

UDC 627.11:627.81

SCOPUS CODE 1901

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-148-157>

**წყალსადინარის გასწვრივ ბმული ღვარცოფული გამონატანის ზომების დადგენა,  
ნარევის ფიზიკურ-მექანიკური და ჰიდრაულიკური მახასიათებლების  
გათვალისწინებით**

**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

**გ. ნატროშვილი**, სტუ-ის აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის  
უფროსი მასწავლებელი

E-mail: g.natroshevili@gtu.ge

**ანოტაცია.** ღვარცოფული ხასიათის წყალსადინარების სათავეებში ან მათ მიმდებარე ტერიტორიებზე მეწყრების, ფერდობების ჩამონგრევის, ეროზიის და სხვა ენდოგენური ან ეგზოგენური პროცესების შედეგად წარმოქმნილი მყარი ფაზა გროვდება ეროზიულ ღრანტეებსა ან თვით კალაპოტის ცალკეულ უბნებში. მეცნიერების მიერ ჩატარებული უამრავი საველე და ლაბორატორიული ექსპერიმენტის საფუძველზე, ღვარცოფული ნარევის ცნობილი ანომალური თვისებების გათვალისწინებით, რაც მათ ფიზიკურ-მექანიკური და რეოლოგიურ-ჰიდრაუ-

ლიკური მახასიათებლების დადგენას წარმოადგენს, დადგინდა ღვარცოფული ნარევის გამოზიდვის სიგრძე და მისი ზედაპირის პროფილი ნარიყის კონუსზე, ეროზიული ღრანტეებიდან „მზა“ ღვარცოფული ნარევის მოწყვეტის რეალური ქანობის და წყალსადინარის განივი კვეთების ფორმების შესაბამისად.

**საკვანძო სიტყვები:** ბმული ღვარცოფული ნარევი; ნარიყის კონუსის ფსკერის ქანობი; საწყისი წინაღობის ქანობი; ღვარცოფის მოცულობითი წონა; ღვარცოფული ნარევის სიბლანტის დინამიკური

კოეფიციენტი; ღვარცოფული ნარევის საწყისი წინა-  
ლობა ძვრაზე; ღვარცოფული ნარევის ბირთვის და  
საგრადიენტო ფენის სისქე; ღვარცოფული ნარევის  
სიმაღლე; ღვარცოფული გამონატანის ზედაპირის  
პროფილები; ღვარცოფული ნარევის გამოზიდვის  
სიგრძე; ცოცხალი კვეთის ფართობი.

### შესავალი

ღვარცოფული ხასიათის წყლასადინარების სა-  
თავეებში წლების განმავლობაში დაგროვილი ინერ-  
ტული ღვარცოფული მასალა ხშირად არის თხიერი  
ჩამონადენის გადაკეტვის მიზეზი და წარმოქმნის  
ბუნებრივ “კაშხალს”, რომელიც განსაზღვრული მე-  
ტეოროლოგიური პირობების ხელშეწყობით იჯირ-  
ჯვება, ყალიბდება ერთიანი კონგლომერატი და  
შემდგომ, წონასწორობის პირობების დარღვევის  
შემთხვევაში, კარგავს მდგრადობას და იწყებს მოძ-  
რობას კალაპოტის გასწვრივ.

ჩვეულებისამებრ, „მომზადებული“ ღვარცოფუ-  
ლი ნარევი წყლასადინარის ზედა უბანში ე.წ. ერო-  
ზიულ ჭრილებში მოწყვეტის მომენტამდე ზღვრუ-  
ლი წონასწორობის მდგომარეობაშია, ხოლო სატრან-  
ზიტო ზონასა და ნარიყის კონუსზე გამოსვლისას  
ჩერდება ნულზე გაცილებით მეტი დახრის მქონე  
ქანობებზე, რაც განპირობებულია იმით, რომ მათ  
აქვთ საწყისი წინალობა ძვრაზე, რომლის მნიშ-  
ნელობა დამოკიდებულია ნარევის შემადგენელი  
თიხოვან-კოლოიდური, ქვიანი ჩანარებისა და  
წყლის კომპონენტის განსაზღვრულ რაოდენობრივ  
თანაფარდობებზე.

### ძირითადი ნაწილი

ბმული ღვარცოფების ძვრაზე საწყისი წინა-  
ლობის შესახებ არსებული მონაცემები ისევე, რო-  
გორც მონაცემები დინამიკური სიბლანტის შესახებ,  
ეფუძნება მყარი მასალის კონცენტრაციების ცვლი-  
ლების ფართო დიაპაზონში ჩატარებულ საველე  
დაკვირვებებს და ექსპერიმენტულ ცდებს.

შრომაში მიღებულია დამოკიდებულება, რომ-  
ლის საშუალებითაც ბმული ღვარცოფული ნარევის  
ძირითადი კომპონენტების კონცენტრაციებისა და  
ქვისებრი ჩანარების დიამეტრების საშუალებით  
განისაზღვრა ნარევის საწყისი წინალობა ძვრაზე.

$$\tau_0 = 5 \cdot 10^4 \cdot d_{\text{ჰ}} \exp 23(P_{\text{ჰ}} - 0,8P_{\text{ჰ}}^{0,1}) \text{ ნ/მ}^2 \quad (1)$$

ფორმულა მართებულია  $P_{\text{ჰ}} = 0,6 \div 0,8$  და  
 $P_{\text{ჰ}} = 0,1 \div 0,8$  მნიშვნელობების დროს.

ექსპერიმენტების შედეგებზე დაყრდნობით გა-  
ნისაზღვრა ღვარცოფული ნარევის დინამიკური  
სიბლანტის განმსაზღვრელი ემპირიული დამო-  
კიდებულება 1მმ-ზე ნაკლები და 1მმ-ზე მეტი დია-  
მეტრის მქონე ნაწილაკების მასობრივი კონცენტ-  
რაციების და ქვისებრი ჩანარების საშუალო დია-  
მეტრების მიხედვით [1].

$$\mu_{\text{ღვ}} = d_{\text{ჰ}} \cdot 10^6 \exp 35(P_{\text{ჰ}} - P_{\text{ჰ}}^{0,11}) \text{ ნ.წმ/მ}^2, \quad (2)$$

სადაც  $P_{\text{ჰ}} = 0,6 \div 0,8$  და  $P_{\text{ჰ}} = 0,1 \div 0,8$ .

ბმული ღვარცოფული ნარევი, ცნობილი ანო-  
მალური თვისებების გამო, გადაადგილებისას ხა-  
სიათდება უძრაობის ანუ ე.წ. „მკვდარი“ ზონის  
არსებობით, რაც ასევე განპირობებულია კალაპო-  
ტის განიკვეთის გეომეტრიით.

ამ ზონის პარამეტრების დადგენის შემდგომ შესაძლებელი ხდება ეროზიული ღრანტეებიდან „მზა“ ღვარცოფული ნარევის მოწყვეტის რეალური ქანობისა და შესაბამისად, გამოზიდული ნარევის სიღრმის პოვნა, რაც ღვარცოფის ფორმირებისა და მისი ნეგატიური ზემოქმედების ხარისხის პროგნოზირების საშუალებას იძლევა [2, 3].

ზემოთ აღნიშნული რეოლოგიური და ჰიდრაულიკური პარამეტრების გამოყენებით, ღვარცოფული ნარევის გამოზიდვის სიგრძე და ზედაპირის მოხაზულობა ნარიყის კონუსზე განისაზღვრება შემდეგი თანამიმდევრობით [5].

**1. საწყისი მონაცემები:** ღვარცოფული ნარევის მოცულობითი წონა -  $\gamma_{\text{ვგ}}$  ნ/მ<sup>3</sup>;

მყარი ფაზის კონცენტრაცია -  $P_{\text{მყ}}$ , მასში ქვიანი ჩანართების წონითი კონცენტრაცია -  $P_{\text{ქ}}$ ; ქვიანი ჩანართების საშუალო დიამეტრი  $d_{\text{ქ}}$  მ; კალაპოტის ფსკერის სიგანე საწყის (0-0 კვეთი) კვეთში -  $B_0$  მ; ამ კვეთში ღვარცოფული ნარევის სიმაღლე -  $H_0$  მ და ნარიყის კონუსის ფსკერის ქანობი -  $i$ .

**2. აღნიშნული მონაცემების საფუძველზე განისაზღვრება ღვარცოფული ნარევის ჰიდრაულიკური და რეოლოგიური მახასიათებლები:**

ა) ღვარცოფული ნარევის სიბლანტის დინამიკური კოეფიციენტი

$$\mu_{\text{ვგ}} = d_{\text{ქ}} \cdot 10^6 \exp 35(P_{\text{მყ}} - P_{\text{ქ}}^{0.11}) \text{ ნ.წმ/მ}^2. \quad (3)$$

ბ) ღვარცოფული ნარევის საწყისი წინაღობა ბერაზე

$$\tau_0 = 5 \cdot 10^4 \cdot d_{\text{ქ}} \exp 23(P_{\text{მყ}} - 0,8P_{\text{ქ}}^{0.11}) \text{ ნ/მ}^2 \quad (4)$$

გ) ღვარცოფული ნარევის ბირთვისა და საგრა-დიენტო ფენის სისქე

$$h_0 = \frac{\tau_0}{i \cdot \gamma_{\text{ვგ}}}. \quad (5)$$

$i$  – ნარიყის კონუსის ფსკერის ქანობი;

$$h = H - h_0, \quad (6)$$

$$K = \left(\frac{h}{H}\right)^2 \cdot \left(1,5 - 0,5 \frac{h}{H}\right). \quad (7)$$

დ) სატრანზიტო ზონის პრიზმულ კვეთში თანაბრად მოძრავი ღვარცოფული ნარევის საწყისი სიჩქარე

$$V_0 = \frac{\gamma_{\text{ვგ}} \cdot i \cdot H^2 \cdot K}{3 \cdot \mu_{\text{ვგ}}} \text{ მ/წმ}, \quad (8)$$

ცოცხალი კვეთის ფართობი

$$\omega_0 = B_0 \cdot H_0 \text{ მ}^2, \quad (9)$$

ხარჯი  $Q_0 = \omega_0 \cdot V_0 \text{ მ}^3/\text{წმ}. \quad (10)$

ე) საწყისი წინაღობის ქანობი:

$$i_{\text{წ}} = \frac{\tau_0}{H_0 \cdot \gamma_{\text{ვგ}}}. \quad (11)$$

ღვარცოფის გამოზიდვის სიგრძე ნარიყის კონუსზე იანგარიშება არათანაბარი მოძრაობის განტოლებიდან

$$\ell = \frac{V_0^2}{2g \cdot (i - i_{\text{წ}})} \text{ მ} \quad (12)$$

**3. ღვარცოფული გამონატანის პროფილი** იგება 0-0 კვეთიდან 1÷2 მ-ით დაშორებულ კვეთებში ღვარცოფული ნარევის სიმაღლეების გაანგარიშებით.

**1-1 კვეთი.** 0-0 კვეთიდან დაშორებული  $\Delta \ell_1$  მ მანძილით;

ამ შემთხვევაში კალაპოტის ფსკერის სიგანე

$$B_1 = B_0 + 2 \cdot \sin \theta \cdot \Delta \ell \text{ მ.} \quad (13)$$

$$h_{\text{ბსშ}} = H_{\text{ბსშ}} - h_0. \quad (22)$$

ღვარცოფული ნარევის სიჩქარე

$$V_1 = \sqrt{V_0^2 - 2 \cdot g \cdot \Delta \ell_1 \cdot (i - i_{\psi})} \text{ მ/წმ.} \quad (14)$$

$$K = \left( \frac{h_{\text{ბსშ}}}{H_{\text{ბსშ}}} \right)^2 \cdot \left( 1,5 - 0,5 \frac{h_{\text{ბსშ}}}{H_{\text{ბსშ}}} \right). \quad (23)$$

ცოცხალი კვეთის ფართობი და ღვარცოფული ნარევის სიმაღლე, გამომდინარე ხარჯის მუდმივობის ტოლობიდან,

$$\omega_0 \cdot V_0 = \omega_1 \cdot V_1 = \text{const},$$

საიდანაც 
$$\omega_1 = \frac{Q_0}{V_1}. \quad (15)$$

$$H_1 = \frac{\omega_1}{B_1}. \quad (16)$$

4. ღვარცოფული ნარევის სიმაღლის დაზუსტებული მნიშვნელობა

$$H_1' = H_0 + i \cdot \Delta \ell - \frac{0,55 \cdot Q_{\text{ბსშ}}^2}{g} \left[ \frac{1}{\omega_0^2} - \frac{1}{\omega_1^2} \right] - \Delta H_{\text{ბსბ}} \text{ მ,} \quad (17)$$

სადაც 
$$Q_{\text{ბსშ}} = B_{\text{ბსშ}} \cdot H_{\text{ბსშ}} \text{ მ}^3/\text{წმ}, \quad (18)$$

$$B_{\text{ბსშ}} = \frac{(B_0 + B_1)}{2} \text{ მ და } V_{\text{ბსშ}} = \frac{(V_0 + V_1)}{2} \text{ მ/წმ.} \quad (19)$$

$$H_{\text{ბსშ}} = \frac{(H_0 + H_1)}{2} \text{ მ.} \quad (20)$$

$\Delta H_{\text{ბსბ}}$  – დაწნევის დანაკარგი ხახუნზე

$$\Delta H_{\text{ბსბ}} = \frac{3 \cdot \mu_{\text{გზ}} \cdot V_{\text{ბსშ}} \cdot \Delta \ell_1}{\gamma_{\text{გზ}} \cdot H_{\text{ბსშ}}^2 \cdot K} \text{ მ,} \quad (21)$$

სადაც  $K$  არის ღვარცოფის საშუალო სიმაღლის შესაბამისი ხარჯის კოეფიციენტი.

შემდეგ მიმდინარეობს 1-1 კვეთში ღვარცოფული ნარევის სიმაღლის, ცოცხალი კვეთის ფართობის და ხარჯის დაზუსტებული მნიშვნელობების:  $H_1'$ ;  $\omega_1'$ ;  $Q_1'$  გაანგარიშება.

საწყისი წინალობის ქანობი აღნიშნულ კვეთში კი იანგარიშება ფორმულით

$$i_{\psi 1} = \frac{\tau_0}{H_1' \cdot \gamma_{\text{გზ}}}. \quad (24)$$

ვანგარიშობთ ანალოგიურად, კვეთების მიხედვით მანამ, სანამ სიჩქარე ნულს გაუტოლდება. ამ დროს ღვარცოფული გამონატანის გაჩერების სიმაღლე განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით

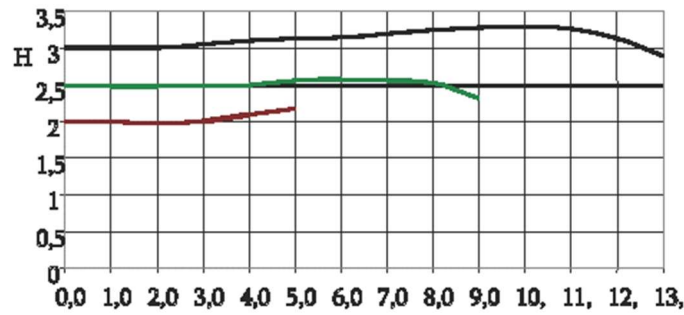
$$H = \sqrt{\frac{V_{\text{ბსშ}} \cdot 3 \cdot \mu_{\text{გზ}}}{\gamma_{\text{გზ}} \cdot i \cdot K}} \text{ მ.} \quad (25)$$

გამოთვლები ჩატარდა განსხვავებული მოცულობითი წონის და მყარ-ქვიანი კომპონენტების წონითი კონცენტრაციების მქონე ღვარცოფულ ნარევებზე. მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრილში:

ნარიყის კონუსზე ღვარცოფული გამონატანის მორფომეტრიული პარამეტრები  
 $i = 0,05$        $B_0 = 10$  მ

$P_{მყ} = 0.70; P_{ქმ} = 0.45;$ $\gamma_{ღვ} = 14826.67$ ნ/მ <sup>3</sup>						$P_{მყ} = 0.78; P_{ქმ} = 0.56;$ $\gamma_{ღვ} = 16336.79$ ნ/მ <sup>3</sup>						$P_{მყ} = 0.80; P_{ქმ} = 0.70;$ $\gamma_{ღვ} = 17934$ ნ/მ <sup>3</sup>					
კვეთი	$\Delta l_i$ მ	$V_i$ მ/წმ	$H_i$ მ	$B_i$ მ	$i_{\nu}$	კვეთი	$\Delta l_i$ მ	$V_i$ მ/წმ	$H_i$ მ	$B_i$ მ	$i_{\nu}$ მ	კვეთი	$\Delta l_i$ მ	$V_i$ მ/წმ	$H_i$ მ	$B_i$ მ	$i_{\nu}$ მ
0-0	0	1.58	2	10	0.024	0-0	0	1.732	2.5	10	0.0318	0-0	0	1.8	3	10	0.037
1-1	2	1.215	1.98	10.92	0.024	1-1	2	1.512	2.48	10.92	0.0312	1-1	6	1.308	3.02	12.76	0.037
2-2	2	0.687	2	11.84	0.024	2-2	2	1.259	2.47	11.84	0.0322	2-2	6	0.424	3.16	15.52	0.035
3-3	0.89	0	2.18	12.97	0.022	3-3	2	0.942	2.49	12.76	0.0319	3-3	0.71	0	3.14	15.84	0.036
$\sum \Delta l_i = 4.89$ მ						4-4	2	0.420	2.53	13.68	0.0314	$\sum \Delta l_i = 12.71$ მ					
						5-5	0.48	0	2.37	13.90	0.0336						
						$\sum \Delta l_i = 8.48$ მ											

ცხრილის საშუალებით აიგო აღნიშნული ღვარცოფული ნარეგების პროფილები გამოზიდვის კონუსზე (იხ. სურ. 1).



გამონატანის სიგრძე 1 მ

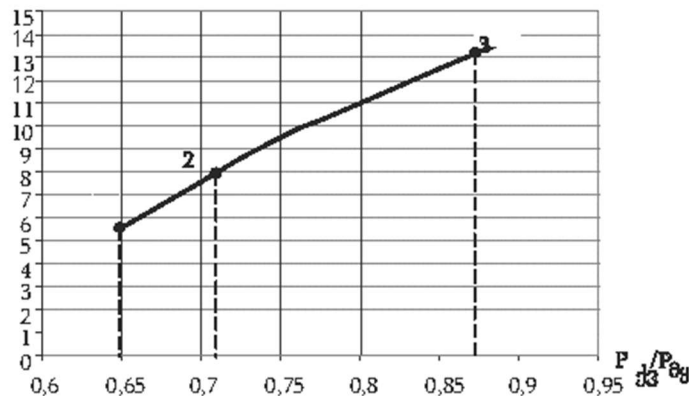
სურ. 1 ნარიყის კონუსზე ღვარცოფული გამონატანის ზედაპირის პროფილები, როცა

$$P_{მყ} = 1-0.64; 2-0.72; 3-0.88$$

ღვარცოფული ნარევის გამოზიდვის სიგრძესა და თვით ნარევის მყარ-ქვიანი კომპონენტების წონით კონცენტრაციებს შორის ურთიერთკავშირი ნარიყის კონუსის მოცემული ქანობის ( $i = 0,05$ ) და

ტრანზიტის ზონის კალაპოტის სიგანის ( $B_0 = 10$ ) მ პირობებში შემდეგი  $\ell = f \frac{P_{ქვ}}{P_{მყ}}$  ფუნქციური მრუდით განისაზღვრა (იხ. სურ. 2).

1 მ



სურ. 2  $\ell = f \frac{P_{ქვ}}{P_{მყ}}$  დამოკიდებულების მრუდი, როცა  $i = 0.05$ ;  $B_0 = 10$  მ

აღნიშნული მრუდი მართებულია შემდეგი სასაზღვრო პირობებისთვის:  $0.002 \leq d_{ქვ} \leq 0.05$ ;  $0.75 \leq P_{მყ} \leq 0.85$ ;  $0.45 \leq P_{ქვ} \leq 0.75$ .

როგორც სურათიდან ჩანს, რაც უფრო მეტია ღვარცოფულ ნარევაში ქვიანი ჩანართების წონითი შემცველობა, მით ნაკლებია მისი სიბლანტე და მით

უფრო თავისუფლად გადაადგილდება ღვარცოფი ნარიყის კონუსის გასწვრივ.

მოცემული ჰიდრავლიკური და რეოლოგიური განტოლებების საშუალებით ღვარცოფული გამონატანის მორფომეტრიული პარამეტრების დადგენა ჩაიწერა ალგორითმის სახითაც.

**დასაწყისი**

**საწყისი მონაცემები** :  $\lambda_0, B_0, H_0, P_{გაბრი}, P_{ქ}, d_{ქ}, \gamma_{ღვ}$

$$\mu_{ღვ} = d_{ქ} \cdot 10^6 \cdot \exp 35(P_{გაბრი} - P_{ქ}^{0.11}); \quad \tau_0 = 5 \cdot 10^4 \cdot d_{ქ} \cdot \exp 23(P_{გაბრი} - 0.8P_{ქ}^{0.1})$$

$$h_0 = \frac{\tau_0}{i \cdot \gamma_{ღვ}}; \quad h_{\lambda\varnothing} = H_{\lambda\varnothing} - h_0 \quad K = \left(1.5 - 0.5 \frac{h_{\lambda\varnothing}}{H_{\lambda\varnothing}}\right) \left(\frac{h_{\lambda\varnothing}}{H_{\lambda\varnothing}}\right)^2 \quad V_0 = \frac{H^2 \cdot K \cdot i \cdot \gamma_{ღვ}}{3 \cdot \mu_{ღვ}}$$

$$i_{წიბ} = \frac{\tau_0}{H_0 \cdot \gamma_{ღვ}} \quad \gamma_{ღვ} = \frac{1}{\frac{P_{წყ} + P_{ქ} + P_{გაბ}}{\gamma_{წყ} \cdot \gamma_{ქ} + \gamma_{გაბ}}}$$

**საწყისი პირობები**  $i > 0, H_i > 0, H_i > h_0, \Delta \gamma_i > 0, i_{წიბ} > i$

**სასაზღვრო პირობები**  $0.5 \leq P_{ქ} \leq 0.75; 0.75 \leq P_{გაბრი} \leq 0.85; 0.002 \leq d_{ქ} \leq 0.05 \text{ } \acute{c}$

**გამოთვლა (კვეთი i+1)**

1.  $V_{(i+1)} = \sqrt{V_i - 2 \cdot g \cdot \Delta \lambda_{(i+1)} \cdot (i - i_{წიბ})}; \quad V_{\lambda\varnothing} = \frac{V_i + V_{(i+1)}}{2}$
2.  $B_{(i+1)} = B_i + 2 \cdot \Delta \lambda_{(i+1)} \cdot \sin(11^\circ + 13^\circ); \quad B_{\lambda\varnothing} = \frac{B_i + B_{(i+1)}}{2}$
3.  $\omega_{(i+1)} = \frac{Q_i}{V_{(i+1)}} \Rightarrow H_{(i+1)} = \frac{\omega_{(i+1)}}{B_{(i+1)}}; \quad H_{\lambda\varnothing} = \frac{H_i + H_{(i+1)}}{2}; \quad h_{\lambda\varnothing} = H_{\lambda\varnothing} - h_0$
4.  $K_{\lambda\varnothing(i+1)}$ ;
5.  $H_{ბაბ(i+1)} = \frac{3 \cdot \mu_{ღვ} \cdot V_{\lambda\varnothing} \cdot \Delta \lambda_{(i+1)}}{\gamma_{გაბ} \cdot H_{\lambda\varnothing}^2 \cdot K_{\lambda\varnothing}}$       6.  $Q_{\lambda\varnothing} = B_{\lambda\varnothing} \cdot H_{\lambda\varnothing} \cdot V_{\lambda\varnothing}$

**დაზუსტებული ანგარიში**

- 1)  $H_{(i+1)} = H_i + i \cdot \Delta \lambda_{(i+1)} - \frac{0.55 \cdot Q_{\lambda\varnothing}^2}{g} \left[ \frac{1}{\omega_{(i+1)}^2} - \frac{1}{\omega_i^2} \right] - \Delta H_{ბაბ(i+1)}$ ;
- 2)  $\omega_{(i+1)} = H_{(i+1)} \cdot B_{(i+1)} \Rightarrow Q_{(i+1)} = \omega_{(i+1)} \cdot V_{(i+1)}$ ;      3)  $K_i = \left(1.5 - 0.5 \frac{h_{(i+1)}}{H_{(i+1)}}\right) \left(\frac{h_{(i+1)}}{H_{(i+1)}}\right)^2$ ;
- 4)  $i_{წიბ(i+1)} = \frac{\tau_0}{H_{(i+1)} \cdot \gamma_{ღვ}}$ ;      5)  $h_{(i+1)} = H_{(i+1)} - h_{(i+1)}$

**ანგარიში გრძელდება მანამ, სანამ  $V_{(n)} = 0$**

- 1)  $V_{\lambda\varnothing} = \frac{V_{(i+n-1)} + V_{(i+n)}}{2}$ ;      2)  $B_{(i+n)} = B_{(i+n-1)} + 2 \cdot \Delta \lambda_{(i+n)} \cdot \sin(11^\circ + 13^\circ)$
- 3)  $H_{(i+n)} = \sqrt{\frac{V_{\lambda\varnothing} \cdot 3 \cdot \mu_{ღვ}}{\gamma_{გაბ} \cdot i \cdot K_{(i+n-1)}}}$ ;      4)  $H_{(i+n)\lambda\varnothing}$ ;      5)  $\omega_{(i+n)\lambda\varnothing} = \frac{\omega_{(i+n-1)\lambda\varnothing}}{2}$ ;      6)  $B_{(i+n)\lambda\varnothing}$ ;
- 7)  $Q_{(i+n)\lambda\varnothing} = \frac{Q_{(i+n-1)\lambda\varnothing}}{2}$ ;      8)  $H_{(i+n)\lambda\varnothing}$ ;

**პარამეტრების დაზუსტება ანალოგიურად** :  $H_{(i+n)}; i_{წიბ(i+n)}; K_{(i+n)}$

**დასასრული**

## დასკვნა

შრომში შევარჩიეთ ის ძირითადი ჰიდრაულიკური და რეოლოგიური დამოკიდებულებები, რომელთა მიხედვითაც საკმაოდ მარტივად და ზუსტად განისაზღვრება ღვარცოფული წყალსადინარის კალაპოტის ნებისმიერ კვეთში ღვარცოფული გამონატანის გეომეტრიული ზომები, ფორმები და დაკავებული ფართობი.

შემოთავაზებული ალგორითმის და  $\ell = f \frac{P_{\text{მ}}}{P_{\text{ფ}}}$  დამოკიდებულების გამოყენება ნარიყის კონუსსა და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე ეკოლოგიურად უსაფრთხო და ეკონომიკურად გამართლებული ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებების გატარების შესაძლებლობას იძლევა.

## ლიტერატურა

1. O. Natishvili, V. Tevzadze. Hydraulics of mudflow and anti-mudflow structures. Tbilisi, 1995 w.gv.78 (In Georgian);
2. M. Kupravishvili. The impact of mudflows on the ecological environment of waterways. Konferenciis masalebi (tezisebi) "hidrologiis problemebi saqartveloshi" tbilisi, 1994 w. g.g. 28-29 (In Georgian);
3. M. Kupravishvili. Why Mountains Cry. Monograph ISBN:978-620-2-55486-2, Lab publishing, www.lap-publishing.com, Germany , 2020, p. 69 (In English);
4. M. Kupravishvili. 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);
5. M. Kupravishvili. 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).



UDC 627.11:627.8

SCOPUS CODE 1901

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-148-157>

## Determining the Geometric Dimensions of the Mudflow Sedimentation Along the Watercourse Taking Into Account the Physico-mechanical and Hydraulic Characteristics of the Mixture

**Maya Kupravishvili** Department of Agricultural Engineering, Georgian Technical University, Georgia, 0192,  
Tbilisi, 17 D. Guramishvili Ave.  
E-mail: m.kupravishvili@gtu.ge

### Reviewers:

**D. Kereselidze**, Professor, Faculty of Exact and Natural Sciences, Tbilisi State University named after Iv. Javakhishvili

E-mail: davit.kereselidze@tsu.ge

**G. Natroshvili**, Senior Lecturer, Faculty of Agricultural Science and Biosystems Engineering, GTU

E-mail: g.natroshvili@gtu.ge

**Abstract.** In this article there were selected main hydraulic function with the physical, mechanical and rheological characteristics mudflow mixture, according to which the dimensions and shapes of the mudflow profile are determined quite easily and accurately in the watercourse.

Using the proposed algorithm and  $\ell = f \frac{P_{st}}{P_{solid}}$  formula, it is possible to carry out environmentally friendly and economically viable measures to combat mudflows.

**Key words:** cohesive mudflow; dynamic coefficient of mudflow mixture; height of mudflow sedimentation; incline of the bottom of the cone; initial resistance of mudflow sedimentation; length of mudflow sedimentation; living cross-sectional area; profiles of mudflow surface; the thickness core and gradient layer of the mudflow mixture; volume of mudflow mixture.

UDC 627.11:627.8

SCOPUS CODE 1901

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-148-157>

## Определение размеров выноса селевого потока по руслу водотока с учетом физико-механических и гидравлических характеристик смеси

**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

**Г. Натрошвили**, старший преподаватель факультета аграрных наук и биосистем инженеринга ГТУ

E-mail : g.natroshvili@gtu.ge

**Аннотация.** В статье были выбраны основные гидравлические зависимости с учетом физико-механических и реологических характеристик селевой смеси, согласно которым геометрические размеры и формы профиля селевого выноса определяются довольно легко и точно в водотоке.

Используя предложенный алгоритм и формулу  $\ell = f \frac{P_{\text{кам}}}{P_{\text{ТВ}}}$  можно проводить экологически безопасные и экономически обоснованные меры борьбы с селевыми явлениями.

**Ключевые слова:** высота селевого выноса; динамический коэффициент вязкости селевой смеси; длина селевого выноса; начальное сопротивление селевой смеси; объемный вес селя, площадь живого сечения; профили поверхности селевого выноса; связной селевой поток; толщина ядра и градиентного слоя селевого смеса; уклон дна конуса выноса; уклон начального сопротивления.

*განხილვის თარიღი 24.06.2020*

*შემოსვლის თარიღი 02.07.2020*

*ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021*