

UDC 631.67

SCOPUS CODE 1101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2023-3-9-17>

ზედაპირული მორწყვის მათემატიკური მოდელი

ედუარდ კუხალაშვილი	ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60 ^ა E-mail: e.kukhalashvili@agruni.edu.ge
თამაზ ოდილავაძე	აგროსაინჟინრო დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, დ. გურამიშვილის გამზ. 17 E-mail: odilavadze2004@yahoo.com
შოთა შამათავა	აგროსაინჟინრო დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, დ. გურამიშვილის გამზ. 17 E-mail: shotashamatava@gmail.com

რეცენზენტები:

მ. ლომიშვილი, სტუ-ის აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: m.lomishvili@gtu.ge

შ. კუპრეიშვილი, სტუ-ის ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის მთავარი სპეციალისტი, ტექნიკის აკადემიური დოქტორი

E-mail: sh.kupreishvili@gtu.ge

ანოტაცია. ირიგაციისათვის საჭირო რაოდენობის წყლის ხარჯისა და მორწყვის ვადების პროგნოზი ნიადაგში ჩაჟონვის გათვალისწინებით; სარწყავი წყლის ფართობზე თანაბრად განაწილება; ოპტიმალური პარამეტრების ფორმირება და მცენარის ზრდა-განვითარების მდგრადი რეჟიმის შექმნა; მორწყვის ნორმების შერჩევა ურთიერთმართავი ფაქტორების, კერძოდ ნიადაგის სტრუქტურის უცვ-

ლელობის, სარწყავი ფართობის გამოყენების ერთ-თან მიახლოებული სიდიდის და ნიადაგში წყლის ჩაჟონვის ან გადაადების პირობების გათვალისწინებით, ერთ-ერთი აქტუალური საკითხია. ნაშრომში სარწყავი წყლის ფართობზე განაწილების თანაბრობიდან გამომდინარე, მოცემულია მისი თავისუფალი ზედაპირის საპროგნოზო მათემატიკური მოდელი, ზოლის სიგრძის მორწყვის ნორმის, სარწყავი წყლის ხარჯის საანგარიშო დამოკიდებულებები.

საკვანძო სიტყვები: ზედაპირული მორწყვა; ტალღა; ფილტრაცია; ჩამონადენი.

შესავალი

ნიადაგის გატენიანება ზედაპირული მორწყვის დროს, ვერტიკალური მიმართულებით – გრავიტაციით, წყლის შთანთქმით ხდება. მისი ნიადაგში მოხვედრის მექანიზმი ზედაპირზე სარწყავი წყლის სიღრმესთან არის უშუალო კავშირში. როცა მორწყვა კვლებით არის გათვალისწინებული, აღნიშნულთან ერთად წყლის ხარჯვა განივი მიმართულებითაც ხდება.

მორწყვის რეჟიმის გავლენა ნიადაგის სტრუქტურულ მდგრადობასა და ნაყოფიერებაზე სახეების მიხედვით ერთმანეთისგან დიამეტრულად განსხვავდება, ხოლო გაანგარიშების შედეგების სიზუსტე ზედაპირზე მოძრავი და ჩაჟონილი წყლის მექანიზმის ურთიერთმერწყვის ხარისხთანაა დაკავშირებული. ასეთ პირობებში აღნიშნულთან კავშირში საყურადღებოა ნიადაგის ზედაპირის დამუშავების ხარისხის გავლენა სარწყავი წყლის გადინების დინამიკაზე, ჩაჟონვაზე, წყლის შთანთქმაზე, რადგან ამ უკანასკნელთა დროზე დამოკიდებულება ჰიპერბოლური ხასიათისაა.

სარწყავ ფართობზე წყლის ზოლის სახით მოძრაობის შემთხვევაში საანგარიშო პარამეტრთა ინოვაციური ფორმულების შექმნა, მოვლენის სირთულიდან გამომდინარე, აპრობირებული მოდელების სრულყოფას და დაზუსტებას საჭიროებს.

ჰიდროგრაფიულ აუზში არსებული მიწის მასივების ტენიანობის მართვის სამელიორაციო ღონისძიებები, როცა ზედაპირულ და მიწისქვეშა ჩამონადენთან არის დაკავშირებული და ამოცანა ინფრასტრუქტურის არსებული მდგომარეობის პირობების გაუმჯობესებასა და მდგრადობის გაზრდაზეა ორიენტირებული, წყლის რესურსებზე მისი დამოკიდებულება სხვა დარგებთან კომპლექსში უნდა იყოს განხილული და მიწათმოქმედებაში წყლის რეჟიმი აუცილებლად უნდა პასუხობდეს სამეურნეო და ბუნებრივი პირობების შესაძლებლობებს, რადგან ნიადაგის სახესხვაობასთან კავშირში განსხვავებულია წყლის რესურსების ხარჯვის შესაძლებლობები. აქედან გამომდინარე, სამელიორაციო ღონისძიებები უზრუნველყოფს ნიადაგის როგორც კვებით, ისე სითბურ რეჟიმებს და გამორიცხავს ზედაპირული წყლების ჩამონადენის მექანიკურ შემოქმედებას, რომელიც სრულყოფილი გაანგარიშების მოდელირებაზეა დამოკიდებული [1, 2, 3].

მიწათმოქმედებაში როცა ტენის რეგულირების წყაროდ ზედაპირული წყლებია გამოყენებული, მისი მცენარისთვის მიწოდება ადგილმდებარეობის ჰიდროლოგიურ და კლიმატურ პირობებში გვალვის ხარისხის შესაბამისად რეჟიმის შერჩეულ ზღვრებში უნდა განხორციელდეს [4].

მორწყვის პროცესში საირიგაციო წყლის ზოლის სახით მოძრაობის შემთხვევაში იგი იცვლის ჰიდრავლიკას. შესაბამისად, მორწყვის პროცესის ფიზიკა კვეთებს შორის ფორმირებული დონეებით, ჩაჟონილი და ზედაპირზე დარჩენილი წყლის ხარჯებით უნდა შეფასდეს, ხოლო ოპერატიულ საშუალებებად ფილტრაციასა და ჰიდრავლიკაში მიღებული მეთოდები, მეთოდოლოგია და განტოლებები შეიძლება იქნას აპრობირებული.

სარწყავი ზოლის ზედაპირის სიძქისის, ქანობის, სტრუქტურის არაერთგვაროვნების უთანაზომობის

გამო წყლის თავისუფალი ზედაპირის ბალანსის შეფასება გართულებულია იმის გამო, რომ აღნიშნულთან ერთად ცვალებადია მოძრავი სითხის მასა, დონეები, სტაციონარულობა. ასეთ პირობებში პროცესის აღწერის დროს მიზანშეწონილია მოძრაობის რაოდენობის კანონის გამოყენება.

ირიგაციაში იშვიათად ვხვდებით მორწყვის პროცესის შეწყვეტის შემთხვევებს, რომელსაც თანახლავს ფორმირებული სარწყავი წყლის ტალღის გაწყვეტა და თავისუფალი ზედაპირის ფორმის სრულიად ახალი სახით ჩამოყალიბება. შესაბამისად, წყლის მიღებული ზედაპირის ფორმა და ფართობზე გადანაწილების პროცესი სხვა მასშტაბებს იღებს. იცვლება სარწყავი და მორწყვის ნორმების შეფასების მოდელები [5].

სხვადასხვა სახით ნიადაგის მორწყვის პროცესის მიხედვით, ფართობზე დარჩენილი წყლის მოცულობა მოძრაობის მიმართულებით მცირდება და მოწოდებულის ნაწილს წარმოადგენს. როცა პროცესის შეწყვეტა მყის ხდება დარჩენილი ხარჯი გადასადგების სახელწოდებითაა ცნობილი. მიწოდებულთან შეფარდებით მისი მოცულობა $2/3 - 4/5$ -ის საზღვრებში მერყეობს, როცა გადინება გრძივი ტალღის სახითაა წარმოდგენილი, მორწყული ზოლის სიგრძე და ფართობი იზრდება. აღნიშნული მნიშვნელოვნად ცვლის მორწყვისა და სარწყავი ნორმების საანგარიშო სიდიდეს.

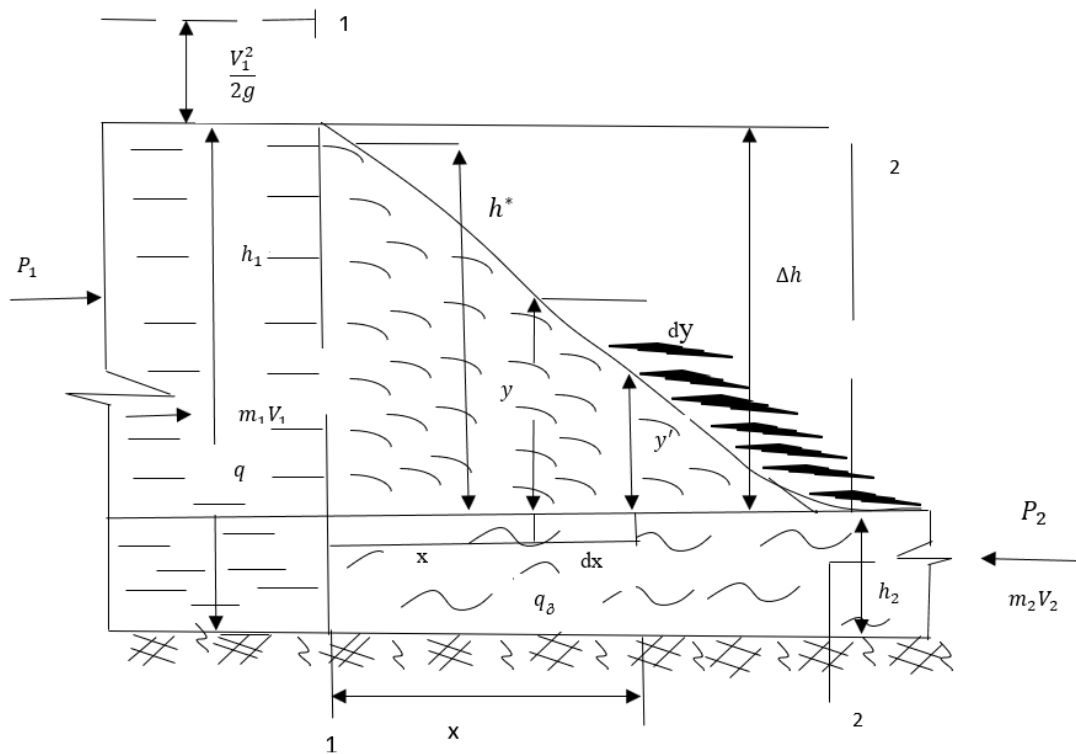
სარწყავი წყლის განაწილების თანაბრობის პირობიდან გამომდინარე, გადასადგები ხარჯის ზოლის სიგრძეზე გავრცელების პროგნოზით აუცილებელია დანაკარგის გარეშე მოხდეს სარწყავი ზოლის

სიგრძის კორექტირება და მიწოდებული რწყვის ნორმების შეფასება და პროგნოზირება [6, 7].

ძირითადი ნაწილი

ზედაპირული მორწყვისას სარწყავი ფართობის დასაწყისში მიწოდებული წყლის ხარჯის სიდიდე და მისი განმსაზღვრელი პარამეტრები კერძოდ სიღრმე, სიჩქარე, ფილტრაცია, როგორც ცნობილია, საჭირო ნორმებით ფართობზე წყლის მიწოდების ძირითად განმსაზღვრელ პარამეტრებს წარმოადგენს და ზოლის სიგრძეზე იგი სარწყავი წყლის მიწოდების შესაბამისი მოდელის შერჩევას საჭიროებს. მორწყვის პროცესში ნიადაგში წყლის ჩაჟონვისას მისი არარსებული სახიდან განსხვავებით ადგილი აქვს მოძრაობის სტაციონარულობის რღვევას, რაც დონის ნიშნულების ცვალებადობით გამოიხატება, შესაბამისად მოძრავი წყლის გრძივი პროფილი კარგავს წრფივ ფორმას და ტალღის სახეს იღებს.

როცა ტალღა უწყვეტია და მოძრაობის ერთი სახიდან მეორეში გადასვლა მახასიათებელი პარამეტრების თანდათანობითი მდოვრე ცვალებადობით ხდება, ფორმირებულია დინამიკური ეფექტების გარეშე, გრავიტაციის გაწონასწორება წინააღმდეგობის ძალებით არის განპირობებული, მოძრაობა კვაზისტაციონარულია და წყლის მოძრაობის გრძივი პროფილი ტალღის სახით არის წარმოდგენილი. ამ უკანასკნელის ხარჯისა და დროის ნამრავლით გამოსახვის შემთხვევაში წყლის გადაადგილების საანგარიშო მოდელი შეიძლება სურ. 1-ზე მოცემული სქემით იქნეს წარმოდგენილი.



სურ. 1. სარწყავ ფართობზე წყლის გადაინების საანგარიშო სქემა ზედაპირული მორწყვისას

საანგარიშო მოდელს როდესაც დაღმავალი ტალღის სახე აქვს 2-2 კვეთში საწყის 1-1 კვეთთან შედარებით, წყლის დონე მკვეთრად შემცირებული სახითაა ფორმირებული, მოძრაობა და თავისუფალი ზედაპირის ცვლილება შეიძლება შეფასდეს ორი უწყვეტი ტალღის შეუღლების მოდელით.

ტალღის ზონაში ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის წყვეტის შემთხვევაში, მისი პროგნოზირება ანალიზიდან გამომდინარე, დაუმყარებელი მოძრაობის დიფერენციალური განტოლებით არის შესაძლებელი და პროცესი ენერგეტიკულობის მახასიათებელი პარამეტრის ერთთან ტოლობის შემთხვევას შეესაბამება [1].

სარწყავი ფართობის მცირე ქანობის შემთხვევაში საანგარიშო სქემიდან (სურ. 1) h_1 და h_2 სიღრმეებს

შორის დამოკიდებულება შეიძლება განისაზღვროს მოძრაობის რაოდენობის კანონით

$$m_1 V_1 - m_2 V_2 = P_2 - P_1, \quad (1)$$

სადაც P_1, P_2 არის მოქმედი გარე ძალები (ნ);

m_1, m_2 – კვეთებში მოძრავი წყლის ნაკადის მასები (ნ);

V_1, V_2 – კვეთებში წყლის მოძრაობის საშუალო სიჩქარეებია

(მ/წმ.)

თუ გარე ძალებს შევცვლით იმპულსების წნევით, მასებს ρ სიმკვრივეებით, q -ს ხვედრითი ხარჯისა და γ -ს სიჩქარის განაწილების უთანაბრობის კოეფიციენტით გამოვსახავთ, მივიღებთ

$$\frac{2\alpha q^2}{g} = h_1^2 h_2 + h_2^2 h_1 \quad (2)$$

რადგან ტალღის დასაწყის კვეთში ნაკადის

სიღრმე $h_1 = \Delta h + h_2$

$$\frac{2\alpha q^2}{g} = 2h_2^3 + 3\Delta h h_2^2 + \Delta h^2 h_2 \quad (3)$$

(3) დამოკიდებულების გარდაქმნებისა და გამართვების საფუძველზე, როდესაც

$$h_2^3 = \frac{\alpha q^2}{g},$$

მაშინ

$$\frac{2\alpha q^2}{g} (1 - \frac{q^3}{g})(1 + \frac{q^3}{g}) = 3\Delta h h_2^2 + \Delta h^2 h_2 \quad (4)$$

ტალღის ზონაში შემოდინებული და გადადინებული ხარჯების ტოლობის შემთხვევაში გვექნება

$$3\Delta h h_2^2 + \Delta h^2 h_2 = 0, \quad (5)$$

$$\text{შესაბამისად } h_2 = -\frac{1}{3}\Delta h \quad (6)$$

ასეთ პირობებში ზედაპირზე დარჩენილი ტალღის სიღრმე h^* , ანუ გადასაგდები ნაკადის სიმაღლე

$$h^* = \Delta h + h_2 = \Delta h + (-\frac{1}{3}\Delta h) = \frac{2}{3}\Delta h. \quad (7)$$

როგორც (7) დამოკიდებულებით მივიღეთ, გადასაგდები ტალღის სიღრმე მისი სრული სიღრმის 2/3-ის ტოლია და ტალღის ზონაში საწყის სიღრმესთან შედარებით ნაკადის სიღრმეს 1/3 სიდიდით მცირდება. ტალღის სიღრმის დანაკარგის სიდიდეს თუ მივიჩნევთ ნიადაგის გატენიანების ნორმად, დინების პროცესის უეცარი შეწყვეტის შემთხვევაში, ზონიდან მისი გადაგდების დროს წყლის ნაკადის სიღრმე ტალღის სიღრმის 2/3-ის ტოლი იქნება.

როდესაც ტალღის ზონაში შემოდინებული ხარჯის სიდიდე წყლის ნაკადის გეომეტრიით ფასდება, ე.ი. ფართობზე შემოდინებული ტალღის სიმაღლე Δh - ის, ხოლო სიგრძე X -ის და სიგანე b -ს ტოლია. დანაკარგების გარეშე მორწყვის პროცესის ზოლის სარწყავი წყლის მოცულობა იქნება

$$W = X \cdot b \cdot \Delta h \quad (8)$$

სიჩქარის განაწილების α კოეფიციენტის ერთეული სიგანის ზოლის დროს ხვედრითი ხარჯის სიდიდე t დროში ენერგეტიკის დეპრესიის ზედაპირის შემასწორებელი n კოეფიციენტის გათვალისწინებით იქნება

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{W}{tb} = \frac{Xb\Delta h}{tb} = \frac{\alpha X n \Delta h}{t}. \quad (9)$$

შესაბამისად გასადინებელი და ნიადაგში ჩასაქონი წყლის ხარჯების სიდიდეები, კერძოდ

ფილტრაციული ხარჯი

$$q_{ფ} = \frac{1}{3} \frac{\alpha X \Delta h}{t}, \quad (10)$$

გადასაგდები ხარჯი

$$q_{გ} = \frac{2}{3} \frac{\alpha X \Delta h}{t}. \quad (11)$$

საანგარიშო სქემის შესაბამისად, როცა კვეთებში ხარჯების შესაბამისი საშუალო სიჩქარეების მახასიათებელ მოდელად არანიუტონურობის $f(\beta)$ გათვალისწინებით $V = chf(\beta)$ დამოკიდებულება წარმოდგენილი, C შეზის კოეფიციენტის გათვალისწინებით $m^{1/2}/\sqrt{m}$ სიდიდით არის წარმოდგენილი, ხარჯის სიდიდე

$$q = Ch^2 f(\beta). \quad (12)$$

სქემის შესაბამისად საანგარიშო კვეთების ხარჯებს შორის სხვაობა

$$yV_x - y'V_x' = -2yCf(\beta), \quad (13)$$

რადგან ტალღის დასაწყისში სარწყავი წყლის სიღრმე $h = \sqrt{q/C f(\beta)}$ და ზოლის X სიგრძეზე სიღრმის მნიშვნელობა ხარჯის ფუნქციაა, ზოლის X სიგრძის და b სიგანის დროს ნიადაგში ჩაქონილი ხარჯის სიდიდე არის

$$q_{ფ} = \frac{\alpha X n \Delta h}{t}. \quad (14)$$

შერჩეული კვებების ხარჯებს შორის სხვაობა

$$2Cyf(\beta)dy = -\frac{1}{3} \frac{\alpha X n \Delta h X}{t} dx. \quad (15)$$

განტოლების მარჯვენა ნაწილის მინუს ნიშანი მიუთითებს X სიგმის გაზრდით y -ის შემცირებაზე.

(15) დამოკიდებულების ინტეგრირებით გვექნება

$$Cf(\beta) = -\frac{n\alpha\Delta h X^2}{6t} + C^*, \quad (16)$$

როცა $X=0$; $Y=\Delta h$ და $C^* = C\Delta h^2 f(\beta)$

შესაბამისად

$$Cy^2 f(\beta) = -\frac{n\alpha\Delta h X^2}{6t} + C\Delta h^2 f(\beta) \quad (17)$$

წყლის ნაკადის ხვედრითი ხარჯის X სიგრძეზე გატარების შესაძლებლობა შეიძლება შეფასდეს დაშვებით

$$Cy^2 = -\frac{n\alpha\Delta h X^2}{6tf(\beta)} + c\Delta h^2 \quad (18)$$

ფართობის დასაწყისში მისაწოდებელი წყლის ხარჯი, როცა $y = 0$

$$q = -\frac{n\alpha\Delta h X^2}{6tf(\beta)} \quad (19)$$

(19) დამოკიდებულებით შეიძლება შეფასდეს ზოლის სიგრძე სარწყავ ფართობზე მისაწოდებელი წყლის ხარჯის შემთხვევაში

$$X = \sqrt{\frac{6qtf(\beta)}{n\alpha\Delta h}} \quad (20)$$

ანალოგიურად, გადინების დრო

$$t = \frac{n\alpha\Delta h X^2}{6qf(\beta)} \quad (21)$$

(17) დამოკიდებულებით, როცა სარწყავი ფართობის დასაწყისში წყლის ხარჯი $q = C\Delta h^2 f(\beta)$

$$Cy^2 = \frac{n\alpha\Delta h X^2}{6tf(\beta)} + q \quad (22)$$

$$y = \Delta h \sqrt{1 - \frac{n\alpha\Delta h X^2}{6qtf(\beta)}} \quad (23)$$

ანალოგიურად, სითხის თავისუფალი ზედაპირის q_x ხარჯის ცვლილება ზოლის გასწვრივ შეიძლება გამოვსახოთ განტოლებით

$$q_x = q \left(1 - \frac{n\alpha\Delta h X^2}{6qtf(\beta)}\right) \quad (24)$$

(24) დამოკიდებულების მარჯვენა ნაწილის ფრჩხილებში მოთავსებული გამოსახულება წარმოადგენს გადასაგდები ხარჯის ნაწილს – პროცენტს. თუ ამ სიდიდეს აღვნიშნავთ Y_0 –ით, მაშინ

$$Y_0 = 1 - \frac{n\alpha\Delta h X^2}{6qtf(\beta)} \quad (25)$$

როცა წყლის მიწოდება ფართობზე გადინების გარეშე ხდება, $Y_0 = 0$ (25) დამოკიდებულებიდან $\frac{n\alpha\Delta h X^2}{6qtf(\beta)} = 1$, ასეთ შემთხვევაში ფილტრაციული წყლის გადინების სიგრძე, ე. ი. X დინების სიგრძე

$$X = \sqrt{\frac{2qtf(\beta)}{n\alpha\Delta h}} \quad (26)$$

მორწყვის პროცესის სრულად წარმოჩენის მიზნით ნაშრომში განიხილება სხვადასხვა შემთხვევა:

1. როცა წყლის მიწოდება ფართობზე გადინების გარეშე, ე. ი. გადინების პროცენტი $y = 0$, ასეთ შემთხვევაში გადინების სიგრძის საანგარიშოდ შეიძლება გამოვიყენოთ (26) ფორმულა;
2. სარწყავ ფართობზე წყლის უდანაკარგოდ მიწოდება მისაწოდებელი ნაკადის პროცენტთან არის დაკავშირებული, ე. ი. მისი გადინება M -ის ფუნქციაა. ასეთ შემთხვევაში განიხილება წყლის მიწოდების შეწყვეტა. სარწყავ ფართობზე დარჩენილი წყლის მოცულობა მისაწოდებელი წყლის n ნაწილს წარმოადგენს, ე. ი. წყლის n ნაწილის შთანთქმა ხდება X მანძილზე, ხოლო დარჩენილის გადინება – X ზოლის გარეთ. ნიადაგში წყლის გადინებით ჩაჟონვის $l - x$ სიგრძეზე გადინების თანაბრობის პირობიდან გამომდინარე დარჩენილი წყლის მოცულობა $M\Delta h x$ -ის ტოლია,

ხოლო x ზოლის ქვემოთ ჩადინებული წყლის მოცულობა შეიძლება შეფასდეს ტოლობით $M\Delta hx - (1 - a)\Delta hx$. მორწყვის m ნორმის გათვალისწინებით

$$(l - X)m = M\Delta hx - (1 - a)\Delta hx = Mhx - hx + hxa = \Delta hx(M + a - 1) \quad (27)$$

(27) დამოკიდებულებაში როცა M სიდიდე $2/3$ – ის ტოლია:

$$l = X \frac{\Delta h}{m} (a - \frac{1}{3}). \quad (28)$$

(26) ფორმულის გათვალისწინებით (28)-ში სარწყავი წყლის გადინების სრული სიგრძე, როცა $\frac{l}{x} = n$

$$l = \frac{n}{n-1} \frac{\Delta h}{m} (a - \frac{1}{3}) \sqrt{\frac{6qtf(\beta)}{na\Delta h}}. \quad (29)$$

მორწყვის ნორმის სიდიდე გადაგდების გარეშე, როცა ჩაჟონვის K_0 კოეფიციენტი გამოსახულია, შინაგანი ხახუნის კოეფიციენტი და ფორიანობა შესაბამისად არის Ψ და φ , მაშინ მორწყვის N ნორმა გამოისახება დამოკიდებულებით

$$N = \frac{nk_0}{\Psi^2 t [1 - \sqrt{1 - \varphi} (1.5\sqrt{1 - \varphi} - 0.5)]}. \quad (30)$$

წყლის გადაგდების გარეშე ფართობის მორწყვისას ნეტო ნორმის სიდიდე

$$N_{ნეტ.} = \frac{K_0 t^{1-\varphi_1}}{f(\beta)}, \quad (31)$$

სადაც φ_1 დამოკიდებულია ნიადაგის სახეობაზე.

ბრუტო ნორმის სიდიდე,

$$N_{ბრ.} = \frac{qt}{x}, \quad (32)$$

რადგან

$$\frac{qt}{x} = \frac{K_0 t^{1-\alpha}}{f(\beta)} \quad (33)$$

ფართობზე წყლის ხარჯის მისაწოდებელი სიდიდე

$$Q = \frac{m\omega}{tf(\beta)}. \quad (34)$$

მორწყვის პროცესში, საირიგაციო ზოლის სიგრძეზე მოძრავი წყალი იცვლის ჰიდრავლიკას, რომლის შეფასებისას გამოყენებულია ფილტრაციაში და ჰიდრავლიკაში აპრობირებული მეთოდოლოგია [5].

დასკვნა

სარწყავ ფართობზე ტალღის ფორმის შემოდინებული ხარჯის სიდიდე გადინებული და ნიადაგში ჩაჟონილის გათვალისწინებით სარწყავი წყლის მოცულობაზეა დამოკიდებული. დადგენილია ჩაჟონილი და ნიადაგის ზედაპირზე დარჩენილი წყლის ხარჯის სიდიდეები, მიღებულია პროცესის შესაბამისი საანგარიშო დამოკიდებულებები.

სითხის თავისუფალი ზედაპირის ცვლილება ზოლის გასწვრივ გადასაგდები ხარჯის პროცენტთან არის დაკავშირებული. როცა ფართობიდან გადინება არ ხდება, ზოლის სიგრძე და სარწყავი წყლის მოძრაობის დრო კონცენტრაციაზეა დამოკიდებული. ტალღის ზონაში ჩაჟონილი წყლის მოცულობა მიწოდებულის $1/3$ -ს, ხოლო გადასაგდები ხარჯის მოცულობა $2/3$ -ს შეადგენს.

ლიტერატურა

1. Kruashvili, I., Inashvili, K., Bziava, M. (2016). Determination of optimal irrigation rates of agricultural crops under consideration of soil properties and climatic conditions. *Annals of Agrarian Science*, 14(3), 217-221;
2. Pereira, L. S, Alves, I., Paredes, P. (2022). *Crop and landscape water requirements.*, Portugal, Lisboa: Elsevier.
3. Kruashvili, I., Inashvili, I., Kukhalashvili, E., Bziava, K. (2013). About the impact of water migration and characteristics, Journal, *Hydroengineering*, 1-2(15-16), 79-83. (In Georgian);
4. Tishchenko, A.P. (2016). Operational management of crop irrigation regimes using the instrumental method. *Scientific and Practical Journal*, 1(61), 17-23. (In Russian);
5. Gavardashvili, G., Natishvili, O., Kukhalashvili, E. (2016). *Irrigation, Drainage, Erosion.* Georgia, Tbilisi: Universali. <http://openlibrary.ge/handle/123456789/8107>
6. Kang, M.S., Banga. S.S. (2013). Global Agriculture and Climate Change. *Journal of Crop Improvement*, 27(6), 667-692. DOI: 10.1080/15427528.2013.845051
7. Allen, R.G., Pereira, Raes, Smith. D. M. (1998). *Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements.* Italy, Rome: FAO. <https://www.fao.org/3/X0490E/x0490e00.htm>

UDC 631.67

SCOPUS CODE 1101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2023-3-9-17>

A Mathematical Model of Surface Irrigation

- Eduard Kukhalashvili** Institute of Water Management named after Tsotne Mirtskhulava, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 60th, I. Chavchavadze Ave.
E-mail: e.kukhalashvili@agruti.edu.ge
- Tamaz Odilavadze** Department of Agricultural Engineering, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77, M. Kostava Str.
E-mail: odilavadze2004@yahoo.com
- Shota Shamatava** Department of Agricultural Engineering, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77, M. Kostava Str.
E-mail: shotashamatava@gmail.com

Reviewers:

M. Lomishvili, Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering, GTU

E-mail: m.lomishvili@gtu.ge

Sh. Kupreishvili, Doctor of Technical Sciences, Senior Specialist of the Institute of Water Management named after Tsotne Mirtskhulava, GTU

E-mail: sh.kupreishvili@gtu.ge

Abstract. Sustainable growth and development of a plant is a function of interacting factors. In irrigated farming, water consumption, irrigation dates, irrigation norm, equal distribution of water on the irrigated area, under conditions of unchanged soil structure belong to the category of difficult tasks of irrigation.

In the case of irrigation area usage close to one, the consideration of seepage and discharge conditions is an urgent issue. In the paper, based on the even distribution of water, a prediction model of the free surface is provided. In particular, the equations, describing the length of the irrigation strip, irrigation rate and irrigation water flow, are derived.

Keywords: irrigation rate; run-off; seepage; surface irrigation; wave.

განხილვის თარიღი 30.03.2023

შემოსვლის თარიღი 07.04.2023

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 27.09.2023