

UDC 551.482.32

SCOPUS CODE 2201

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2019-4-132-140>

## ნაკადის დასაშვებ სიჩქარეთა კორექტირებული დამოკიდებულების გაანგარიშება

- † ირაკლი ყრუაშვილი** აგროინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0192, თბილისი, გურამიშვილის გამზირი №17
- ირმა ინაშვილი** წყალმომარაგება, წყალარინების, თბოაირმომარაგებისა და შენობათა საინჟინრო აღჭურვის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68<sup>ბ</sup>  
E-mail: irmainashvili@yahoo.com
- მაია ლომიშვილი** აგროინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0192, თბილისი, გურამიშვილის გამზირი №17  
E-mail: makomako429@mail.ru

### რეცენზენტები:

**მ. კუპრავიშვილი**, სტუ-ის აგრარული მეცნიერებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: m.kupravishvili@gtu.ge

**კ. ბზიავა**, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: kbziava@gtu.ge

**ანოტაცია.** ნიადაგ-გრუნტების ირიგაციული ეროზიის განმაპირობებელ ფაქტორთა შორის ძირითადი როლი ზედაპირულ ჩამონადენს მიეკუთვნება, აქედან გამომდინარე ნაკადის ჰიდრომექანიკური ძალური ზემოქმედება განსაზღვრავს კალაპოტის წონასწორობის სტატიკურ და დინამიკურ ფორმებს.

ზედაპირული ჩამონადენის ძირითადი ჰიდრომექანიკური პარამეტრი – სიჩქარე, ცალსახა კავშირშია წვიმის ინტენსიურობასთან. მნიშვნელოვანია ზედაპირული ჩამონადენის ფორმირების ფიზიკურ-მათემატიკური მოდელის დასაბუთება.

შემოთავაზებულია ამ მოდელის შესაბამისი საანგარიშო სქემა და კონკრეტული ამოცანის გადაწყვეტა ეროზიის ძირითადი მახასიათებელი პარამეტრების ცვალებადობის ფართო დიაპაზონში.

**საკვანძო სიტყვები:** დასაშვები სიჩქარე; ზედაპირული ჩამონადენი; ირიგაციული ეროზია; წყლისმიერი ეროზია.

### შესავალი

საირიგაციო სისტემის ფუნქციონირება გულისხმობს რიგი ეკოლოგიური ასპექტების გათვალისწინებას.

ნებას, რაც წყლის ბუნებრივი რესურსების რაციონალური მართვის აუცილებელი კომპონენტია.

ირიგაციული ეროზიის ინტენსიურობის ძირითად განმსაზღვრელ ფაქტორებიდან, მნიშვნელოვანია წვიმის ერთეულოვანი ჰიდროგრაფის არაერთგვაროვნების კოეფიციენტი და მისი სიხშირე. პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტისათვის გარკვეული მნიშვნელობა გააჩნია რეგიონებისათვის მრავალწლიური მეტეოროლოგიური მონაცემების განზოგადების საფუძველზე შედგენილ ინტენსიურობის რუკებს. ატმოსფერული ნალექების წლიური განაკვეთი წარმოდგება 5-10 დამახასიათებელი წვიმის ჰიდროგრაფით. მრავალრიცხოვანი მონაცემების ურთიერთშეჯერებით, დადგენილია, რომ ყველაზე საიმედოა 95%-იანი უზრუნველყოფის შესაბამისი ინტენსიურობის საანგარიშოდ აღება. გაანგარიშებისა და სათანადო პროგნოზისათვის ამ პარამეტრზე, მნიშვნელოვანია არა მარტო ინტენსიურობის ორდინატა, არამედ ნალექების მოსვლის ხანგრძლივობა და ასიმეტრიულობა [1].

ზედაპირული ჩამონადენის პარამეტრი – სიჩქარე, ცალსახა კავშირშია წვიმის ინტენსიურობასთან და მისი მოძრაობა ჭავლის სახით, შეიძლება გავაიგივოთ კალაპოტურ ნაკადებთან და გამოვიყენოთ მათზე გავრცელებული კანონზომიერებანი. ზედაპირული ჩამონადენის რეჟიმზე დღემდე არ არის ჩამოყალიბებული ერთიანი კონცეფცია, თუმცა ემპირიულად დამტკიცებულია ჩამონადენის მორფომეტრიისა და უპირველესად სიღრმის როლი ტურბულენტური რეჟიმის ჩამოყალიბებაში. რეჟიმის სახეობის დასადგენად გამოიყენება არა ჩვეულებრივი სახით რეინოლდისის

კრიტერიუმი, არამედ მისი სახეცვლილება, რომელიც გამოხატავს სიჩქარისა და სიღრმის ურთიერთკავშირს. ნაწილაკების მოგლეჯა-წატაცება ძირითადად ტურბულენტურ რეჟიმზე ხდება. გარდა ნაკადის ხარჯისა და ქანობისა ფორმირებული სიჩქარის ველზე დიდ ზეგავლენას ახდენს რელიეფის ფორმა და სასაზღვრო შრე. ჩამონადენის ფორმირებაში ასევე დიდ როლს ასრულებს ფერდობის ქანობი, რადგან ის განსაზღვრავს დაწნევის დროს [2], [3].

ზედაპირული ჩამონადენის პარამეტრებიდან საბაზისო მოდელი წარმოდგენილია შემდეგი სახით:

$$\frac{\partial q}{\partial t} - \frac{\partial z}{\partial t} = I - K - l, \quad (1)$$

სადაც  $q$  არის ხარჯის ერთეული სიგანეზე;  $t$  – დრო;  $x$  და  $z$  – განსახილველი კვეთის კოორდინატები;  $I, K, l$  – შესაბამისად წვიმის, წყალშთანთქმისა და აორთქლების ინტენსიურობა.

ამ პარამეტრებიდან ყველაზე დიდი სირთულეა  $I$ -სა და  $K$ -ს განსაზღვრა. გაანგარიშებებში აიღება ამ პარამეტრების საშუალო მნიშვნელობები, რაც მიზეზი ხდება ირიგაციის ეროზიული პროგნოზის საიმედოობის ხარისხის დაქვეითებისა და უპირველეს ყოვლისა ეს გამოიხატება იმაში, რომ ერთი და იგივე წვიმის საშუალო ინტენსიურობის შემთხვევაში, ირიგაციული ეროზიის პროგნოზი იქნება სრულიად ურთიერთგანსხვავებული. როგორც წესი, ანგარიშისას მხედველობაში მიიღება ერთეულოვანი ჰიდროგრაფის არაერთგვაროვნების კოეფიციენტი. ასევე არანაკლებ მნიშვნელოვანია წყალშთანთქმის საანგარიშო სიდიდის განსაზღვრა, მაჩვენებლიანი ფუნქციით მისი ცვალებადობის წარმოდგენის შემთხვევაში [4].

**ძირითადი ნაწილი**

ირიგაციული ეროზიის ამოცანების გადაწყვეტისას ყველაზე დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ძირითადი ნაკადის სიჩქარეს. ეს გასაგებია, რადგან ნაკადის სიჩქარე განსაზღვრავს ნიადაგ-გრუნტის ნაწილაკზე ნაკადის დინამიკურ ძალურ ზემოქმედებას და ამასთანავე თვით ნაკადის ტრანსპორტუნარიანობას. ზედაპირული ჩამონადენის ლოკალური (მყისი) სიჩქარის საანგარიშოდ მიღებულია შემდეგი სახის დამოკიდებულება [5]:

$$U = (m_0 \sqrt{l})^{1/n_0+1} (hl)^{1/n_0+1} = m_* h^z l^{n_0} P, \quad (2)$$

სადაც  $m$  არის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ხორკლიანობას;  $n_0$  – ფარდობითი ხორკლიანობა;  $h$  – წყალგაცემის ინტენსიურობა;  $l$  – ფერდოს სიგრძე;  $z = \frac{1}{n_0+1}$  – ხარისხის მაჩვენებელი;  $m_0$  – ვარიაციული რიგის ნომერი;  $P$  – ალბათური უზრუნველყოფის მაჩვენებელი.

ზედაპირული ჩამონადენის საშუალო სიჩქარე  $V_{საშ}$  განისაზღვრება:

$$V_{საშ} = \frac{1}{l} \int_0^l u dl = \frac{m h^z l^{n_0}}{l} \quad (3)$$

ამ უკანასკნელის გამოყენება მოითხოვს, რიგი ექსპერიმენტული მონაცემების სათანადო დამუშავებას, რომელიც ცალკეულ ავტორთა შეხედულებისამებრ ხორციელდება და ამიტომაც გაანგარიშების შედეგებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდება ერთი რიგითაც კი [6].

საშუალო სიჩქარე წყალგამყოფიდან  $x$  მანძილით დაშორებულ კვეთში გამოიხატება შემდეგნაირად:

$$V_x = mc \sqrt{zi}, \quad (4)$$

სადაც  $m$  არის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ფერდობზე ნაკადის გადახრას თანაბარი

ძრაობის ჰიდრავლიკური რეჟიმისაგან;  $c$  – სიჩქარის კოეფიციენტი;  $i$  – ფსკერის ქანობი.

$$q = V_x \omega = \frac{z^{0,67} \sqrt{i \cdot 1 \cdot m}}{n_0}, \quad (5)$$

$$q = \frac{z^{1,67} \sqrt{im}}{n_0}. \quad (6)$$

თუ სიჩქარის კოეფიციენტს  $c$  -ს მივიღებთ მანინგის მიხედვით, მაშინ ხარჯი  $x$  კვეთში იქნება:

თუ დავუშვებთ, რომ აორთქლება და წყლის დაგროვება ზედაპირული ჩამონადენის სახით დიდ გავლენას არ ახდენს ირიგაციულ ეროზიაზე, მაშინ (1) დამოკიდებულების გათვალისწინებით შეიძლება დავწეროთ:

$$\frac{1,67 z^{0,67} \sqrt{im}}{n_0} dz = (I - K) dx. \quad (7)$$

თუ მივიღებთ, რომ  $K = const$ , მაშინ (3.2.7)-ის ინტეგრებით მივიღებთ:

$$\frac{z^{1,67} \sqrt{im}}{n_0} = (I - K)x. \quad (8)$$

მაშინ ფსკერული სიჩქარე ხორკლიანობის შვერილზე იქნება [6]:

$$V_\Delta = \frac{z^{0,67} \sqrt{i \Delta^{1/6} m}}{n_0 z^{1/6}} = \frac{\sqrt{zi} \Delta^{1/6} m}{n_0} \quad (9)$$

(9) განტოლებაში  $V_x$ -ის ჩასმით, მივიღებთ:

$$V_\Delta = \frac{V_x \Delta^{1/6}}{z^{1/6}} \quad (10)$$

ხორკლიანობის კოეფიციენტსა და შვერილის სიმაღლეს შორის კავშირი, შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$\Delta^{1/6} = 22,2 n_0. \quad (11)$$

ამ უკანასკნელის გათვალისწინებით გვექნება:

$$V_\Delta = 22,2 \sqrt{zi} m, \quad (12)$$

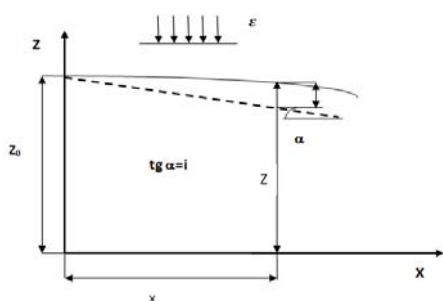
შესაბამისად:

$$V_\Delta = \frac{(I-K)^{0,3} x^{0,3} i^{0,35} \Delta^{1/6} m^{0,7}}{n_0^{0,7}}. \quad (13)$$

საჭიროა აღინიშნოს, რომ (12) ფორმულით არ არის გათვალისწინებული ნატანის ფორიანობა,

რომ არაფერი ვთქვათ ფიზიკურ-ქიმიური ეფექტის როლზე დასაშვებია სიჩქარის რაოდენობრივი განსაზღვრისას.

ირიგაციული ეროზიისაგან დაცვის მიზნით ზედაპირული ნაკადის სიჩქარე განისაზღვროს იმ საანგარიშო დამოკიდებულებების გამოყენებით, რომელიც ითვალისწინებს ნიადაგ-გრუნტების ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებათა ფართო კომპლექსს და ამასთანავე ეფუძვნება გარეცხვის ფიზიკური პროცესების ყველაზე სრულყოფილ, თეორიულად დასაბუთებულ საანგარიშო მოდელს [7].



სურ. 1. ზედაპირული ჩამონადენის საანგარიშო სქემა

ზედაპირული ჩამონადენის საანგარიშო სქემა მოცემულია 1-ელ სურათზე.

ზოგადად, ბრტყელი ნაკადის შემთხვევაში, ხარჯის ბალანსის განტოლება ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$\frac{dQ}{dx} = (\varepsilon - h_{\text{ინფ}} - h_s)y, \quad (14)$$

სადაც  $Q$  არის ხარჯი, სათავიდან (წყალგამყოფიდან), რაღაც  $x$  მანძილით დაშორებულ კვეთში;  $\varepsilon, h_{\text{ინფ}}, h_s$  – შესაბამისად, მოსული ნალექების, ინფილტრაციული წყალშთანთქმისა და აორთქლების ინტენსიურობათა საანგარიშო გასაშუალებული მნიშვნელობანი დროის ადგილზე ინტეგრალში;  $y$  – წყალშემკრები ფართობის სიგანე.

ზედაპირული ჩამონადენის ხვედრითი ხარჯი ბრტყელი ნაკადებისათვის, გარბენის გზის ადგილზე

ბულ კვეთში, არის დროის უწყვეტი ფუნქცია კოორდინატებთან ერთად. ეს ნიშნავს, რომ როცა აორთქლებას უგულვებელყოფთ, მაშინ ხარჯი განისაზღვრება:

$$q = \varphi(x, z, t); \quad \varepsilon = \varepsilon(t); \quad K = K(t), \quad (15)$$

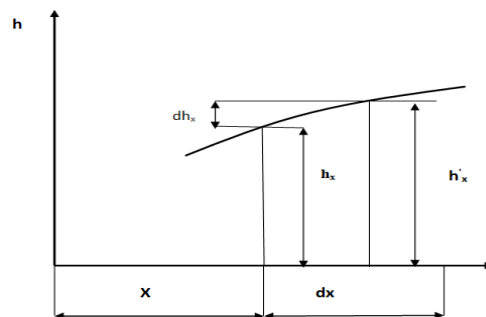
სადაც  $q$  არის ხარჯი ნაკადის სიგანის ერთეულზე;  $x, z$  – ადგილზე კვეთის კოორდინატები;  $t$  – დროის პარამეტრი;  $\varepsilon$  და  $K$  – შესაბამისად დროის არებული მომენტისათვის.

თითოეული ამ კომპონენტის ცვალებადობა (წყალშთანთქმა-ინტენსიურობა) დროის ფუნქციაა და ამიტომაც სხვადასხვა ანალიზური კანონით (მრუდით) აისახება, რაც გამორიცხავს სუპერპოზიციის (ძალთა მოქმედების დამოკიდებულების) პრინციპის გამოყენებას პროცესის ჯამური ეფექტის შესაფასებლად [8].

$$h_x = \sqrt{\frac{\varepsilon - K}{c}} x, \quad (16)$$

სადაც  $h_x$  არის ნაკადის სიღრმე განსახილველ კვეთში;  $x$  – მანძილი სათავიდან ნაკადის განსახილველ კვეთამდე;  $c$  – კოეფიციენტი, რომელიც ახასიათებს წყალშემკრები ზედაპირის ქანობასა და ხორკლიანობას;  $\varepsilon$  და  $K$  – შესაბამისად წვიმის და წყალშთანთქმის ინტენსიურობები.

(16) დამოკიდებულება მიღებულია საანგარიშო სქემის (სურ. 2) გამოყენებით.



სურ. 2 ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის საანგარიშო სქემა თანაბარი მოძრაობისათვის

ორ მეზობელ  $dx$  მანძილით დაშორებულ კვეთს შორის დროის რაღაც პერიოდში ხდება მოსული ნალექების ნაწილის ჩაქონვა (ინფილტრაცია), ხოლო მეორე ნაწილის ტრანზიტი, რაც იძლევა ხვედრითი ხარჯის ნაზარდს. ეს ცვლილება შეიძლება გამოვხატოთ შემდეგნაირად:

$$dq = h'_x V'_x - h_x V_x = \varepsilon dx - K dx. \quad (17)$$

საშუალო სიჩქარე ნაკადის ნებისმიერ კვეთში განისაზღვრება შეზის მიხედვით:

$$V_x = \frac{87\sqrt{h_x}}{n_0} \sqrt{h_x i} = C h_x, \quad (18)$$

სადაც 
$$C = \frac{87\sqrt{h_x}}{n_0}.$$

(18)-ის გათვალისწინებით (17) განტოლება მიიღებს სახეს:

$$C(h_x^2 + 2h_x dh_x + (dh_x)^2) - ch_x^2 = (\varepsilon - K) dx. \quad (19)$$

მაღალი რიგის  $dh_x^2$  უსასრულოდ მცირე სიდიდის უგულებელყოფით გვექნება:

$$2ch_x dh_x = (\varepsilon - K) dx. \quad (20)$$

ამ უკანასკნელის ინტეგრებით მივიღებთ:

$$h_x = \sqrt{\frac{x}{c}(\varepsilon - K)}. \quad (21)$$

მიღებული დამოკიდებულება ნაკადის ზედაპირის ფორმის აღწერისათვის ეყრდნობა დაშვებას, რომლის მიხედვითაც არათანაბარი ძრაობა შეცვლილია თანაბარი ძრაობით. (16) განტოლება სავსებით მარტივად მიიღება ხარჯის უწყვეტობის პირობიდან. დავუშვათ გვაქვს  $x$  სიგრძის ერთეული სიგანის სწორკუთხა ფართობი, რომელზედაც ჩამოედინება დროის ერთეულში წყლის მოცულობა ტოლი  $x(\varepsilon - K)$ , ცხადია ეს უწყვეტობის პირობის თანახმად უნდა გაუტოლდეს ხარჯს  $x$  კვეთში  $- ch_x h_x$ , ანუ მივიღებთ  $h_x$ -ის განმსაზღვრელ (21) განტოლებას.

ნაკადის სიღრმის განსაზღვრის მოყვანილი მეტოდი ეყრდნობა მეტად უხეშ ლინეარიზაციას და ამასთანავე დიფერენციალურად აღრიცხება ჩამონადენის ფორმირების პროცესი, რაც გამოიხატება სარწყავი ფართობის ზედაპირის ქანობის ჰიდრაულიკურ ქანობთან გატოლებაში  $i = I$ .

შეიძლება დავწეროთ შემდეგი განტოლება (ნახაზი 1) საანგარიშო სქემის მიხედვით:

$$z = z_0 + h_x - ix, \quad (22)$$

საიდანაც

$$\frac{dz}{dx} = \frac{dh_x}{dx} - i. \quad (23)$$

რადგან  $dz/dx$  არის აღებული წერტილში თავისუფალი ზედაპირის წარმოებული ანუ სხვანაირად ჰიდრაულიკური ქანობი  $I$ , რომელიც ჩაენაცვლება ფსკერის ქანობს და შეზის ფორმულით მოგვცემს შემდეგი სახის დამოკიდებულებას:

$$(\varepsilon - K)x = \frac{87}{n_0} \sqrt{h_x} \sqrt{h_x I} h_x. \quad (24)$$

ამ უკანასკნელი განტოლების სრული იდენტიფიკაციის მიზნით (21) განტოლებასთან, (24) დამოკიდებულებას წარმოვადგენთ შემდეგი სახით:

$$\frac{(\varepsilon - K)n_0}{87\sqrt{i}} \frac{x}{h_x^2} = \frac{1}{\sqrt{i}} \sqrt{\frac{dh_x}{dx} - i}. \quad (25)$$

ამ განტოლების მარცხენა მხარე მიღებული დაშვების საფუძველზე შეიძლება ჩავთვალოთ 1-ის ტოლად და ამიტომ (25) განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\sqrt{i} = \sqrt{\frac{dh_x}{dx} - i}, \quad (26)$$

საიდანაც

$$\frac{dh_x}{dx} = 2i. \quad (27)$$

სასაზღვრო პირობის გათვალისწინებით,  $x = 0, h_x = 0$  (27)-ის ინტეგრება გვაძლევს:

$$h_x = 2ix. \quad (28)$$

(28)-ის გათვალისწინებით და სათანადო გარდაქმნებით, მივიღებთ:

$$ax^2 dx = h_x^4 dh_x - ih_x^4 dx. \quad (29)$$

თუ მივიღებთ  $b = ih_x^4$ , მაშინ (29)-ის ინტეგრება სასაზღვრო პირობის გათვალისწინებით მოგვცემს:

$$h_x = \sqrt[5]{\frac{5}{3} ax^3 + 5bx}. \quad (30)$$

ჩამონადენის რეალური ფიზიკური სურათის ასახვისაგან ეს განტოლება შორს არის, მაგრამ ის გაცილებით უკეთ გამოხატავს ნაკადის ძრაობის არასტაციონარულობას, ვიდრე შემოთავაზებული (21) განტოლება. ჩვენ შეგვიძლია განვსაზღვროთ ნაკადის ნებისმიერ  $x$  კვეთში მორფომეტრიული მახასიათებელი  $h_{x1}$ . ზემოთ ნაჩვენები წესით  $h_x$  -ის შესაბამისად დავადგინოთ დასაშვები ქანობი ანუ ის ქანობი, რომელიც პასუხობს კალაპოტის გაურეცხვადობის პირობას.

### დასკვნა

ნიადაგ-გრუნტების აგრეგატების მიდრეკილება ზედაპირულ-მოლეკულური ეფექტების წარმოშობისაკენ და მათი ფორმირება წყალშევისების ხარისხის შესაბამისად, რადიკალურად ცვლის ირიგაციული ეროზიის სხვადასხვა სტადიაზე აგრეგატების ზღვრული წონასწორობის პირობებს. (30) ფორმულით განსაზღვრულ  $h_x$  ნაკადის სიღრმეს, ჩვენ ყოველთვის შეგვიძლია შევუსაბამოთ ის დიამეტრი, რომელიც არ დაექვემდებარება ირიგაციულ ეროზიას და უზრუნველყოფს თვითგარეცხვადი კალაპოტის მდგრადობას. წყლისმიერი ეროზიის რაოდენობრივი პროგნოზი უშუალოდ

უკავშირდება დასაშვები სიჩქარის განსაზღვრას. ზემოთ დავადგინეთ, რომ სხვადასხვა ავტორთა მიერ შემოთავაზებული დასაშვები (არაგამრეცხი) სიჩქარის საანგარიშო დამოკიდებულებანი შეიძლება გამოვხატოთ ერთიანი, მოდიფიცირებული, საერთო სტრუქტურის შემდეგი სახის ფორმულით:

$$V_{\phi}^I = A\sqrt{(\gamma_1 - \gamma_0)d}. \quad I$$

რომლის ადაპტაციაც ნიადაგ-გრუნტების სპეციფიკური თვისებების გათვალისწინებით გამოვხატოთ შემდეგი სახის კორექტირებული დამოკიდებულებით:

$$V_{\phi}^{II} = A\sqrt{(\gamma_1 - \gamma_0)(1-n)d}. \quad II$$

I და II ფორმულის თანაფარდობა  $\alpha$  შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით:

$$\alpha = \frac{V_{\phi}^I}{V_{\phi}^{II}} = \frac{A\sqrt{(\gamma_1 - \gamma_0)d}}{A\sqrt{(\gamma_1 - \gamma_0)(1-n)d}} = \sqrt{\frac{1}{1-n}}. \quad III$$

II ფორმულით გამოთვლილი დასაშვები სიჩქარე შევცვალოთ მხოლოდ დიამეტრით და გამოვიყენოთ I ფორმულა, ე.ი. ის განვსაზღვროთ ახალი დიამეტრის ჩასმით, რომელიც რიცხვობრივად ტოლი იქნება  $(1-n)d$ . ეს ნიშნავს, რომ კორექტირებულ ფორმულას (რომელიც ითვალისწინებს აგრეგატის ფორიანობას) და არსებულ ნორმატიულ საანგარიშო ფორმულის გამოყენებით მიღებულ შედეგებს შორის განსხვავება, გაანგარიშების „ცდომილებას“ მივაკუთვნოთ, ამის მიხედვით ირიგაციული ეროზიის პროგნოზი, სფერული ნაწილაკებისათვის, შესაბამისი დამოკიდებულების გამოყენებით გვაძლევს:

$$\frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^3 = \left(\sqrt{\frac{1}{1-n}}\right)^6 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^6 = \alpha^6. \quad IV$$

აქედან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, ბულების გამოყენება, რომელიც ითვალისწინებს ზო-  
რომ აუცილებელია ნიადაგ-გრუნტების წყლისმიერ გიერთ სპეციფიკას და უზრუნველყოფს ირიგა-  
ეროზიის რაოდენობრივი პროგნოზისათვის და- ციული ეროზიის პროგნოზის მაღალ საიმედოობას.  
საშვებ სიჩქარეთა კორექტირებული დამოკიდე-

---

### ლიტერატურა

1. Mirtskhulava Ts. E. Water erosion of soils. (Mechanism, forecast). Tbilisi. "Metsniereba". 2000, 420 p. (in Georgian).
2. Kruashvili I., Inashvili I., Bziava K., Lomishvili M. Soil moisture regulation in irrigated agriculture. World academy of science, engineering and technology international journal of biological, biomolecular, agricultural, food and biotechnological engineering. Vol.10. №12. 2016, 791-794 pp.
3. Kruashvili I., Inashvili I., Bziava K., Lomishvili M. Determination of optimal irrigation rates of agricultural crops under consideration of soil properties and climatic conditions. Annals of agrarian science. Vol. 14. Issue 3. 2016, 217–221 pp.
4. Agroskin I.I. and others. Hydraulics. M. 1964, 483 p. (in Russian).
5. Kruashvili I., Inashvili I. Mathematical model of defining concentration and turbulent exchange coefficient in suspended streams. Annals of agrarian science. 3 (1). 2005. 98-100 pp. (in Georgian).
6. World agro-climatic directory. Hydrometeorological publishing house. Leningrad. 1937, 414 p. (in Russian).
7. Kostyakov A.N. Fundamentals of land reclamation. M.: "Sudkhozizd". 1962, 452 p. (in Russian).

UDC 551.482.32

SCOPUS CODE 2201

## Calculation of corrected dependency of the flow permissible velocity

- † **Irakli Kruashvili** Department of Agro-Engineering, Georgian Technical University, 17 D. Guramishvili Str, 0192, Tbilisi, Georgia
- Irma Inashvili** Department of Water Supply, Canalization, Heating and Air Conditioning System and Plumbing Installation, Georgian Technical University, 68<sup>b</sup> M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia  
E-mail: irmainashvili@yahoo.com
- Maia Lomishvili** Department of Agro-Engineering, Georgian Technical University, 17 D. Guramishvili Str, 0192, Tbilisi, Georgia  
E-mail: makomako429@mail.ru

### Reviewers:

**M. Kupravisvili**, Associate Professor, Faculty of Agricultural Science and Biosystems Engineering, GTU

E-mail: m:kupravisvili@gtu.ge

**K. Bziava**, Associate Professor, Faculty of Civil Engineering, GTU

E-mail: kbziava@gtu.ge

**Abstract.** The main role of soil irrigation erosion factors is surface runoff. Therefore, the hydro-mechanical impact of the surface runoff determines the static and dynamic forms of the irrigation channel sustainability.

The main hydro-mechanical parameter of surface runoff is velocity, which depends on rain intensity. The work considers the validation of physical-mathematical model of the surface runoff formation.

The corresponding calculation model for this model and the solution of a specific task are proposed in a wide range of volatility of the main characteristics of erosion.

**Key words:** Irrigation erosion; permissible velocity; surface runoff; water erosion.



UDC 551.482.32  
SCOPUS CODE 2201

### Расчет скорректированной зависимости допускаемой скорости потока

- † **Ираклий Круашвили** Департамент Агроинженерии, Грузинский Технический Университет, Грузия, 0192, Тбилиси. проспект Д. Гурамишвили 17
- Ирма Инашвили** Департамент водоснабжения, канализации, теплоснабжения и инженерного оборудования, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68<sup>б</sup>  
E-mail: irmainashvili@yahoo.com
- Майя Ломишвили** Департамент Агроинженерии, профессор, Грузинский Технический Университет, Грузия, 0192, Тбилиси. проспект Д. Гурамишвили 17  
E-mail: makomako429@mail.ru

### Рецензенты:

- М. Купрашвили**, ассоциированный профессор факультета аграрных наук и инженеринга биосистем ГТУ  
E-mail: m:kupravishvili@gtu.ge
- К. Бзиава**, ассоциированный профессор строительного факультета ГТУ  
E-mail: kbziava@gtu.ge

**Аннотация.** Основную роль факторов ирригационной эрозии почв составляет поверхностный сток, поэтому гидромеханическое воздействие потока определяет статические и динамические формы баланса пласта.

Основные гидромеханические параметры поверхностного стока - скорость, связанная с интенсивностью дождя. В статье дается обоснование физико-математической модели формирования поверхностного стока.

Соответствующая модель расчета для этой модели и решения конкретной задачи предлагается в широком диапазоне волатильности основной характеристики эрозии.

**Ключевые слова:** водная эрозия; допустимая скорость; ирригационная эрозия; поверхностный сток

*განხილვის თარიღი 28.06.2019*

*შემოსვლის თარიღი 28.06.2019*

*ხელმოწერილია დასაბეჭდად 17.12.2019*