

შპს 626.823.93

კალაპოტური პროცესების თავისებურება

ლ. კლიმიაშვილი, დ. გუბელაძე, ი. ყრუაშვილი დ. გურგენიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: წყლით გამოწვეული ეროზიული პროცესების კვლევისას ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანა ნაკადის ჰიდროდინამიკური სტრუქტურის შესწავლაა ფსკერულ და მის მიმდებარე შრეში, რადგან ძირითადად ის განაპირობებს კალაპოტის დეფორმაციას, სიჩქარის ველის ტრანსფორმაციას და ტურბულენტური აღრევის ინტენსიურობას.

ღია კალაპოტური ნაკადის ქვედა შრეში, ინდუცირებული დინების გავლენით, კალაპოტური დეფორმაციების გაანგარიშების მეთოდების შემდგომი სრულყოფა წყლით გამოწვეული ეროზიული პროცესების შესწავლის ერთ-ერთი აქტუალური საკითხია.

საკვანძო სიტყვები: ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობა; წყალქონვადი კალაპოტი; ვილტრაციული დინება; დისიპაციური ენერჯია.

1. შესავალი

მიწის რესურსების რაციონალური გამოყენება და გარემოს ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნება მოითხოვს წყალსამეურნეო ობიექტების დაპროექტების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ეფექტური და საიმედო მეთოდების დამუშავებას. ეს მეთოდები უმთავრესად გულისხმობს წყლით გამოწვეული ეროზიული პროცესების თეორიული, ნატურული და ლაბორატორიული კვლევების შედეგებით დასაბუთებული ფიზიკური მოვლენების ამსახველი საანგარიშო დამოკიდებულებების პრაქტიკულ გამოყენებას.

ჰიდროდინამიკური პროცესების გამოკვლევა უშუალოდ სასაზღვრო შრეში პრაქტიკულად მიუღწეველია პროცესის სირთულისა და გამზომ-მარეგისტრირებელ ხელსაწყოთა ბაზის უქონლობის გამო. აქედან გამომდინარე, ლოგიკური სქემის

აგება პირობითად მიღებული ნაკადის მიკროშრის გარე არისათვის, მახასიათებლების გათვლა და მისი ინტერპოლაციით შებმა სასაზღვრო პირობებთან საშუალებას იძლევა, მექანიკის ძირითადი კანონებიდან გამომდინარე, აგებულ იქნეს სიჩქარის პროფილის თვისებრივი და რაოდენობრივი ცვლილების სრული სურათი.

უპირატესად ყველა ექსპერიმენტული გამოკვლევის შედეგი ასახავს სხვადასხვა წარმოშობის და ბუნების ძალების ერთობრივ მოქმედებას, ამიტომ ნატანის წონასწორობისა და მოძრაობის რთული კანონზომიერებების დასადგენად აუცილებელი ხდება ამ ძალების დიფერენცირებული შეფასება.

დღეისათვის არსებობს სხვადასხვა სტრუქტურის მქონე დამოკიდებულებები, რომლებიც აღწერს სიჩქარეთა განაწილების კანონზომიერებებს ფსკერულ შრეში და საჭიროებს ექსპერიმენტულ დასაბუთებას. მიღებული ძირითადი, თეორიული კონცეფციები და დასკვნები განსხვავდება ექსპერიმენტის მონაცემებისგან, აუცილებელი ხდება მიღებული შედეგების საიმედოობის შეფასება წინასწარ დანიშნული სარწმუნო დონის მიხედვით, რასაც ვერ უზრუნველყოფს ექსპერიმენტული კვლევის მონაცემების სიმცირე და ზოგიერთ შემთხვევაში ინდუცირებული ნაკადის, როგორც ფაქტორის უგულებელყოფა. ამის გამო, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია კალაპოტწარმოქმნილი პროცესების ფიზიკური მოვლენის რეალური სურათის ამსახველი იმიტაციური მოდელების შექმნა, მოქმედ ფაქტორთა მაქსიმალური გათვალისწინებით, კალაპოტქვეშა ზედაპირულ შრეში.

2. ძირითადი ნაწილი

კალაპოტში დინების სიჩქარის განსაზღვრა ყოველთვის ხდება ფსკერზე მდებარე ნაწილაკის მდგრადობის პირობიდან გამომდინარე, შემდგომ ნაკადის მთელ სიღრმეზე იზომება სიჩქარეთა განაწილება და აიღება კვეთში სიჩქარეთა საშუალო მნიშვნელობები. ამ დროს ნაკადი რეგულირდება ისეთი მახასიათებლით, როგორცაა ფსკერული არაგამრეცხი სიჩქარე.

მდგრად კალაპოტებში ხშირად გამოიყენება დამოკიდებულება, რომელიც აღწერს არაგამრეცხ სიჩქარეს შემდეგი სახით:

$$U_a = \sqrt{\frac{2f_0(\rho_n - \rho_w)gd}{\lambda_0\rho_n}}. \quad (1)$$

λ_0 არის ჰიდრაულიკური წინაღობის კოეფიციენტი, რომელიც შეესაბამება ნაწილაკის დაძვრის პირობას და განისაზღვრება ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$\lambda = \frac{\alpha^2 \Delta^2}{\varepsilon} \left(\frac{1}{50} + \frac{3,6}{\text{Re}_f^{2/5}} + \frac{240}{\text{Re}_f^{4/5}} \right)^2. \quad (2)$$

(2) დამოკიდებულებაში შემავალი პარამეტრები Δ , ε , Re_f გამოითვლება

შემდეგი სახით:

$$\Delta = \frac{\alpha U_{fs} \varepsilon + \sqrt{\alpha^2 U_{fs}^2 \varepsilon^2 + (U_f^2 - U_{fs}^2) \varepsilon d^2}}{d(U_f + U_{fs})}, \quad (3)$$

სადაც $U_{ფს}$ არის ფსკერული სიჩქარე $0,5d$ ნაწილაკის ჰორიზონტზე; $U_{ფ}$ – ფილტრაციული დინების სიჩქარე.

$$\varepsilon = 2,5 \frac{d^2}{\alpha^2} \frac{U_{ფს}}{(g\nu)^{1/3}}; \quad (4)$$

$$\text{Re}_f = \frac{\bar{U}^3/h}{\bar{U}_\Delta^2 \nu/d^2}, \quad (5)$$

სადაც \bar{U}_Δ არის კალაპოტქვეშა ზედაპირული დინების საშუალო სიჩქარე Δ შრეში.

$$\bar{U}_\Delta = \frac{1}{\Delta} \int_{z=-\Delta}^0 U_\Delta(Z) dZ; \quad (6)$$

$$U_\Delta(Z) = \frac{1}{2} \left\{ \left[U_f + U_{fs} \left(1 + 2 \frac{\alpha \sqrt{\varepsilon}}{d} \right) \right] \cdot E^{Z/\sqrt{\varepsilon}}; \right. \\ \left. \left[U_f + U_{fs} \left(1 - 2 \frac{\alpha \sqrt{\varepsilon}}{d} \right) \right] \cdot E^{-Z/\sqrt{\varepsilon}} - \right\} - U_f. \quad (7)$$

ლოკალური ჰიდრაულიკური წინაღობის კოეფიციენტი განისაზღვრება შემდეგი თანაფარდობით:

$$\lambda(y) = \frac{1}{K^2} \lambda, \quad (8)$$

სადაც λ არის ჰიდრაულიკური წინაღობის ინტეგრალური კოეფიციენტი; y – მანძილი მდინარის ნაპირიდან განსახილველ ვერტიკალამდე; K – შემასწორებელი კოეფიციენტი.

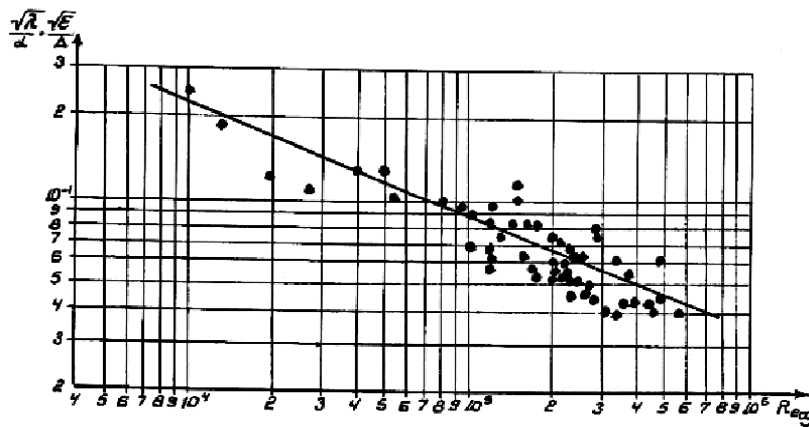
$$K = \frac{B}{\int_0^B \sqrt{\frac{h(y)}{R(y)}} dy}, \quad (9)$$

სადაც K არის ჰიდრაულიკური წინაღობის ლოკალური კოეფიციენტი.

ამრიგად, თუ განვსაზღვრავთ (8) ფორმულით ჰიდრაულიკური წინაღობის ლოკალურ კოეფიციენტს და ჩავსვამთ (1) დამოკიდებულებაში, გამოვთვლით ძირითად ნაკადში ფსკერულ სიჩქარეს შემდეგი მაჩვენებლიანი დამოკიდებულებით:

$$U_{fs} = (1 + \alpha) \bar{U} \left(\frac{0,5d}{h} \right)^\alpha. \quad (10)$$

მიღებული გრაფიკული დამოკიდებულება (ნახაზი) ასახავს ექსპერიმენტული კვლევის ანალიზის შედეგებს.



დამოკიდებულება $\sqrt{\lambda}/\alpha \sqrt{\epsilon}/\Delta$ და Re შორის

ექსპერიმენტული კვლევის ანალიზმა დაგვანახა, რომ კალაპოტკეშა ზედაპირული დინების შრის სისქე არაერთგვაროვნად არის დამოკიდებული კალაპოტის შემადგენელი გრუნტის ფილტრაციულ მახასიათებლებზე, ხოლო ფილტრაციული ამოცანის ამოხსნა ექსპერიმენტებში შეიძლება განისაზღვროს \bar{U} და α გაზომვებით.

3. დასკვნა

ექსპერიმენტული კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ მდინარის ნაკადის მდგრადობის საკითხი წყალქონვად კალაპოტში ინდუცირებული დინებისა და ჰიდრავლიკური წინაღობის კოეფიციენტის მახასიათებლებს შორის რჩება ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საკითხად, კალაპოტური პროცესების შესწავლისას.

კალაპოტქვეშა ზედაპირული დინების შრის სისქე არაერთგვაროვნად არის დამოკიდებული კალაპოტის შემადგენელი გრუნტის ფილტრაციულ მახასიათებლებზე.

თუ გვეცოდინება $d, h, \nu, \alpha, \bar{U}$ და $U_{\text{ფ}}$ სიდიდეები, განვსაზღვრავთ ნაკადის U , სიჩქარეს.

ლიტერატურა

1. Джумагулова Н.Т., Дебольский В.К., Губеладзе Д.О. Математическая модель трансформации донных форм при наличии индуцированного течения. Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Методы математического моделирования в задачах охраны природной среды экологии". Новосибирск, 1990. с. 15.
2. Yamada T. Kawabata. A theoretical study on the resistance law of the flow over a porous layer. Proc. JSGE. 1982 N 525. pp. 69-80 (in Japanese). M4.
3. Ward J.C. 'Turbulent flow in porous media, Proc. ASCE, - journal of the Hydraulics Division, vol. 90. N 15, 1964. pp. 1-12.
4. Walters G.Z., Manam V.P. Hydrodynamic effects of see page on bed particles л. Hydr. Div. Proc. ASCE. vol. 97 1971. pp. 421-459.
5. Zanke I. Grundlagen der sedimen.tbeweKun.g. Berlin Heidelberg. New-York, 1982 s 401 pp. 55-59.