

UDC 627.152.12

SCOPUS CODE 1900

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2019-4-75-81>

ერთი და იმავე დიამეტრის ნაწილაკთა შინაგანი ხახუნის კუთხეთა ფარდობა

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

რეცენზენტები:

მ. მელაძე, სტუ-ის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მთავარი თანამშრომელი

E-mail: m.meladze@gtu.ge

რ. დიაკონიძე, სტუ-ის ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის პროფესორი

E-mail: robertdia@mail.ru

ანოტაცია. საქართველოში, გლობალური დათბობის ფონზე, ბოლო წლების განმავლობაში მიმდინარე ჰიდროლოგიურ-კლიმატურმა პირობებმა ხელი შეუწყო ისეთი საშიში ეგზოგენურ-ენდოგენური კატასტროფული მოვლენის განვითარებას, როგორც ღვარცოფია. ღვარცოფების ჩამოყალიბება და მისი მოსვლის მასშტაბურობა დიდად დამოკიდებული მთის და მთისწინა რეგიონებში ეროზიულ-ღვარცოფული კერების და წყალსადინარების კალაპოტების გარეცხვა-დალექვის ურთიერთჩანაცვლებად პროცესებზე, რაც განპირობებულია, კალაპოტწარმომქმნელი ნაწილაკების ფორმისა და ზომის გათვალისწინებით, მათი გადაადგილების და დალექვის პირობებით.

საკვანძო სიტყვები: დამრგვალებული ნაწილაკი; ექსპონენციალური დამოკიდებულება; კალაპოტური დანალექი; ნაწილაკთა გადადგილება, ნაწილაკის მედიანური დიამეტრი; შინაგანი ხახუნის კუთხე; შინაგანი ხახუნის კუთხეთა ფარდობა.

შესავალი

საქართველოს მთაგორიანი ტერიტორიის გეოლოგიური, კლიმატური, მეტეოროლოგიური და მრავალფეროვანი ლანდშაფტური მახასიათებლების ერთობლივი მოქმედება ხშირად ხელსაყრელ პირობებს ქმნის ტერიტორიის ცალკეულ რეგიონებში ღვარცოფული მოვლენების წარმოშობისათვის, რომლებიც, თავის მხრივ, გარემოს ეკო-

ლოგიური მდგრადობის რღვევას და ქვეყნის მიწის სავარგულების შემცირებას იწვევს.

ამჟამად, მთის მდინარეების: არაგვის, ლიახვის, ალაზნის აუზების მცენარეულ საფარს მოკლებული ზოგიერთი უბნები ღვარცოფსაშიში კერებია, რომლებმაც განსაკუთრებულ პირობებში შეიძლება კატასტროფული ხასიათის ღვარცოფებიც კი წარმოქმნას. საგანგაშოა ის ფაქტი, რომ ღვარცოფწარმომქმნელი კერების ფართობი დროთა განმავლობაში იზრდება, რაც უფრო მძლავრი ღვარცოფული მოვლენების წარმოშობის საწინდარია. აქედან გამომდინარე, საყურადღებოა არაბმული ღვარცოფული ნარევის დინამიური პროცესების შესწავლა.

ძირითადი ნაწილი

მდ. დურუჯის აუზში ღვარცოფული კერა მისი აუზის მთლიანი ფართობის 15%-ს შეადგენს, ხოლო 1 კვ.კმ ღვარცოფული კერიდან გამოიტანება 60 ± 100 ათასი მ³ ღვარცოფული მასალა. ამიტომ, ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებების რიგში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ღვარცოფწარმომშობი კერების ფართობების შემცირებას. სწორედ ამ უბანში მიმდინარეობს, ფიზიკური და ქიმიური გამოფიტვის შედეგად, მიღებული მთის ქანების ნგრევის პროდუქტების ეროზიულ ღრანტეებში დაგროვება, რომლებიც დროთა განმავლობაში განიცდის სხვადასხვა სახის (მექანიკური, ქიმიური, კლიმატური) გამოფიტვას და ბოლოს კი წყლის კომპონენტის 12÷13% (ღვარცოფული მასის მთლიანი წონიდან) დამატებით, ე.წ. “პოტენციურ ღვარცოფულ მასალად” გადაქცევა. ასეთი “მზა” მასალის

წონასწორობის დარღვევა და უკვე ღვარცოფად ჩამოყალიბება შეიძლება გამოწვეული იყოს ფერდობის შემთხვევით ჩამონგრევით, დამეწყვრით, მიწისძვრით, თავსხმა წვიმებით და სხვა. ამ მომენტიდან იწყება კალაპოტის სატრანზიტო უბნის სიღრმითი გარეცხვა, რომელსაც თან სდევს კალაპოტის ნაპირების ჩამორეცხვა და დანგრევა.

აღნიშნული პროცესის ინტენსიურობა ა.ვ. ეგიზაროვის მიერ დადგენილ იქნა შემდეგი დამოკიდებულებით.

$$f_0 = 0.06 \cdot \phi \cdot C_x \cdot \left(\lg_{19} \frac{d_i}{d_r} \right) \quad (1)$$

სადაც ϕ არის კალაპოტის ფორმის კოეფიციენტი;

C_x – შუბლანა წინააღმდეგობის კოეფიციენტი;

d_i – მოძრაობაში მყოფი ნაწილაკების დიამეტრი;

d_r – ხორკლიანობის განმაპირობებელი ნაწილაკების გამონაზარდების დიამეტრი.

ერთგვაროვანი ნარევებისათვის (სფეროსებური ფორმის ნაწილაკების შემთხვევაში) $\phi = 2.8$ როცა $C_x = 0.4$, მაშინ $d_i = d_r$ და $f_0 = 0.06$, რაც ახასიათებს კალაპოტში ზოგიერთი ნაწილაკის გაჩერებას. როცა $d_i < d_r$, მაშინ $N f_0 > 0.06$, კალაპოტური დანალექების მოძრაობა იზრდება იმდენად, რამდენადაც მოძრაობაში ითრევს დიდი დიამეტრის მქონე მონატეხებსაც და შემდგომ დგება მომენტი, როცა $d_i > d_r = d_0$ და ყველა ნატანი მოცემულ უბანზე მოძრაობაში მოდის.

ზედაპირულ ჩამონადენს მდინარის კალაპოტში მიაქვს სხვადასხვა სისხოს, ფორმის და შემადგენლობის ნაწილაკები, ქვები, მარცვლები, რომლებიც ერთმანეთს ეჯახება ფსკერის ახლოს და იღებს შემ-

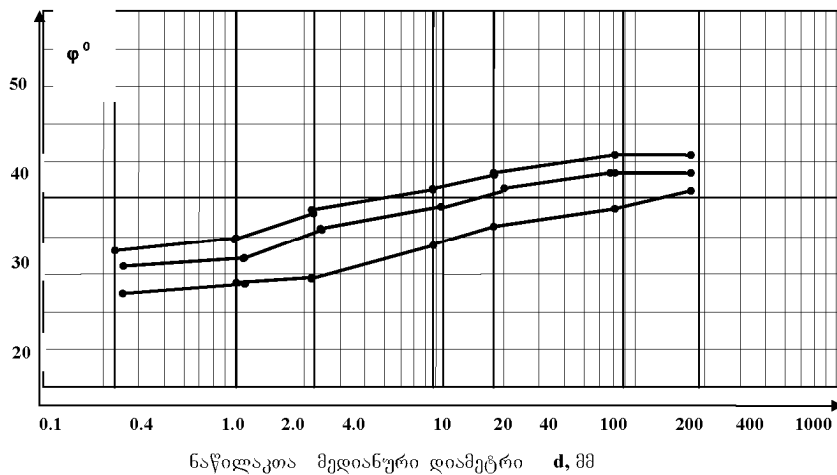
ლებისდაგვარად დამრგვალებულ ფორმას; ბრტყე-
 ლი ნაწილაკები გადაიქცევა თხელ ფორმებად; კუბე-
 ბი და ტეტრაედრები – ბურთულებად; პარალე-
 ლეპიპედები – ელიფსოიდებად და კვადრატული
 ფირფიტები – ლინზებად. ამ პროცესის დროს ნატა-
 ნების ზომა მცირდება დინების გასწვრივ შესარ-
 თავამდე.

ბმული (სტრუქტურული) ღვარცოფის მოძრაო-
 ბის შემთხვევაში ნარევი კონგლომერატის სახით
 გადაადგილდება წყალსადინარის მთლიან სიგრძე-
 ზე და იგი სტრუქტურადაურღვევლად ილექება
 სატრანზიტო და აკუმულაციის ზონაში შლეიფის
 სახით. იგი არ განიბნევა შემადგენელ კომპონენტე-

ბად, რაც არ შეიძლება ითქვას არაბმული (ტურბუ-
 ლენტური) ღვარცოფების მოძრაობაზე. მათი მოძ-
 რაობის და გაჩერების კანონზომიერებები, ნარევის
 შემადგენელი ყველა კომპონენტის თვისებების
 გათვალისწინებით, კალაპოტი – ნარევის ურთი-
 ერთმოქმედ ფაქტორებზეა დამოკიდებული.

აღნიშნული პროცესის ახსნა შესაძლებელია
 დ. საიმონის მიერ შემოთავაზებულ ნაწილაკთა შინა-
 განი ხახუნის კუთხეების მნიშვნელობების გამოყე-
 ნებით.

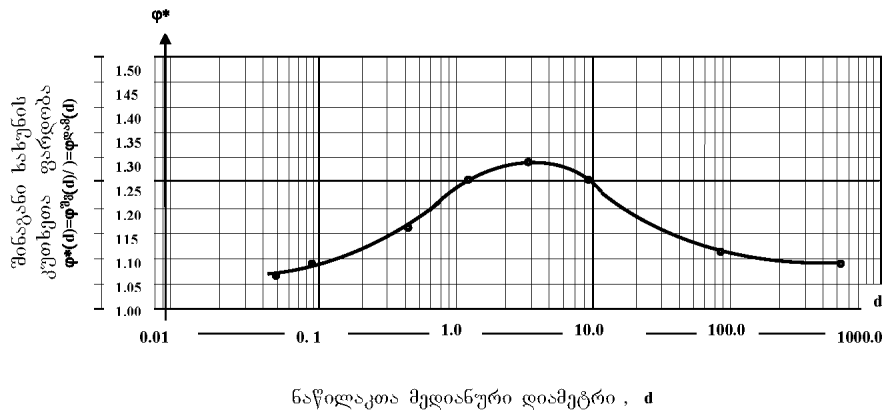
სხვადასხვა ფორმის ნაწილაკებისათვის შინაგა-
 ნი ხახუნის კუთხეების მნიშვნელობები ნომოგ-
 რამების სახით წარმოდგენილია 1-ელ სურათზე.



სურ. 1. განსხვავებული ფორმის მქონე ნაწილაკთა შინაგანი ხახუნის კუთხეებსა
 და მედიანურ დიამეტრს შორის დამოკიდებულების ნომოგრამები

როგორც სურათიდან ირკვევა, $D_{მ3}:D_{კუთ}:D_{დაბ} = 1:2,5:25$ დიამეტრების მქონე შვერილებიანი, კუთ-
 ხოვანა და დამრგვალებული ფორმის ნაწილაკებს
 ერთი და იგივე შინაგანი ხახუნის კუთხე აქვთ; ხო-
 ლო ერთი და იმავე დიამეტრის, მაგრამ განსხ-

ვავებული ფორმის (შვერილებიანი, დამრგვა-
 ლებული) მქონე ნაწილაკების შინაგანი ხახუნის
 კუთხეებს შორის ფარდობა, სხვადასხვა დიამეტრ-
 თან კავშირში, ექსპონენციალური დამოკიდებუ-
 ლებით იცვლება (იხ. სურ. 2)



სურ. 2. $\varphi^*(d) = f(d)$ დამოკიდებულების მრუდი

განსხვავებული დიამეტრისა და ფორმის კალაპოტური წარმონაქმნების მდგრადობის შეფასების მიზნით, გამოყენებულ იქნა მათი შინაგანი ხახუნის კუთხეთა ფარდობა, რაც გამოიხატა შემდეგი დამოკიდებულებით

$$\varphi^*(d) = 1,23 \cdot e^{-(d-6)^2} \quad (1)$$

სადაც φ^* არის ერთი და იმავე დიამეტრის, მაგრამ გამონაზარდებიანი და დამრგვალებული ფორმის ზედაპირის მქონე ნაწილაკების შინაგანი ხახუნის კუთხეებს შორის ფარდობა $\varphi^* = \frac{\varphi^{\Delta}}{\varphi^0}$ ანუ ე.წ. შინაგანი ხახუნის კუთხის ფარდობითი სისდიდე;

d – ნაწილაკთა საშუალო მედიანური დიამეტრი (მმ).

აღნიშნული ფუნქცია მაქსიმალურია ($\varphi^* = 1,23$) კვიშა-ხრემის ფრაქციის ($2 \div 10$ მმ) შემთხვევაში, რამაც განაპირობა აღნიშნული ფრაქციის ანომალური მოქმედება, გამოხატული ძვრისადმი წინააღმდეგობით; ხოლო რაც შეეხება მსხვილმონატეხ ნაწილაკებს ($10 \div 200$ მმ) და წვრილმარცვლოვან ფრაქციებს, ($0,01 \div 2$ მმ) მათი შინაგანი ხახუნის

კუთხეების ფარდობითი სიდიდეები ერთი და იგივეა, ამიტომ მათი მოძრაობა და გაჩერება წყალსადინარის გასწვრივ განპირობებულია უკვე არა ფორმის, არამედ წონის და ზომის ფაქტორით.

დასკვნა

კალაპოტური წარმონაქმნების მდგრადობის შეფასების მიზნით, განხილულ იქნა განსხვავებული ფორმის მქონე ნაწილაკთა შინაგანი ხახუნის კუთხეებსა და მედიანურ დიამეტრს შორის დამოკიდებულების ნომოგრამები და გამოყვანილ იქნა ემპირიული დამოკიდებულება, რომელიც ასახავს განსხვავებული ფორმის, მაგრამ ერთი და იგივე დიამეტრის ნაწილაკთა შინაგანი ხახუნის კუთხეებს შორის ფარდობას. რაც უფრო მეტია ეს მახასიათებელი, მით ძნელია ნაწილაკთა გადაადგილება ღვარცოფულ წყალსადინარში. აღნიშნული სიდიდე მაქსიმალურ მნიშვნელობას იძენს კვიშა-ხრემის ფრაქციის შემთხვევაში, რამაც განაპირობა ამ ფრაქციის ანომალური მოქმედება, გამოხატული ძვრისადმი წინააღმდეგობით; შესაბა-

მისად, ღვარცოფული ხასიათის წყალსადინარის ღვარცოფული გამონატანის მოცულობის საანგა-
დალექვა-გარეცხვის პროცესი მნიშვნელოვანწი- რიშოდ, როგორც სატრანზიტო ასევე აკუმულაცი-
ლად დამოკიდებულია ღვარცოფული მასის შე- ის ზონებში, რომლის შემდეგაც შესაძლებელი
მადგენელი ნაწილაკების ფორმაზე. გახდება ღვარცოფების ეკოლოგიური ზეგავლენის
აღნიშნულის გათვალისწინება აუცილებელია პროგნოზირება მიმდებარე ტერიტორიებზე.

ლიტერატურა

1. Egizarov I.K. To solving the problem of transporting unconnected sediments (any fraction) with influence of their concentration in the layer of the turbidity gradient Iz-vo./ AN. SSSR. 15. 1959. St. 115-126. (in Russian).
2. Egizarov I.K. Traffic heterogeneous sediment. Iz-vo AN. SSSR, seruia. texn. 1963. t-16, 12-3; st.41-50 (in Russian).
3. Kruashvili I.G. Mudflows and methods of struggle with them. monografia, Tbilisi, 2014, 337 gv. (in Georegain).
4. Kruashvili I.G., Kukhalashvili E.G., Inashvili I.D., Bziava K.G. Debris flow phenomena. Risk, Prediction, Protection. monografia. saqartvelos teqniki universiteti, tbilis, 2017, 249 gv.(in Georgian).
5. Natishvili O.G., Kruashvili I.G. Protection of objects from the harmful effects of mudflows. J. Ekologicheskie sistemi I pribori, #7, 2015, st.20-30. (in Russian).
6. Siamashvili A.R. Impact accounting forms of cross section of the channels in establishing permissible (non-washable) speeds of flows. Soob. ANSSSR. 1986. 1123 (2). st. 353-356. (in Russian).
7. Simons D.B. Sediment transport technology. Water Resorces Public. Fort. Collins. 1977. (in English).

UDC 627.152.12

SCOPUS CODE 1900

Correlation of internal friction angles of the particles with the same diameters

Maia Kupravishvili

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

Reviewers:

M. Meladze, Chief Specialist, Georgian Technical University Institute of Hydrometeorology

E-mail: m.meladze@gtu.ge

R. Diakonidze, Professor, Tsotne Mirtskhulava Water Management Institute of the Georgian Technical University

E-mail: robertdia@mail.ru

Abstract. Nomograms of the relationship between the internal friction angles and the median diameters of the particles of different shapes have been considered in order to evaluate the stability of the channel forming particles.

Based on experimental and theoretical studies, we have obtained correlations between internal friction angles of the particles of different particle shapes with the same diameters - the larger this indicator, the less probability the bottom sediments are to move and vice versa. This correlation acquires the maximum value in the case of sand-gravel fraction, which led to its anomalous action. It has been ascertained, that the washing and sedimentation process of the water channel of the debris flow largely depends on the shape of its constituting particles.

It is desirable to take the above mentioned into account when calculating the volumes of mudflow in the transit and accumulation zones, after which it will be possible to predict the ecological impact of the mudflows on the adjacent area.

Key words: Channel-forming particles; correlation of internal friction angles of the particles; exponential dependence; internal friction angle; particle median diameters; particle motion; rounded particle.

UDC 627.152.12
SCOPUS CODE 1900

Соотношение углов внутреннего трения частиц с одинаковыми диаметрами

Мая Куправишвили Департамент Агроинженерии, Грузинский Технический Университет, Грузия,
0192, Тбилиси. пр. Д. Гурамишвили 17
E-mail: m.kupravishvili@gtu.ge

Рецензенты:

М. Меладзе, главный сотрудник Института гидрометеорологии ГТУ

E-mail: m.meladze@gtu.ge

Р. Диаконидзе, профессор водного хозяйства Института Цотне Мирцхулава ГТУ

E-mail: robertaia@mail.ru

Аннотация. Чтобы оценить устойчивость руслообразующих частиц были рассмотрены номограммы зависимости между углами внутреннего трения и средними диаметрами разных форм частиц. При экспериментальных и теоретических исследованиях были получены соотношения между углами внутреннего трения различных форм частиц, при одинаковых диаметрах - чем больше этот показатель, тем меньше вероятность передвижения донных наносов, и наоборот. Это соотношение приобретает максимальное значение в случае песчано-гравийной фракции, что привело его к аномальному действию, выраженному сопротивлением устойчивости этих частиц. Следовательно, процесс динамического заиления-размыва русла преимущественно зависит от показателей формы составляющих его частиц.

Желательно вышеуказанное учитывать при расчёте объемов селевого потока как в транзитной, так и в аккумуляционной зонах, после чего можно будет прогнозировать экологическое влияние селевых потоков на прилегающую территорию.

Ключевые слова: движение частиц; округленная частица; руслообразующие частицы; соотношение углов внутреннего трения частиц; средний диаметр; угол внутреннего трения; экспоненциальное отношение.

განხილვის თარიღი 28.06.2019

შემოსვლის თარიღი 28.07.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 17.12.2019