოფული ნიმუში. წარმოდგენილი იყო თიხაკოლოიდური ფრაქცია 0.5; 2,5 და 10 მილიმეტრზე მეტი დიამეტრის მქონე ნაწილაკების სხვადასხვა წონითი მოცულობით. აღნიშნულ ნიმუშებში თიხაკოლოიდური ფრაქცია შემდეგი გრადაციით იცვლებოდა (მყარი ფაზიდან): $G_{\text{თ.კ}}/G_{\text{მყ}} = 0.05; 0.07; 0.08; 0.09; 0.10; 0.13; 0.15; 0.17; 0.20$, რაც ბუნებრივ პირობებში ფორმირებული ღვარცოფული ნარევების გრანულო-

მეტრიული შედგენილობის ფართო სპექტრს წარმოადგენს [4].

ექსპერიმენტის ერთ-ერთი ძირითადი მიზანი იყო წყლის ისეთი წონითი შემცველობის დადგენა, რომლის დროსაც თითოეული ნიმუში მიაღწევდა ჩამოყალიბებული ღვარცოფის, როგორც უწყვეტი ტანის იდენტურ მდგომარეობას და შემდგომ წყლის კომპონენტის გაზრდით მოხდებოდა მისი დაშლა. ექსპერიმენტის ჩატარების ამგვარი მეთოდის ითვალისწინებდა ღვარცოფის ფორმირებასა და ნაგებობებზე მოქმედების პარამეტრების დაზუსტებას, ნიმუშის შემადგენელი კომპონენტების რაოდენობრივი შემცველობის გათვალისწინებით.

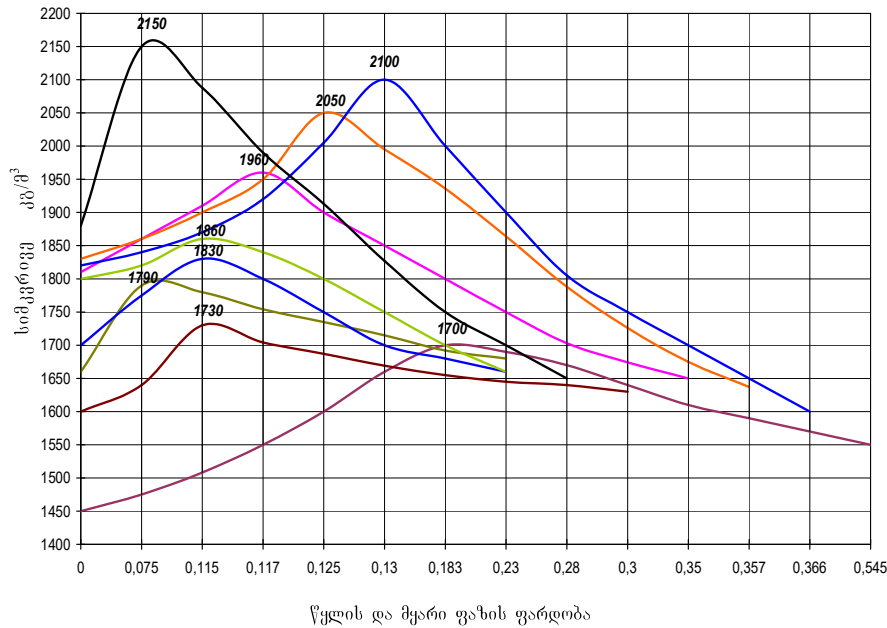
ამ მიზნით ექსპერიმენტში განისაზღვრა ღვარცოფული ნიმუშების სიმკვრივეთა მნიშვნელობები წყლის კომპონენტის თანდათანობითი ზრდით.

ექსპერიმენტის მონაცემებზე დაყრდნობით, ღვარცოფული ნიმუშების სიმკვრივეთა მნიშვნელობები ნარევის მშრალი, ჩამოყალიბებული და დაშლილი მდგომარეობისათვის (ρ_0 ; $\rho_{\text{ვვ}}$; $\rho_{\text{დაშ.}}$) შესაბამისი წყლის, თიხა-კოლოიდისა და ქვების წონითი შემცველობის გათვალისწინებით მოცემულია ცხრილში.

ღვარცოფული ნარევების სიმკვრივეთა ცვლილებების დინამიკა წყლის წონით შემცველობასთან კავშირში წარმოდგენილია $\rho_{\text{ვვ}}=f(G_{\text{წყ}}/G_{\text{მყ}})$ დამოკიდებულების მრუდებით (სურათი).

ღვარცოფული ნარევის სიმკვრივის მნიშვნელობები მისი შემადგენელი მყარ-თხიერი
კომპონენტების წონითი შემცველობის გათვალისწინებით
(ექსპერიმენტული მონაცემები)

საექსპერიმენტო ღვარცოფული ნარევის ნომერი	მშრალი ღვარცოფული ნიმუშის სიმკვრივე, კგ/მ ³	ღვარცოფულ ნარევაში თიხა-კოლიდების წონითი შემცველობა, G _{თიხა} /G _{მყ}	ღვარცოფულ ნარევაში 10 მმ-ზე მეტი დიამეტრის მქონე ნაწილაკების წონითი შემცველობა, G ₁₀ /G _{მყ}	ფორმირებული ღვარცოფული ნარევის სიმკვრივე, კგ/მ ³	სტრუქტურადარღვეული ღვარცოფული ნარევის სიმკვრივე, კგ/მ ³	ღვარცოფის ფორმირებისათვის აუცილებელი წყლის წონითი შემცველობა, G _{წყ} /G _{მყ}	სტრუქტურადარღვეული ღვარცოფული ნარევის წყლის წონითი შემცველობა, G _{წყ} /G _{მყ}	100 მმ-ზე მეტი დიამეტრის ნაწილაკების და თიხა-კოლიდების წონითი შემცველობებს შორის ფარდობა, G ₁₀ /G _{თიხა}	ფუნქციის მრუდების გადახრა-ცდომილება
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1450	0.20	0.15	1700	1550	0.183	0.545	0.75	0.096
2	1600	0.07	0.27	1730	1630	0.115	0.300	3.86	0.020
3	1660	0.05	0.30	1790	1680	0.075	0.230	6.00	0.028
4	1700	0.09	0.25	1830	1660	0.115	0.230	2.78	0.026
5	1800	0.10	0.30	1860	1660	0.115	0.235	3.00	0.070
6	1810	0.13	0.30	1960	1655	0.117	0.360	2.31	0.080
7	1830	0.17	0.31	2050	1640	0.125	0.357	1.82	0.082
8	1820	0.15	0.20	2100	1600	0.130	0.366	1.33	0.091
9	1880	0.08	0.35	2150	1650	0.075	0.280	4.37	0.095



$\rho_{\text{ვ}} = f(G_{\text{წყ}}/G_{\text{მყ}})$ დამოკიდებულების მრუდები

მრუდები შემდეგი ემპირიული გამოსახულებით აღიწერა:

$$\rho_{\text{ვ}} = 1,04 \cdot \rho_0 \exp \left[(\rho_0 - 1800)^2 - \left(\frac{G_{\text{წყ}}}{G_{\text{მყ}}} - 0,12 \right)^2 \right], \text{ კგ/მ}^3 \quad (1)$$

სადაც ρ_0 მშრალ მდგომარეობაში მყოფი ღვარცოფული ნიმუშის სიმკვრივეა. ექსპერიმენტული მონაცემების მიხედვით იგი იცვლება შემდეგ დიაპაზონში: $\rho_0 = 1450 \div 1880$ კგ/მ³; $G_{\text{წყ}}/G_{\text{მყ}}$ - წყლის წონითი შემცველობა, რომელიც მერყეობს შუალედში: $G_{\text{წყ}}/G_{\text{მყ}} = 0,00 \div 0,35$, სადაც $G_{\text{წყ}}$ წყლის კომპონენტის წონაა (კგ); $G_{\text{მყ}}$ - მყარი კომპონენტის წონა (კგ).

სურ-ზე წარმოდგენილი $\rho_{\text{ვ}} = f(G_{\text{წყ}}/G_{\text{მყ}})$ დამოკიდებულების მრუდების პიკური წერტილების (ჩამოყალიბებული ღვარცოფული ნარევების სიმკვრივის შესაბამისი წერტილები) შეერთებით და ბმული ღვარცოფის ფორმირებისათვის აუცილებელი

პირობების გათვალისწინებით დადგინდა ღვარცოფის ბმულობისა და არაბმულობის განმსაზღვრელი კიდევ ერთი პირობა:

- როცა $G_{10}/G_{\text{თ.კ}} = 0,75 \div 3,00$ და $G_{\text{წყ}}/G_{\text{მყ}} = 0,115 \div 0,183$ - ადგილი აქვს ბმული ღვარცოფის ფორმირებას;
- როცა $G_{10}/G_{\text{თ.კ}} = 3$ - ნარევი ბმულობისა და არაბმულობის ზღვარზე იმყოფება და ჩაითვლება ბმულად მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ დააკმაყოფილებს შემდეგ პირობას: $G_{\text{წყ}}/G_{\text{მყ}} \geq 0,10$;
- როცა $G_{10}/G_{\text{თ.კ}} = 3,00 \div 6,00$ და $G_{\text{წყ}}/G_{\text{მყ}} = 0,08 \div 0,115$ - ადგილი აქვს არაბმული ღვარცოფის ფორმირებას.

ლაბორატორიულმა ექსპერიმენტმა გვიჩვენა, რომ ღვარცოფის ტიპი მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია ნარევის შემადგენელი თიხაკოლოიდური ფრაქციისა და ქვიანი კომპონენტის წონით შემც-

ველობებს შორის თანაფარდობებზე და არა ღვარცოფული ნარევის სიმკვრივის მნიშვნელობასა და წყლის პროცენტულ (წონით) რაოდენობაზე, როგორც ეს ადრეულ შრომებში იყო წარმოდგენილი [5].

ექსპერიმენტის მონაცემებზე დაყრდნობით ასევე დადგინდა განსხვავებული გრანულომეტრიული შედგენილობის მქონე ღვარცოფული ნარევის ღვარცოფად ჩამოყალიბების პირობები და მისი სიმკვრივე, წყლის წონის შემცველობასთან კავშირში:

1. როცა $G_{წყ}/G_{მყ} = 0.08 \div 0.18$ – ადგილი აქვს ღვარცოფის ჩამოყალიბებას და მისი სიმკვრივე იცვლება შუალედში: $\rho_{\text{ვ}} = 1700 \div 2150$ კგ/მ³;
2. როცა $G_{წყ}/G_{მყ} = 0.23 \div 0.35$ – იწყება ღვარცოფის სტრუქტურის რღვევა და ამ დროს სიმკვრივე $\rho_{\text{ვ}} = 1550 \div 1650$ კგ/მ³ უტოლდება.

ასევე დადგინდა, რომ ღვარცოფული ნარევის კომპონენტებად დაშლა დამოკიდებულია ნარევი თიხაკოლოიდური ფრაქციის წონით შემცველობაზე იმდენად, რამდენადაც აღნიშნული ფრაქციის 10 %-ზე ნაკლები შემცველობის შემთხვევაში (ღვარცოფის მთლიანი წონიდან) ღვარცოფული ნარევის სტრუქტურის დასარღვევად აუცილებელია წყლის კომპონენტის 10 %-ით გაზრდა იმ პროცენტულ შემცველობასთან შედარებით, რომლის დროსაც ჩამოყალიბდა ღვარცოფული ნარევი; ხოლო თიხა-კოლოიდების 10 %-ზე მეტი შემცველობის დროს წყლის კომპონენტის 20 %-ით გაზრდა საჭირო [6].

ექსპერიმენტული მონაცემების მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდებით დამუშავების საფუძველზე გაზომვათა ცდომილება 99 %-იანი უზრუნველყოფის საიმედოობის დროს იქნა მიღებული –

$3,2 \div 4,48$, ხოლო ექსპერიმენტული მონაცემებით მიღებული ფუნქციური მრუდების $\rho_{\text{ვ}} = f(G_{წყ}/G_{მყ})$ გადახრა-ცდომილება, (1) გამოსახულებით აღწერილ ემპირიულ დამოკიდებულებასთან შედარებით, $D = 0.021 \div 0.098$ ტოლი აღმოჩნდა. იგი აკმაყოფილებს პირობას – $D\sqrt{n} \leq 1$, სადაც $n=15$ გაზომვათა რაოდენობაა. შესაბამისად, მიღებული ემპირიული გამოსახულების გამოყენება-განზოგადება მართებულია და მისაღები.

დასკვნა

ნაშრომში განხილული ლაბორატორიული კვლევის შედეგად მიღებულ იქნა ღვარცოფული ნარევის დაზუსტებული სიმკვრივის გამოსათვლელი ფორმულა თიხაკოლოიდური ფრაქციის გათვალისწინებით. დადგინდა განსხვავებული გრანულომეტრიული შედგენილობის მქონე ღვარცოფული ნარევის უწყვეტ ტანად ჩამოყალიბების პირობები.

აღმოჩნდა, რომ ღვარცოფის ტიპის ფორმირება და მისი კომპონენტებად დაშლა მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია ნარევის შემადგენელი თიხაკოლოიდური ფრაქციისა და ქვიანი კომპონენტების წონით შემცველობებს შორის განსაკუთრებულ თანაფარდობაზე და არა ღვარცოფული ნარევის სიმკვრივესა და წყლის პროცენტულ (წონით) სიდიდეებზე.

მიღებული ემპირიული გამოსახულების გამოყენება მიზანშეწონილია ღვარცოფის სიმკვრივის დაზუსტებული სიდიდის მისაღებად, რაზეც მნიშვნელოვანად არის დამოკიდებული ეფექტური და ეკოლოგიურად მართებული ღვარცოფსაწინააღმდეგო და პრევენციული ღონისძიებების გატარება.

ლიტერატურა

1. Tevzadze V.I. Statistics of cohesive mudflows passing in nature and the values of their main physical, mechanical and hydraulic characteristics. Alma-Ata. 1988, 41-50 pp. (In Russian).
 2. Sergeev E.M. Ground science. Moscow: "MGU". 1983. (In Russian).
 3. Kupravisvili M.S. Determining the type of mudflow using solid-liquid components. Tb.: "Aspirantha da khariskhis maziebeta sametsniro shromata krebuli". Vol.1. 1996, 288-291 pp. (In Georgian).
 4. Kupravisvili M.S. Mudflow mixture density with the component change. Tbilisi: "Metsniereba da teqnologiebi". №4-6. 2001, 75-78 pp. (In Georgian).
 5. Tevzadze V.I. Calculation of mudflow parameters. 1982, 39-41 pp. (In Russian).
 6. Kupravisvili M.S. Why mountains cry. Monograph. ISBN: 978-620-2-55486-2. 2020, 69 p.
-

UDC 551.482.32

SCOPUS CODE 1101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-11-18>

Specification of the density of the mudflow mixture taking into account the clay-colloidal fraction

Maia Kupravisvili

Department of Agro-Engineering, Georgian Technical University, 17 D. Guramishvili Str, 0192, Tbilisi, Georgia
E-mail: m.kupravisvili@gtu.ge

Reviewers:

R. Diakonidze, Professor, Tsotne Mirtskhulava Water Management Institute, GTU

E-mail: robertdia@mail.ru

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

E-mail: adilavadze2004@yahoo.com

Abstract. As a result of laboratory research, was obtained a formula for calculating the density of the mudflow mixture, taking into account the clay-colloidal fraction. The conditions for the formation of mudflows with different particle size distribution are determined. It was found that the formation and decay of the mudflow largely depend on certain ratios between the clay-colloid and rocky components of the mudflow, and not on the density of the mudflows and the percentage (weight) of water, as was presented in early scientific works.

It is advisable to use the empirical formula, obtained in the work, to accurately calculate the density of mudflow mixtures for the prediction of mudflow phenomena in order to conduct effective and environmentally sound anti-mudflow measures.

Key words: Clay-colloidal particles; conglomerate; density of mudflow mixture; empirical formula; fluid stream; granulometric composition of mudflow mixture; laboratory experiment; relative measurement; sand-and-gravel fraction; viscous stream.

UDC 551.482.32

SCOPUS CODE 1101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-11-18>

Уточнение плотности селевой смеси с учетом глино-коллоидной фракции

მაია კუპრავიშვილი Департамент агроинженерий, Грузинский технический университет, Грузия,
0192, Тбилиси, пр. Д. Гурамишвили 17
E-mail: m.kupravishvili@gtu.ge

Рецензенты:

Р. Дьяконидзе, профессор института водного хозяйства имени Ц. Мирцхулава Грузинского технического университета, доктор технических наук

E-mail: robertdia@mail.ru

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

E-mail: odilavadze2004@yahoo.com

Аннотация. Важную роль играет напряженно-деформационное состояние смеси и ее реологические свойства при формировании селей, учитывая взаимодействие твердо-жидких компонентов смеси. На отдельные фракции селевой смеси - песка, гравия, щебня и камней - приходится 1,2 ÷ 2,0% водной составляющей (от общей массы селевой смеси). Значительная часть приходится на глино-коллоидную фракцию, которая отличается высокой гидрофильностью (48,8%); остальная часть воды находится в свободном состоянии, и увеличение ее содержания заставляет глино-коллоидную фракцию в смеси оползней сначала затвердевать, образуя поток смеси или непрерывное тело, а затем разрушать структуру всей смеси. Исходя из этого, в институте водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава был проведен лабораторный эксперимент по изучению различных типов селевых смесей с целью изучения их непрерывного образования, а также условий разложения на компоненты и определения плотности сели с учетом глино-коллоидной фракции.

Ключевые слова: глинисто-коллоидные частицы; гранулометрический состав селевой смеси; конгломерат; лабораторный эксперимент; несвязной сель; относительная величина измерений; песчано-гравийная фракция; плотность селя; связной сель; эмпирическая формула.

განხილვის თარიღი 24.06.2020

შემოსვლის თარიღი 02.07.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.12.2020