



საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტი
1922 წლიდან

შოთა შამათავა

ნიადაგში მიმდინარე ჰიდროფიზიკური
პროცესების გავლენა კულტურის სარწყავ
ნორმასა და მორწყვის რეჟიმზე

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა „აგროინჟინერია“

შიფრი 0719

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი თბილისი, 0160, საქართველო

2023 წ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ფაკულტეტი - აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის
ფაკულტეტი აგროსაინჟინრო დეპარტამენტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით შოთა შამათავას მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „ნიადაგში მიმდინარე ჰიდროფიზიკური პროცესების გავლენა კულტურის სარწყავ ნორმასა და მორწყვის რეჟიმზე“

და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საინჟინრო, ტექნოლოგიური და საბუნებისმეტყველო საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

-----, ----- 2023 წელი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი/ხელმძღვანელები:

ედუარდ კუხალაშვილი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი
ოლღა ხარაიშვილი, სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა კანდიდატი,
ასოცირებული პროფესორი

რეცენზენტი: შორენა კუპრეიშვილი

ასოცირებული პროფესორი

რეცენზენტი: მარინა მაჭარაშვილი

ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2023 წ

ავტორი: შოთა შამათავა

დასახელება: ნიადაგში მიმდინარე ჰიდროფიზიკური პროცესების გავლენა
კულტურის სარწყავ ნორმასა და მორწყვის რეჟიმზე

სადოქტორო პროგრამა: „აგროინჟინერია“

მისანიჭებელი კვალიფიკაცია: აგროინჟინერიის დოქტორი

სხდომა ჩატარდა _____

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ ზემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა _____

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

მიწათმოქმედებაში წყალხარჯვა ფართობზე სარწყავად მისაწოდებელი წყლის პარამეტრებში და ნიადაგის მახასიათებლებთან არის დაკავშირებული, შესაბამისად მცენარის ზრდა-განვითარება სარწყავი ნორმით წყლის სტაბილურად დანაკარგების გარეშე მიწოდებაზეა დაკავშირებული.

სოფლის მეურნეობაში ბუნებრივად მოქმედი ანომალიებით შექმნილი რისკები არსებით გავლენას ახდენს სარწყავ მიწათმოქმედებაზე. სარწყავი ფართობის ნაყოფიერება, რომელიც კლასიფიკაციური ნიშნებით მრავალი სახეობის ნიადაგით არის წარმოდგენილი, შესაბამისი ღონისძიებების გატარებასთან არის დაკავშირებული და სარწყავი ფართობის სასოფლო-სამეურნეო მიზნებისათვის შერჩევა მრავალი ურთიერთმართვადი ფაქტორის გათვალისწინებას საჭიროებს.

მელიორაციული თარგიდან აღებული უკანასკნელი კვლევებით მათი მდგრადობის სტაბილურობა არასასურველი ზემოქმედებებისაგან განთავისუფლების ხარისხზეა დაკავშირებული.

მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების ფართო სპექტრის გამო რადიკალურად ცვალებადია მისი ნაყოფიერება, პოტენციური, ფილტრაციულ-კაპილარული შესაძლებლობები, ტენის ცვალებადობის დინამიკა. აღნიშნული თანაბრად აქტუალურია როგორც არიდულ, ისე დაჭაობებული ზონის ნიადაგებისათვის.

ნიადაგ-გრუნტში ტენის რყევადობის თავისებურება, მისი რყევადობის და რეგულირების მეთოდების შერჩევა, კვლევის არსებული პრაქტიკიდან გამომდინარე პროცესის არასტაციონალურობას ასაბუთებს.

ნიადაგის ნაყოფიერების გაზრდის ყოველი ამოცანა დიფერენცირებულ მიდგომებს საჭიროებს, განსაკუთრებით აღსანიშნავია ნიადაგის მინერალიზაციის და შემადგენელი ძნელად ხსნადი ნივთიერებების გავლენა-ზემოქმედება მცენარის ზრდა-განვითარებაში მიმდინარე ქიმიურ-ბიოლოგიური პროცესების სისწრაფეზე.

ნიადაგ-გრუნტის ტანში ტენის რეგულირება მასში მიმდინარე რთული პროცესების ანომალურობის და მრავალკომპონენტურობის გამო ძნელად გადასაწყვეტ ამოცანათა ნუსხაშია მოქცეული და ასეთ პირობებში განსაკუთრებული ადგილი გრუნტის მახასიათებლებს ეთმობა. მიკრო და მაკრო სტრუქტურა მნიშვნელოვანია წყლის გადაადგილებისა და მიგრაციის პროცესზე, გავლენას ახდენს ფარდობით დეფორმაციაზე და ხშირად ფილტრაციის ხაზოვანი კანონის რღვევის განმაპირობებელ ფაქტორად გვევლინება. იგი არ წარმოადგენს ნიადაგის პოტენციის სრულად განსაზღვრის ძირითად ფაქტორს.

მორწყვის დროს ნიადაგები იძენს სპეციფიკურ თვისებებს, რაც ართულებს ირიგაციის, ნიადაგ-გრუნტის ფილტრაციულ პროცესებს, გარკვეულ გავლენას ახდენს მორწყვის ეფექტურობაზე, მისაწოდებელი წყლის ნორმაზე გამოკვეთილად იცვლება ფართობის ზედაპირზე მოძრავი წყლის ჰიდროლოგია, ჰიდრაულიკა, ჩაჟონილი წყლის ფილტრაცია და მცენარის წყლის შესრუტვის შესაძლებლობები.

მორწყვის დროს ნიადაგის ზედაპირზე წყლის ზოლის სახით მოძრაობის შემთხვევაში თავისუფალი ზედაპირის ცვლილების გამო ადგილი აქვს დინების

სტაციონალურობის რღვევას, რაც მოვლენაზე ადაპტირებული მეთოდების და გამოყენებული ოპერატიული განტოლებების ინოვაციურით სრულყოფას საჭიროებს. სამელიორაციო ფართობების ტენის რეგულირების დროს ადგილი აქვს ფართობზე მისაწოდებელი წყლის ჰიდრავლიკის, არსებული ნიადაგების სტრუქტურის, ენერგეტიკული მახასიათებლების, გატენიანების, განსხვავებული ინტენსიური ცვლილების პროცესს.

მორწყვის პროცესის კრიტიკულობა ისეთ მომენტებში იკვეთება, როცა სარწყავად კონცენტრირებული წყლებია გამოყენებული, აქედან გამომდინარე სადისერტაციო ნაშრომი ძირითადად სარწყავი წყლის პარამეტრების დაზუსტებას, კაპილარული პროცესების ძირითადი საანგარიშო დამოკიდებულებების გამოყვანას, ფოროვანი სივრცის გეომეტრიიდან გამომდინარე ფილტრაციულ-კაპილარული მახასიათებლების ინოვაციური მოდელების შექმნას, სარწყავი წყლის ფართობზე თანაბარი განაწილების მიზნით თავისუფალი ზედაპირის ფორმის პროგნოზირებას, მორწყვის პროცესში შექცევების გავლენის გათვალისწინებით სარწყავი წყლის საანგარიში მახასიათებლების დადგენას, სარწყავი ზოლების ზომებისა და სარწყავი ნაკადის პოტენციალის შეფასებას, რწყვის პროცესის არსებული მეთოდების სრულყოფა-დაზუსტებას ეთმობა, კერძოდ, სამუშაოს შესრულების დროს მიღებულია პრაქტიკისათვის საჭირო ინოვაციური შედეგები.

-ფილტრაციული-კაპილარული პროცესების ძირითადი განმსაზღვრელი პარამეტრების შეფასების მიზნით მიღებულია კორელაციური კავშირი საწყისი გრადიენტის და ფილტრაციის კოეფიციენტის ნიადაგ-გრუნტის წყალჟონვადობის ხარისხთან.

-სარწყავი წყლის ნიუტონურობიდან გამომდინარე მიღებულია ფილტრაციის სიჩქარისა და წყალჟონვადობის კოეფიციენტის ინოვაციური საანგარიშო დამოკიდებულებები.

-განსაზღვრულია არანიუტონურობის გავლენა სარწყავი წყლის ჰიდრავლიკურ წინააღმდეგობაზე, ჰიდროლოგიისა და ჰიდრავლიკის ინოვაციურ მოდელებზე დაყრდნობით სარწყავი ფართობის ეროზიის გამორიცხვით გამოყვანილია ფართობის თანაბრად გატენიანების საანგარიშო დამოკიდებულებები წყლის გადინების შესაძლებლობებთან კავშირში.

სარწყავ ფართობზე წყლის თანაბარი ინტენსიობით განაწილების მიზნით განსაზღვრულია ფართობის დასაწყისში მისაწოდებელი ხარჯის ნაკადის გადინების სიგრძისა და დროის საანგარიშო დამოკიდებულებები.

სარწყავი ფართობის ზედაპირზე წყლის თავისუფალი ზედაპირის ფორმის სიგრძეზე ცვლილების შესაძლებლობები შეფასებულია ფართობის დასაწყისში მისაწოდებელი წყლის ხარჯის გათვალისწინებით. რწყვის პროცესის შექცევების პირობებში შეფასებულია გადასაგდები ხარჯის და დინების სიგრძის მნიშვნელობები. სარწყავ ფართობზე ზედაპირული სარწყავი წყლის ფორმირებული სახე დაზუსტებულია მისაწოდებელი წყლის ხარჯთან, დროსთან, წყალჟონვადი ნიადაგის ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებლებთან კავშირში.

ნიადაგ-გრუნტში ბმული წყლის ფორმირების შესაძლებლობები დაზუსტებულია სარწყავი ფართობის მახასიათებლებთან კავშირში. გამოყვანილია წყალჟონვადობისა და ფილტრაციული მახასიათებლების ახალი საანგარიშო

დამოკიდებულებები რეოლოგიური ინდექსების გათვალისწინებით. თეორიულად შეფასებულია ნიადაგ-გრუნტის ფორიანობისა და წყალჟონვადობის შესაძლებლობები, გამოყვანილია წყალჟონვადობის, ლამინარული და ტურბულენტური ფილტრაციის სიჩქარის საანგარიშო დამოკიდებულებები. ზედაპირული მორწყვის დროს წყლის ზედაპირის პროფილის ტალღის სახით ჩამოყალიბების შემთხვევაში პროცესზე აპრობირებულია მათემატიკური მოდელი. გამოყვანილია ფილტრაციული ხარჯის, ზოლის სიგრძის, გადადგების გარეშე წყლის ხარჯის ინოვაციური საანგარიშო დამოკიდებულებები.

Resume

In agriculture, water consumption is related to the parameters of the water supplied for irrigation on the area and the characteristics of the soil, therefore the growth and development of the plant is related to the steady supply of water without losses according to the irrigation norm.

Risks created by naturally occurring anomalies in agriculture have a significant impact on irrigated agriculture. The fertility of the irrigated area, which is represented by many types of soil with classification signs, is related to the implementation of appropriate measures, and the selection of the irrigated area for agricultural purposes requires consideration of many interrelated factors.

According to the latest studies taken from the meliorational model, the stability of their sustainability is related to the degree of liberation from unwanted impacts.

Due to the wide range of ongoing physical-chemical processes, its fertility, potential, filtration-capillary capabilities, dynamics of moisture change are radically changing. This is equally relevant for both arid and swampy soils.

The peculiarity of soil-ground moisture fluctuation, the selection of its fluctuation and regulation methods, based on the existing research practice, substantiates the non-stationarity of the process.

Each task of increasing soil fertility requires differentiated approaches, especially the influence of soil mineralization and constituent hardly soluble substances on the speed of chemical-biological processes in plant growth and development.

Due to the anomaly and multi-component nature of the complex processes taking place in the soil-ground body, the regulation of moisture is included in the list of tasks that are difficult to solve, and in such conditions, a special place is given to the characteristics of the soil. The micro and macro structure is significant for the process of water movement and migration, affects the relative deformation and often appears as a determining factor for the violation of the linear law of filtration. It is not the main factor for fully determining the potential of the soil.

During irrigation, soils acquire specific properties that complicate irrigation, soil-soil filtration processes, have a certain influence on the efficiency of irrigation, the hydrology of water moving on the surface of the area, hydraulics, filtration of seeped water, and water absorption capabilities of the plant are significantly changed.

During irrigation, in the case of movement of water in the form of a strip on the soil surface, due to the change of the free surface, there is a break in the stationarity of the flow, which requires the innovative improvement of the methods adapted to the event and the operational equations used. During the moisture regulation of reclamation areas, the process of hydraulics of the water supplied to the area, the structure of existing soils, energy characteristics, moistening, and the process of different intensive changes take place.

The determination of the irrigation process is highlighted in such moments when concentrated water is used for irrigation, therefore the dissertation mainly focuses on the specification of irrigation water parameters, the derivation of the main accounting relationships of capillary processes, the creation of innovative models of filtration-capillary characteristics based on the geometry of the pore space, in order to evenly distribute the irrigation water over the area of the free surface forecasting of the shape, taking into account the influence of disturbance in the irrigation process, determining the calculation characteristics of irrigation water, estimating the dimensions of the irrigation strips and irrigation flow potential, perfecting and clarifying the existing methods of the irrigation process, in particular, innovative results necessary for practice have been obtained during the execution of the work.

- In order to evaluate the main determining parameters of the filtration-capillary processes, a correlation relationship between the initial gradient and the filtration coefficient with the degree of water permeability of the soil-ground was obtained.

- Based on the Newtonianity of the irrigation water, the innovative calculation relationships of the filtration speed and the water permeability coefficient have been obtained.

- The influence of non-Newtonianness on the hydraulic resistance of irrigation water is determined, based on innovative models of hydrology and hydraulics, excluding the erosion of the irrigated area, the calculation relationships of equal wetting of the area in connection with the water flow capacity are derived.

In order to distribute water with equal intensity on the irrigation area, the calculation dependences of the flow length and time of the flow of the flow to be supplied at the beginning of the area are determined.

The possibilities of changing the shape of the free surface of water on the surface of the irrigated area along the length are estimated taking into account the cost of water supplied at the beginning of the area. In the conditions of stopping the irrigation process, the values of the flow rate and flow length are estimated. The form of surface irrigation water on the irrigated area is specified in connection with the amount of supplied water, time, physical-mechanical characteristics of the permeable soil.

The possibilities of formation of water in the soil-ground bond are specified in relation to the characteristics of the irrigated area. New calculation relationships of water permeability and filtration characteristics are derived, taking into account rheological indices. The possibilities of soil-ground porosity and water permeability have been theoretically evaluated, the calculation dependences of water permeability, laminar and turbulent filtration speed have been derived. A mathematical model has been tested on the process of forming a water surface profile in the form of a wave during surface irrigation. Innovative calculation relationships of filtration cost, strip length, water cost without retreating are derived.

შინაარსი

რეზიუმე	4
Resume	8
გამოყენებული ნახაზების ნუსხა.....	13
გამოყენებული ცხრილების ნუსხა.....	14
გამოყენებული სურათების ნუსხა.....	15
შესავალი.....	16
1. ლიტერატურის მიმოხილვა.....	22
1.1.ჰიდრავლიკური მახასიათებლები და სამელიორაციო ღონისძიებები მიწათმოქმედებაში. მაღალდისპრესიული ჰეტეროგენული სისტემის კლასიკური ნიშნების ზოგადი მიმოხილვა, ანალიზი და განზოგადოება	22
1.2.განსხვავებული რეოლოგიური მაჩვენებლების მქონე სითხეების ენერგეტიკა	38
1.3.საირიგაციო - სადრენაჟო სისტემაში კონცენტრირებული წყლების ფორმირების მოდელები	48
1.4.ნიადაგ-გრუნტში წყალჟონვადობის მახასიათებლების შესწავლის მოკლე ანალიზი	54
2.ნიადაგ-გრუნტის სორბციული მოვლენების თეორიული კვლევა ტენის დინამიკისა და ჰიდროფიზიკური ანომალიების ფორმირებაში	58
2.1.ნიადაგის ნაყოფიერების ხარისხობრივი მაჩვენებლების გავლენა მცენარის ზრდა-განვითარებაზე	58
2.2.სარწყავი ფართობის რწყვის ნორმები, რეჟიმი, ჰიდროლოგიური პარამეტრები	68
2.3.ნიადაგ-გრუნტის პოტენციალის განმსაზღვრელი პარამეტრები და სასოფლო-სამეურნეო ფართობების პროექტირება	80
2.4.ზედაპირული რწყვის მათემატიკური მოდელი	92
3.ნიადაგების ჰიდროფიზიკური მახასიათებლების საველე-ლაბორატორიული კვლევა	100
3.1. სარწყავ მიწათმოქმედებაში ირიგაციის მოკლე ანალიზი.....	100
3.2.ნიადაგ-გრუნტების წყლოვანი რეჟიმის ჰიდრო და აგრომეტეოროლოგიური ფაქტორები	106
3.3.ნიადაგ-გრუნტების წყალჟონვადობის მახასიათებლები საცდელ-ექსპერიმენტული ფართობის მაგალითზე.....	110
დასკვნა.....	134
გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა.....	137

ნახაზების ნუსხა

ნახ.2.1.2.ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის კავშირი ფორიანობასთან რეინოლდსის რიცხვის სხვადასხვა მნიშვნელობის დროს.....	66
ნახ. 2.2.1.ფართობზე წყლის განაწილების საანგარიშო სქემა.....	73
ნახ.2.2.2. სარწყავი ფართობის რწყვის პროცესის შეწყვეტის დროს ზედაპირული ნაკადის გადინების სქემა	77
ნახ.2.3.1. ნიადაგ-გრუნტის ფოროვანი სივრცის მილსადენში სითხის მოძრაობის საანგარიშო სქემა.....	85
ნახ. 2.3.2. გრაფიკული დამოკიდებულება $\frac{r_0}{r_1} = f(m)$ და $\frac{r_1}{r} = f(m)$	87
ნახ. 2.3.3. დაწნევიანი მოძრაობის გრაფიკი	90
ნახ. 2.3.4. უდაწნეო მოძრაობის გრაფიკი.....	91
ნახ. 2.4.1. სარწყავ ფართობზე წყლის გადადინების საანგარიშო სქემა ზედაპირული მორწყვის დროს.....	93
ნახ. 3.3.1 ფართობზე მოწყობილ შურფზე ნიადაგების ლითოლოგიური ჭრილი .	120
ნახ.3.3.2. გამოწოვის ძალის ტენიანობასთან კავშირის გრაფიკული დამოკიდებულება.	121
ნახ.3.3.3. 1. ჰიდრავლიკური ღარი; 2. წყლის სიღრმის საზომი ნემსები; 3. დახარისხებული ქვიშის ნაწილაკების დაყრილი ფენა; 4. ჟალუზი; 5. დომკრატი; 6. ენერჯის ჩამქრობი; 7 სამკუთხა წყალსაშვილი; 8. რეზერვუარი; 9. ბადე; 10. დამაწყნარებელი ავზი; 11. შტანგა; 12. წყალგამშვები რეზერვუარი; 13. გამშვები მილი; 14. წყლის მიმყვანი მილი.....	126
ნახ.3.3.4. ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის ნაკადის ზედაპირის ქანობისა და ფუძის ქანობის ფარდობით სიდიდეებთან $\lambda = f(I/i)$	110
ნახ.3.3.5.ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის ნაკადის სიღრმის ნიადაგ-გრუნტის ნაწილაკის ფარდობასთან დამოკიდებულების გრაფიკი.....	131
ნახ. 3.3.6. გრაფიკული დამოკიდებულება $\lambda = f(V/V_{\text{ვ}})$	111
ნახ. 3.3.7.გრაფიკული დამოკიდებულება $\lambda_{\text{ვ}} = f(\lambda_{\text{მ}})$	112

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 3.3.1. - საცდელი ნაკვეთიდან აღებული ნიმუშები ნიადაგების ტექნიკური მახასიათებლების ცხრილი	121
ცხრილი 3.3.2.- საცდელ ღარზე ჩასატარებელი ექსპერიმენტის საწყისი მონაცემები	127
ცხრილი 3.3.3. - ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობის λ კოეფიციენტის ცდებით მიღებული შედეგები.....	128

სურათების ნუსხა

სურათი3.3.1 ნიადაგში წყლის ჩაქონვა და ფილტრაცია	94
სურათი3.3.2. საცდელი პოლიგონის ძველი სახე.....	95
სურათი3.3.3. ნაკვეთის მომზადება ერთ წლის შემდეგ	96
სურათი3.3.4. დღეს საცდელი პოლიგონი	97
სურათი3.3.5. ჩაქონვის და ფილტრაციის პროცესი	97
სურათი3.3.6. ნიადაგის ზღვრული წყალტევადობის განსაზღვრა საველე მეთოდით	97
სურათი3.3.7. მაქსიმალური მოლეკულური ტენი	98
სურათი3.3.8. ნიადაგის მოცულობითი წონის განსაზღვრა.....	98
სურათი3.3.9. ნიადაგის გრანულომეტრიული შედგენილობის განსაზღვრა პიპეტის და საცრების მეთოდით (მშრალი)	99

შესავალი

ირიგაციაში წყალხარჯვა სარწყავ ფართობზე მისაწოდებელი წყლის პარამეტრებსა და ნიადაგის მახასიათებლებთანაა დაკავშირებული. შესაბამისად, სარწყავ მიწათმოქმედებაში მცენარის ზრდა-განვითარება ნიადაგიდან წყლის თავისუფლად აღებასა და წყლის დანაკარგების გარეშე, სარწყავი ნორმით, სტაბილურად უზრუნველყოფასთანაა დაკავშირებული.

ფიზიკურ-ქიმიურ-ბიოლოგიური პროცესების ფართო სპექტრი რადიკალურ გავლენას ახდენს ნიადაგის პოტენციალზე, წყალჟონვადობის შესაძლებლობაზე, ტენის ცვლილების დინამიკასა და ნაყოფიერების მაჩვენებელზე.

ნიადაგის ნაყოფიერების გაზრდის ყოველი ამოცანა, სირთულეებიდან გამომდინარე, დიფერენციალურ მიდგომებს საჭიროებს. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ნიადაგის მინერალიზაცია, ძნელად ხსნადი ნივთიერებების გავლენა მცენარის ზრდა-განვითარებაზე.

სოფლის მეურნეობაში ბუნებრივად შექმნილი რისკები არსებით გავლენას ახდენს სარწყავ მიწათმოქმედებაზე. წყლის არასწორი ხარჯვა ირიგაცია-დრენაჟში ფაქტორთა კომპლექტთანაა დაკავშირებული და შეფასების ურთიერთმართვადი მეთოდები არსებული ოპერატიული საშუალებების გამოყენების ზღვრების გაფართოებასა და ინოვაციურით შეცვლით აუცილებლობას საჭიროებს.

დისპრესიულ-ჰიდროფილური სისტემებით წარმოდგენილი ნიადაგ-გრუნტის ტანში წნევის შედეგად მიგრირებული წყალი სხვადასხვა ფაქტორების ზემოქმედებით იძენს სპეციფიკურ თვისებებს, რაც ართულებს ირიგაციის პროცესს, ნიადაგ-გრუნტის ფილტრაციულ პროცესებს, გარკვეულ გავლენას ახდენს მორწყვის ეფექტურობაზე, მისაწოდებელი წყლის ნორმაზე, გამოკვეთილად იცვლება ნიადაგის ზედაპირზე მოხმარებული წყლის ჰიდროლოგია, ჰიდრაულიკა, ჩაჟონილი წყლის მიგრაციის შესაძლებლობები, ფორიანობა, მცენარით წყლის შესრუტვის შესაძლებლობები და სხვა.

მორწყვის დროს ნიადაგის ზედაპირზე წყლის ზოლის სახით მოძრაობის შემთხვევაში ფორმირებული დონეების შესაბამისად იცვლება დინების ფიზიკა. შესაბამისად, ნიადაგში ჩაჟონვილი და ზედაპირზე დარჩენილი წყლის ხარჯები

ოპერატულ საშუალებებად გამოყენებული მეთოდების, მეთოდოლოგიის, განტოლებების ინოვაციურით სრულყოფას საჭიროებს.

თემის აქტუალობა. ნიადაგის სტრუქტურის უცვლელობის და სარწყავი ფართობის გამოყენების ერთთან მიახლოებული სიდიდეს პირობებში წრფვის პროცესის ინოვაციური მათემატიკური მოდელებით აღწერა, მოვლენასთან სრულყოფილი მეთოდებისა და მეთოდოლოგიის ადაპტაცია, კავშირის დამყარება სარწყავი წყლის ჰიდრავლიკურ პარამეტრებსა და ნიადაგის მორფომეტრიას შორის არსებული საანგარიშო დამოკიდებულებების გამოყენების ზღვრების გაფართოებას, ჰიდროფიზიკურ პროცესებში ნაკადის ქცევის შესაძლებლობების აღწერას მელიორაციაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს და მეცნიერული შეფასებებისათვის ერთ–ერთ აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს.

სამუშაოს მიზანი. სამელიორაციო ფართობების ტენის რეგულირებას თან ახლავს სარწყავ ფართობზე მიწოდებული წყლის ჰიდრავლიკის, არსებული ნიადაგების სტრუქტურის, ენერგეტიკული მახასიათებლების, გატენიანების განსხვავებული ინტენსიური ცვლილების პროცესი. მორწყვის პროცესის კრიტიკულობა ისეთ მონაკვეთებშია საყურადღებო, როცა სარწყავად კონცენტრირებული წყლებია გამოყენებული. აღნიშნულთან უშუალოდაა კავშირში როგორც რწყვის პროცესის შეწყვეტის შესაძლებლობა, ასევე დიამეტრულად ცვალებადი სარწყავად მიწოდებული წყლის ნორმები და ფართობზე გადანაწილების შესაძლებლობები და სხვა. აქედან გამომდინარე, სადისერტაციო ნაშრომის მიზანს ირიგაციაში ფართობზე მისაწოდებელი წყლის პარამეტრების დაზუსტება, კაპილარული პროცესების ძირითადი განმსაზღვრელი პარამეტრების ინოვაციური საანგარიშო დამოკიდებულებების გამოყვანა, ფოროვანი სივრცის გეომეტრიიდან გამომდინარე, ფილტრაციურ–კაპილარული მახასიათებლების ინოვაციური მოდელების შექმნა, სარწყავი წყლის ფართობზე თანაბარი განაწილების მიზნით თავისუფალი ზედაპირის ფორმის პროგნოზირება, მორწყვის პროცესის შეწყვეტის გავლენის გათვალისწინებით სარწყავი წყლის საანგარიშო მახასიათებლების დადგენა, სარწყავი ზოლების ზომებისა და სარწყავი ნაკადის პოტენციალის შეფასება, რწყვის პროცესის არსებული მეთოდების სრულყოფა–დაზუსტება წარმოადგენს.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. საირიგაციო სასოფლო-სამეურნეო ფართობები, რწყვის პროცესზე მოქმედი ნიადაგ-გრუნტების ჰიდროფიზიკური მახასიათებლები, სარწყავი ნაკადის ჰიდრაულიკური მახასიათებლები და შეფასების მეთოდები. ტენის განმსაზღვრელი მახასიათებლები. წყლის არათანაბარი მოძრაობის შეფასების მეთოდები. სარწყავ ფართობზე ნაკადის ქცევა და მათემატიკური მოდელები, მოძრაობის რაოდენობის მოდელები. ნიადაგ-გრუნტების მორფომეტრია და მისი წინააღმდეგობა რწყვის ჰიდრაულიკაზე. მორწყვის რეჟიმისა და სარწყავი წყლის ფართობზე განაწილებისა და მახასიათებლების სარეგულაციო პარამეტრები. სარწყავი პროცესის შეფასების მათემატიკური მოდელები.

წარმოშობის ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე:

ფილტრაციულ-კარსრული პროცესების ძირითადი განმსაზღვრელი პარამეტრების შეფასების მიზანით, რომელზედაც კორელიზებულია ნიადაგის სტრუქტურის შემადგენელი ნაწილაკების გადაადგილება, მიღებულია ინოვაციური საანგარიშო დამოკიდებულებები: კერძოდ, თეორიული კორელაციური კავშირი საწყის გრადიენტსა და წყალშევსების ხარისხს შორის და ანალოგიური დამოკიდებულებით ფილტრაციის კოეფიციენტთან კავშირში;

სწორხაზოვანი და ტურბულენტური ფილტრაციის შემთხვევაში სარწყავი წყლის ნიუტონურობაზე დაყრდნობით გამოყვანილია ფილტრაციის სიჩქარისა და წყალჟონვადობის ინოვაციური საანგარიშო დამოკიდებულებები. დადგენილია არანიუტონურობის გავლენა სარწყავი წყლის ჰიდრაულიკურ წინააღმდეგობაზე და წყალჟონვადობის მახასიათებელზე;

სირთულიდან გამომდინარე და მორწყვის პროცესთან დაკავშირებული ფაქტორების გათვალისწინებით, ნიადაგების სრული გაჯერებისა და ჰაერაციის ზონაში ჰიდროლოგიისა და ჰიდრაულიკის ინოვაციურ მოდელებზე დაყრდნობით აპრობირებულია სარწყავ ფართობზე დანაკარგების გარეშე – ეროზიის გამორიცხვით, წყლის განაწილების მოდელები, გამოყვანილია ფართობების თანაბრად გატენიანების საანგარიშო დამოკიდებულები წყლის გადინების შესაძლებლობებთან კავშირში;

სარწყავ ფართობზე წყლის თანაბარი ინტენსივობით განაწილების მიზნით წყალშთანთქმის თანაბარი ჩაჟონვის პრინციპზე დაყრდნობით მისაწოდებელი

წყლის სიღრმის სიმკვრივის ჰიდრავლიკაში აპრობირებული არანიუტონური სითხეების სიჩქარის მოდელის გათვალისწინება განსაზღვრულია ფართობის დასაწყისში მისაწოდებელი ხარჯის ნაკადის გადინების სიგრძისა და დროის საანგარიშო დამოკიდებულებები;

სარწყავი ფართობის დასაწყისში ხარჯის სიდიდის საფუძველზე შეფასებულია თავისუფალი ზედაპირის ფორმა და სიგრძეზე ცვლილების შესაძლებლობები;

რწყვის პროცესის შეწყვეტის პირობებში შეფასებულია გადასაგდები ხარჯის პროცენტული შესაძლებლობა და დინების სიგრძე: მორწყვის დროს გადაგდების გარეშე და მისი გადაგდების პროცესების მორწყვის ნორმებით შეფასების შესაძლებლობიდან გამომდინარე, განსაზღვრულია ფართობზე მისაწოდებელი წყლის საანგარიშო სიდიდე;

დადგენილია კავშირები სარწყავი ზოლების ზომებისა და სარწყავი ნაკადის პოტენციალს შორის სარწყავი ნორმისა და მორწყვის ხანგრძლივობასთან კავშირში;

შეფასებულია ფართობზე სარწყავი წყლის თავისუფალი ზედაპირის ფორმირების სახე ხარჯთან, დროსთან, წყალჟონვადი ნიადაგის ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებელთან. დაზუსტებულია ნიადაგის ფორმებში ბმული წყლის არსებობის შესაძლებლობები და გავლენა სარწყავ მახასიათებელზე. ნიადაგში არსებული ბმული წყლის გავლენის გათვალისწინებით შეფასებულია ფართობზე სარწყავი წყლის გადაადგილებისა და მის ტანში მიგრაციის შესაძლებლობები, ნიადაგის ეროზიული შესაძლებლობებიდან გამომდინარე, დაზუსტებულია სარწყავი წყლის ხარჯის ზღვრები;

ნიადაგ-გრუნტის ჰიდროფილურობიდან გამომდინარე და სხვადასხვა რიგით მიკრო და მაკრო ზომის ნაწილაკების ხვედრით ზედაპირზე ფორმირებული წყლის სპეციფიკური თვისებების გათვალისწინებით გამოყვანილია წყალჟონვადობის და ფილტრაციული მაჩვენებლების ახალი საანგარიშო მახასიათებლები რეოლოგიური ინდექსების გათვალისწინებით;

ნიადაგ-გრუნტის ფოროვანი სივრცის შიგა ზედაპირზე წყლის კონსტრაქციის, მოძრაობის შესაძლებლობებით, კვაზი-მყარის ანალოგიად წარმოდგენის გათვალისწინებით ფილტრაციის სწორხაზოვანი მხარის შეფასების მიზნით თეორიულად შეფასებულია ნიადაგ-გრუნტის ფორიანობის და

წყალშევსების შესაძლებლობები, ხოლო ანალოგიურ მოდელებზე დაყრდნობით გამოყვანილია წყალჟონვადობის ლამინალური და ტურბულენტური ფილტრაციის სიჩქარის საანგარიშო დამოკიდებულებები, მოყვანილია დაწნევიანი და უდაწნეო მოძრაობის რეოლოგიური ინდექსების ფუნქციური მაჩვენებლების გრაფიკული ილუსტრაციები შინაგანი ხახუნის კუთხესთან კავშირში;

ზედაპირული მორწყვის დროს მოძრავი წყლის ზედაპირის პროფილის წრფივი ფორმის სახის კარგვისა და ტალღის სახით ჩამოყალიბების მოდელებზე დაყრდნობით პროცესთან აპრობირებულია მათემატიკური მოდელი. კერძოდ, გამოყვანილია ინოვაციური საანგარიშო მოდელები ფილტრული ხარჯის, ზოლის სიგრძის, გადაგდების გარეშე ფართობის დასაწყისში წყლის ხარჯის საანგარიშო დამოკიდებულებები;

შედეგების გამოყენების სფერო. სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილი შედეგებით, საანგარიშო ოპერატიული განტოლებების სახით ხელს შევუწყობთ ირიგაციაში არსებული პრობლემების დაზუსტებას, მათი რეგულირების ინოვაციურით შეცვლის შესაძლებლობას, მდგრადობიდან გამომდინარე, მიწათმოქმედებაში ტენის რეჟიმების ოპტიმალური ზღვრების შერჩევას.

ცალეული კონკრეტული გადაწყვეტებით მიღებული შედეგები დახმარებას გაუწევს სოფლის მეურნეობაში, ჰიდროტექნიკაში, ჰიდრომელიორაციაში, სარწყავ მიწათმოქმედებაში, გარემოს დაცვასა და სხვა მომიჯნავე დარგში მოღვაწე მეცნიერებს სამომავლო კვლევებში.

ნაშრომის მოცულობა. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლისაგან, ლიტერატურის მიმოხილვისაგან, კვლევის შედეგისა და განსჯისაგან, ძირითადი დასკვნებისა და გამოყენებული ლიტერატურისაგან. იგი – 120 ნაბეჭდ გვერდს მოიცავს, – 17 ნახაზს, 3 ცხრილს, 9 სურათს და გამოყენებულია 85 დასახელების ლიტერატურა.

1. ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1. ჰიდრაულიკური მახასიათებლები და სამელიორაციო ღონისძიებები მიწათმოქმედებაში. მაღალდისპრესიული ჰეტეროგენული სისტემის კლასიკური ნიშნების ზოგადი მიმოხილვა, ანალიზი და განზოგადოება

ორიგაცია–დრენაჟში სასოფლო–სამეურნეო მიწებისათვის მიწათსარგებლობის საკითხების გადაჭრის და გარემოს ეკოლოგიური წონასწორობის მდგრადობის ერთ–ერთ ქმედით ღონისძიებას სამელიორაციო სისტემების შეუფერხებლად ფუნქციონირება წარმოადგენს. შესაბამისად, შრომის საბოლოო შედეგი – მოსავალი მელიორაციული მიწების ნაყოფიერებაზე, მექანიკურ შედგენილობაზე, ფილტრაციისადმი მდგრადობაზე, სამელიორაციო სისტემებით ნიადაგში ტენის რეგულირების საექსპლუატაციო მაჩვენებლებთანაა დაკავშირებული. აღნიშნულის ნათელი დასტურია ნიადაგის პოტენციალის დატვირთვა წყლის მიგრაციისა და გადაადგილების დროს.

საქართველო მიწის რესურსების პოტენციალით მცირემიწიანი ქვეყნების კატეგორიას განეკუთვნება. მიწების დიდი ნაწილი არიდულ და ნახევრად–არიდულ ზონაშია განლაგებული. შესაბამისად, სავარგულების ტრანსფორმაცია და სამელიორაციო ღონისძიებების ეფექტური გამოყენება ნიადაგის სახეებსა და სტრუქტურაზეა დამოკიდებული (ანჯაფარიძე ი., 1977წ, გვ. 307; Астапов С.В. , 1958, გვ. 367) (გავარდაშვილი გ, კუხალაშვილი ე, ოდილაგაძე თ, შამათავა შ., 2023 (იმყოფება ბეჭდვაში)) (გიორგაძე С.И., 1981, გვ. 25-48) (მინდელი კ., გუნთაიშვილი ლ., მაჭავარიანი ნ., კირვალიძე დ., - მინდელი ხ., გამსახურდია ლ. , 2018) (KANGI M.S.&BANGA S.S, 2013, pp. 667-692)

ფიზიკურ–მექანიკური მახასიათებლების მაჩვენებლების, კლიმატის ფილტრაციული პარამეტრების ცვლილების შემთხვევაში მელიორაცია და მცენარის პოტენციალის გამოყენების შესაძლებლობა სხვა სახით გვევლინება. აღნიშნულ მაჩვენებლებთანაა უშუალო კავშირში მცენარის ზრდა–განთვირებისა და მოსავლის მიღების შედეგები.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ყურადღებას იპყრობს სადისერტაციო ნაშრომების ის ნაწილი, რომლებიც ფილტრაციულ–კაპილარული მოვლენების,

მცენარის წყალმოთხოვნის, ჰიდრომელიორაციული ღონისძიებებისა და ჰიდროლოგიური პარამეტრების შერჩევის დროს გამოყენებული მათემატიკური მოდელების დაზუსტების, ჰიდროლოგიურ პარამეტრებზე მოქმედი ფაქტორის გავლენის, ფართობზე წყლის თანაბარი მიწოდების შესწავლაზეა ორიენტირებული. ამასთან ერთად, არსებული თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის მასალებიდან გამომდინარე, სრულყოფილებას მოკლებულია მაღალდისპერსიული ნიადაგ-გრუნტში საანგარიშო ჰიდროლოგიური პარამეტრების რამდენამდე დასაბუთებული საიმედო მეთოდები, რომლებიც უზრუნველყოფდა გრუნტმცოდნეობის, ნიადაგმცოდნეობის, ჰიდრომელიორაციის და სხვა მომიჯნავე სფეროების რიგი პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტის შესაძლებლობებს.

საკითხი კიდევ უფრო რთულდება ისეთი ამოცანების შესწავლის შემთხვევაში, როცა მაღალდისპერსიულ-კაპილარულ-ფოროვან სისტემებში, კერძოდ, თიხა ნიადაგ-გრუნტებში მინერალების გამყოფ ჰეტეროგენულ ზედაპირებზე წყლის ზემოქმედებით ადგილი აქვს ანომალურ მოლეკულურ ეფექტებს, გარდაქმნებს. ფილტრაციულ-კაპილარული კანონზომიერების რადიკალურად შეცვლას საანგარიშო პარამეტრები ნაკლებად ექვემდებარება ჰიდროლოგიის, დინამიკის კანონებით, აღწერის შესაძლებლობებით (Кулик В.А., 1978, p. 82) (Кацарава Т.Е, 1967, pp. 194-100) (ი. ყრუაშვილი, ე. კუხალაშვილი, ი. ინაშვილი, კ. ბზიავა, გ. ნატროშვილი, 2012, pp. 226-230) (კუპრეიშვილი შ., სიჭინავა პ., სუპატაშვილი თ., 2014) (Кухалашвили Э. Г., 1961, pp. 18-19) (Лебедев А.Ф., 1936, p. 360) (Роде А.А. , 1996, p. 286)

ნიუტონურ პოსტულატებზე დაყრდნობით იგი უშუალო კავშირშია ნიადაგების ტიქსოტროპულ რელაქსაციასთან, რაც ხშირად მისი სიმტკიცობრივ-ფილტრაციული მახასიათებლების განმსაზღვრელ პოსტულატადაც გვევლინება. იწვევს წარმოდგენილი მოვლენის მახასიათებლების დაქვეითებას და სხვადასხვა სახით ეროზიულ-ღვარცოფული კერების, მეწყერების, ეროზიის დამარილიანებისა და სხვა სახის ნეგატივების გავრცელების მიზეზია.

ფილტრაციულ-კაპილარული პროცესი ზედაპირულ-მოლეკულური ეფექტებითაა ძირითადად გამოწვეული. აღნიშნულის საფუძველზე ფოროვან ლაბირინთულ სისტემებში ხდება ბმული წყლის ფორმირება, რაც ხშირად

წყალგამტარი არხების გეომეტრიის შეცვლის მიზეზიც ხდება. სუფთა წყლის შემთხვევაშიც კი წყლის დინების ფორმირების განმსაზღვრელი პარამეტრი საწყისი გრადიენტია.

მილოვანი სისტემით წარმოდგენილ გრუნტებს წყალშთანთქმასთან დამოკიდებულებაში სხვა შემთხვევებთან შედარებით გააჩნია განსხვავებული განსაკუთრებულობები, ხასიათდება გაჯირჯვებით, რომლის სიდიდე საწყისთან შესაბამისობის დროს არაწრფივი დამოკიდებულებების გამო კვლევებთანაა დაკავშირებული. ასეთი სახის ნიადაგების კაპილარულ პოტენციალზე კვლევების ანალიზით ცალსახად გამოვლენილია ლაპლასის ცნობილი ჰიპერბოლური კანონიდან არამხოლოდ გადახრა, არამედ, მისი განუხორციელებლობა, რაც კაპილარობის ზედა ზღვრის დადგენის დროს ფოროვანი სივრცის დეფორმაციულობაზე მიუთითებს. ხდება წყლის მოდიფიცირება და თავისუფალ მდგომარეობაში ყოფნისაგან დიამეტრულად განსხვავებულობა.

ნაშრომში განხილულია ადსორბციული წყლის თხელი აფსკების ფორმირება, ძვრის წინააღდეგობის იერარქიულ ფორმირებაზე გავლენა კედლიდან დაშორების კორდინატთან კავშირში. აღნიშნულის საფუძველზე გამოყვანილია კაპილარული აწევის სიმაღლის საანგარიშო დამოკიდებულება, რომლის ფილტრაციასთან კავშირს საპირისპირო სახე აქვს და $[0.1]$ ზღვრების შუალედში იცვლება.

მინერალიზებული წყლების ნიადაგ-გრუნტის ტანში არსებობის შემთხვევაში დინება სუფთა წყლისგან განსხვავებით არსებული კანონზომიერების შეცვლითაა შესაძლებელი. შესაბამისად, ფილტრაციული პარამეტრების შეფასება განსხვავებულ მიდგომებს საჭიროებს. ოპერატიული საშუალებებით ფილტრაციული პარამეტრების ჰიდრავლიკის შეფასება ბლანტი სითხეების დიფერენციალური განტოლებების გამოყენებითაა შესაძლებელი. მიღებული ოპერატიული საშუალებების ამოხსნის შესაძლებლობა, მასშტაბურობიდან გამომდინარე, სხვადასხვა მახასიათებლის საანგარიშო დამოკიდებულებებით აღწერის შესაძლებლობებთანაა დაკავშირებული. შესაბამისად, პროცესის შეფასებაზე, საანგარიშო სქემაზე, ნაკლებად მგრძნობიარე და შეუსაბამო ფაქტორების გათვალისწინება გარკვეულ ინოვაციას მოახდენს, როგორც სამოდულო ნიმუშების ფორმირებაზე, ისე მიწისქვეშა წყლების ჰიდრავლიკური პარამეტრების სრულყოფაში.

მიწის ნაყოფიერება, სითბო და ტენი – მცენარის განვითარების უმნიშვნელოვანესი ფაქტორი – ყველგან გვხვდება შერწყმული სახით და სასოფლო-სამეურნეო მიწებისთვის მიწათმოქმედების საკითხების გადაჭრა და გარემოს ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნება უშუალოდ დაკავშირებულია საინჟინრო ღონისძიებათა, კერძოდ, ჰიდროსამელიორაციო სისტემების მდგრად ფუნქციონირებასთან. ამდენად, სოფლის მეურნეობის საბოლოო შედეგი – მოსავალი – მიწის ნაყოფიერი ფენის სისქეზე, მის მექანიკურ შედგენილობაზე, გრუნტის წყლების დგომის სიმაღლეზე, მის მინერალოგიურ შედგენილობასა და ფილტრაციისადმი ნიადაგ-გრუნტებში მიმდინარე ზედაპირულ-კაპილარული მოვლენებით სამელიორაციო სისტემების საექსპლუატაციო მაჩვენებელზეა დამოკიდებული. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ნათელია თუ რა დატვირთვა გააჩნია ოპერატიული საშუალებების სრულყოფას ნიადაგ-გრუნტში წყლის მიგრაციისა და გადაადგილების შეფასების დროს.

ნიადაგ-გრუნტების წყალფიზიკური შედგენილობის კვლევის შედეგებით მცენარის ზრდა-განვითარებაზე გავლენას ახდენს გრუნტის წყლების მინერალიზაცია, წყალფიზიკური შედგენილობა და სხვა, რომელიც მარილების არსებობითაა გამოწვეული და განმსაზღველ როლს ასრულებს კაპილარულ-ზედაპირული ეფექტების შეცვლაში (Биркая А.Ф. , 2003) (გიორგაძე ს.ა., ხარაიშვილი ო.ი., ოდილაძე თ.ვ., კუპრეიშვილი შ.ზ., 2004, pp. 124-126) (Костяков А.Н., 1960, p. 624) (Мичирин Б.Н., 1975, p. 139) (ხარაიშვილი ო. ბაიდაური ლ., 2022) (ხარაიშვილი ო, შამათავა შ, ლორთქიფანიძე შ., 2022, გვ. 172-176) (ხარაიშვილი ო. გუბელაძე დ. შამათავა შ., 2022, გვ. 61-69) (Kharasihvili O, lomishvili M, Shamatava Sh, 2022, pp. 222,) (Qufarashvili L., 2017, pp. 160-161).

ძლიერ მინერალიზებული გრუნტის წყლების შემთხვევაში (20–50) გრ/ლ ადგილი აქვს გრუნტის წყლების მოძრაობის შეწყვეტას. არადრენირებულ ფართობებზე ტენის რეგულირებისა და ნიადაგის პროფილზე მრავალი წლის მანძილზე ტენის ცვლილების შესწავლის საფუძველზე (სიმონოვი, ბ.მ) მეცნიერი მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ, როცა გრუნტის წყლების ზღვრები მერყეობას ადგილი აქვს კაპილარულ აწევას.

უკიდურესად რთული სამელიორაციო ღონისძიებების გატარებას საჭიროებს ნიადაგები, სადაც ფიქსირდება გრუნტის წყლები და ხასიათდება მექანიკური

შედგენილობით, მაღალი სიმკვრივით, დაბალი ფილტრაციული მაჩვენებლებით, რომელთა აერაციის ზონა ქლორიდული-სულფიტური ტიპის მარილებითა და სოდა სულფატებითაა წარმოდგენილი. საქართველოს ტერიტორიაზე დამარილიანების შესაბამისად ნიადაგები 19 ჯგუფის სახით არის წარმოდგენილი.

სოფლის მეურნეობაში ვხვდებით ნიადაგების ისეთ სახეებს, რომლებიც საერთო ნიშნით ერთმანეთის მსგავსია, მაგრამ მელიორაციული ჩარევით, სტრუქტურისა და ფილტრაციული მახასიათებლების შესწავლით განსხვავებული მოვლენაა და ოპერატიული საშუალებების გამოყენებას საჭიროებს (Абелишвили Г.В., Кереселидзе Д.А., 1971) (Аверьянов С.Ф. , 1982, p. 237) (ვართანოვი მ., 1997) (გიორგაძე ს. ქაცარავა თ. კუხალაშვილი ე. ხარაიშვილი ო. კუპრეიშვილი შ. უნდილაშვილი ნ., 2010, pp. 8-11) (Жордания Т.Г., Итриев А.А., 1981, pp. 34-37).

ნიადაგის სტრუქტურის ფორმირებაში საინჟინრო გადაწყვეტებით მაშინ ხასიათდება, როცა მას გააჩნია მაღალი ეფექტურობა, მიზანმიმართული სახე და მიწათმოქმედების განთავისუფლება ისეთი ნეგატივებისაგან არის გათვალისწინებული, როგორც არის ხელმეორედ დამარილიანება, არასაკმარისი ტენიანობის შევსება, ჰიდროლოგიური პარამეტრების შეცვლა, წყლის და მიწის რესურსების მიზანმიმართული გამოყენება და ისეთი ბუნებრივი პირობების შექმნა, რომლებიც უზრუნველყოფს სოფლის მეურნეობის მაქსიმალურ დამოუკიდებლობას არასასურველი ნეგატიური ბუნებრივი პირობებისაგან.

მინერალიზებულობის დაუშვებლობის და გამომწვევი მიზეზების გაუვნებლყოფის სამელიორაციო ღონისძიებებს განეკუთვნება ნიადაგის ზედა ფენებში კაპილარული აწევის და ზედაპირიდან ტენის აორთქლების შესაძლებლობის შემცირება, გრუნტის წყლების დასაშვები დონით დაჭერა, დაჭაობებისაგან დაცვა და მცენარისათვის დასაშვები ტენიანობის შენარჩუნება. როცა არც თუ ისე დიდი ხარისხის მინერალიზებული ნიადაგების რწყვასთან გვაქვს შეხება, შეიძლება აპრობირებული გამაფრთხილებელი ღონისძიებები იქნეს გამოყენებული: ნიადაგების მნიშვნელოვანი ხარისხით დამარილიანების დროს განმარილიანებისათვის აუცილებელია სპეციალური ღონისძიებების გატარება და მარილების მოცილების სპეციალურ ღონისძიებად დამარილიანებული მონაკვეთის ჩარეცხვა და გრუნტის წყლების დონეების დაწევა დრენაჟის გამოყენებით, ნიადაგის დატბორვის დაუშვებლად.

კაპილარული ძალების მოქმედების შედეგად ნიადაგში არსებული გრუნტის წყლების აწევა განსაზღვრულ სიმაღლემდე ხდება, რომლის სიდიდე მით მეტია, რაც უფრო უსტრუქტურია ნიადაგი და მექანიკური შედგენილობით მძიმეა. ნიადაგ-თიხნარებში მისი აწევის სიმაღლე 2.5-დან 4 მ-ის ზღვრებში მერყეობს. როცა გრუნტის წყლების განლაგება 2-3 მ-ის ფარგლებშია მოქცეული, კაპილარის მეშვეობით წყალი ამოდის მიწის ზედაპირზე, რომლის აორთქლების შედეგად ადგილი აქვს ზედაპირზე გახსნილი მარილების დაგროვებას. რაც უფრო ახლოს არის გრუნტის წყლები ნიადაგის ზედაპირზე, მით უფრო ძლიერდება აორთქლება და იზრდება მარილების მოცულობა.

დანალექი მარილების ნიადაგის ზედა ფენებში მოხვედრის თავიდან აცილების მიზნით აუცილებელია მოცემული ნიადაგის გრუნტის წყლების აწევის სიმაღლის შემცირება, რაც ნიადაგის კომპოზიციური სტრუქტურითაა შესაძლებელი.

მარილიანი მიწების სასოფლო-სამეურნეო კულტურებზე საზიანო ზემოქმედება არა მისი მომაკვდინებელ ზემოქმედებაში გამოისახება, არამედ ნარევის მაღალი კონცენტრაციის გამო, ნიადაგის არასასურველი ფიზიკური შემადგენლობის სიმდართ, წყალგამტარობით, მაკრო მდგომარეობის სიმყარით.

ფილტრაციულ-კაპილარულ მოვლენასთან კორელირებულ მნიშვნელოვან მახასიათებელს ნიადაგ-გრუნტის სტრუქტურა წარმოადგენს, რადგან იგი სხვადასხვა ზომის ნაწილაკთა ურთიერთქმედების შემდეგ წარმოქმნილ ტანებს წარმოადგენს. ფილტრაციულ-კაპილარულ თვისებათა ჩამოყალიბების შეფასებაში მნიშვნელოვანი როლი ნაწილაკთა დანაწევრებით დისპერგაციის ხარისხს ეთმობა.

ეს მაჩვენებელი რაოდენობრივი ცვლილების შესაბამისად იწვევს თვისობრივ ცვლილებებს, რომლებსაც კონკრეტული გრუნტის მელიორაციული მახასიათებლის დადენის დროს არ ექცევა ჯეროვანი ყურადღება. კოაგულაცია და შეწებების პროცესი ნიადაგ-გრუნტში მიკრო აგრეგატების წარმოშობის მაჩვენებელია, რომლის ნაწილაკთა დიამეტრის ქვედა ზღვარი 8^{25} და 10^{-3} მ-ის ტოლია. ზემოთ აღნიშნული მაჩვენებელი განსაზღვრავს როგორც მის ნაყოფიერებებს, ისე წყალმედეგობებს და იგი ამასთან ერთად ნაწილაკების მახასიათებელია გაჯირჯვების პროცესში.

მექანიკური დატვირთვების ზემოქმედებით (ციკლური პროცესებია) დასველება–გამოშრობა, გაყინვა–გაღობა, ფესვთა სისტემის განვითარება, მიკრო ფაუნა და ფლორა განსაზღვრავს მიკროაგრეგატების ფორმირებას.

თანამედროვე წარმოდგენით ნიადაგ–გრუნტი დისპერსიულ–ჰიდრავლიკურ სისტემას წარმოადგენს და იგი სხვადასხვა რიგის ზომის ნაწილაკებითაა წარმოდგენილი. მარცვლოვან–ფოროვანი სისტემა ნიადაგ–გრუნტის ყველა მიამრთულებით წარმოდგენილია ურთიერთგამჭოლი არხებით და ლაბირინთული სისტემით. მყარი მინერალური ნაწილაკებს შორისებითა და ლაბირინთული სისტემით ხდება გრუნტის წყლების გადაადგილება და ფილტრაციული პროცესის ჩამოყალიბება. ზემოთ აღნიშნულის გარდა ნიადაგ–გრუნტების გარკვეული სახეების მინერალური ნაწილაკები მიკრო–კაპილარული ზონებითაა წარმოდგენილი, რომლის ტანში მიგრირებული წყალი სპეციალურ თვისებებს იძენს. ფილტრაციის პროცესი ასეთ გრუნტებში, რომელთა ფორიანობის 25%-ს აღწევს, ხაზოვანი ფილტრაციის კანონით ვერ ხერხდება. შეუძლებელია როგორც ფორების ზომების, ასევე წყლის მიგრაციისას მათი მოდიფიკაციის განსაზღვრა. აქედან გამომდინარე, ფორების ზომებზე, ფორმაზე, ხვედრით ზედაპირებზე ინფორმაციის არარსებობის გამო ინტეგრალური ფორიანობით პროცესის შეფასება იწვევს გაანგარიშების შედეგების უზუსტობის შემცირებას და მოვლენის არსის სრული წარმოჩენის შესაძლებლობებს. ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, მოვლენის შეფასების დროს განსაკუთრებული ყურადღება ფილტრაციული პროცესის ჩამოყალიბებაში წყლის მინერალოგიურ ნაწილაკებზე გარშემოძინების და ფილტრაციაზე გავლენის ამოცანებს უნდა დაეთმოს. ნაწილაკთა მიკრო ზიამების გამო გარშემოტყმული წყალი იძენს დრეკად თვისებებს და ხასიათდება მნიშვნელოვანი სიბლანტით. ასეთი თვისებების მქონე წყლის მოძრაობაში მოყვანა სოზოიდური დამატებითი დატვირთვების მიყენების გარეშე ვერ ხერხდება. ფორმირებული წყალი, რომელიც ჩვეულებრივისაგან რადიკალურადაა განსხვავებული, სხვადასხვა ბმისა და ენერგეტიკის გამო რიგ ანომალიებს ავლენს, ხასიათდება ძვრისადმი წინააღმდეგების უნართა და კვაზი–მყარი სხეულისათვის დამახასიათებელი თვისებებით.

უკანასკნელ პერიოდამდე ფოროვან სისტემაში წყლის მოძრაობის ჰიდრავლიკის პარამეტრების განმსაზღვრელ მოდელს დარსის კანონი

წარმოადგენს და შემოთავაზებული უნივერსალურად არის მიჩნეული. უნივერსალობის მიუხედავად, მისი გამოყენება ფოროვან-კაპილარულ ტანებში ფილტრაციული პროცესების შესწავლის დროს იზღუდება, რომლებიც ხასითდებიან განვითარებული ხვედრითი კინეტიკური ზედაპირით და შესაბამისი ზედაპირული მოლეკულური მოვლენების ანომალური ეფექტით.

თიხიან ნიადაგ-გრუნტებში წყლის ურთიერთმოქმედების მექანიზმის შედეგით წარმოქმნილი ზედაპირული-მოლეკულური ეფექტებით მთლიანად იცვლება ფილტრაციის ჰიდრავლიკური სურათი, რომლის აღწერა ნიუტონური სითხეების წინააღმდეგობის რეოლოგიური მოდელით შეუძლებელი ხდება.

მკვრივ თიხებსა და თიხნარების ფორებში მოთავსებული წყლის გარკვეული ნაწილი იმყოფება მოლეკულურად მდგრად მდგომარეობაში, წნევის განაწილება სრულად არ ემორჩილება ჰიდროსტატიკის კანონს და ფილტრაციული დინება იწყება მხოლოდ მაშინ, როცა დინების გრადიენტის სიდიდე გადააჭარბებს საწყისი გრადიენტის მნიშვნელობას. ასეთ პირობებში ხდება ფილტრაციის ჰიდროდინამიკური სურათის დიამეტრულად შეცვლა და ნიუტონური სითხეების რეოლოგიური სკალით მიღებული შედეგების შეფასება, რაც ნაკლები დამაჯერებლობით შეესაბამება რეალობას.

ფილტრაცია და მისი მახასიათებელი ინტეგრალური პარამეტრი ფილტრაციის კოეფიციენტი, არსებული კონფიდენცით არ პასუხობს რეალობას. ფილტრაციის ანომალურობიდან გამომდინარე, საირიგაციო და სამელიორაციო სისტემების შემუშავება განსხვავებული მოდელებით გაანგარიშებების მიდგომების აუცილებლობას საჭიროებს.

ფილტრაცია ნიადაგ-გრუნტში წყლის ბალანსის ფორმირებაში პერმანენტულად მონაწილე აქტიური კომპონენტია და იგი სარწყავი და დამშრობი ნორმების, სამელიორაციო სისტემების საინჟინრო გადწყვეტათა პარამეტრების დადგენის გამსაზღვრელ ფაქტორს წარმოადგენს.

ინტეგრალური რეოლოგიური ინდექსები გარკვეულწილად გავლენას ახდენს ფილტრაციულ დანაკარგზე, რომლის შედეგად იცვლება დეპრესიის წირის ფორმა, რომლის კოორდინატებში რადიკალურად განსხვავებულია ფილტრაციის დეპრესიის წირი კოორდინატებისაგან და ნიადაგ-გრუნტის სახის, ჩონჩხის,

მარცვლების ალბათურ-ქაოსური გაანგარიშების შემთხვევაში იგი განიხილება, როგორც ფოროვანი ტანი, მასში მოძრავი სითხის სივრცით.

ასეთ კონცეფციაზე დაყრდნობით გამოყვანილი კანონზომიერება და აღწერილი ფილტრაციის პროცესის ფიზიკურ-მათემატიკური მოდელი არასრულყოფილად შეესაბამება მოვლენის არსს. წყლის ფილტრაცია მაღალდისპერსიული ნიადაგ-გრუნტებში (თიხა-ტორფი) მას შემდეგ იწყება, როდესაც საწყისი გრადიენტის სიდიდე გადააჭარბებს საწყის მნიშვნელობას, სიდიდე დღემდე არ არის დადგენილი, როგორც რაობით ასევე, მისი კორელაციური კავშირით რეოლოგიურ ინდექსთან. მისი შეფასებისას მოდელად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ბმული წყლის ნაწილაკებზე აბსკებად გარშემორტყმა, რაც იწვევს წყალგამტარი ფორების ეფექტური დიამეტრის შემცირებას. მისი სიდიდის ჭეშმარიტი მნიშვნელობა თიხა გრუნტებში არ აღემატება 0.01–0.02–ს, ხოლო მისი შემცირება (0,05 ÷ 0,07) ზღვრებში გრუნტის წყლების მოძრაობის შეწყვეტას იწვევს.

ბმული წყალი თიხა ნიადაგ-გრუნტებში იკავებს მისი ფორების მოცულობის 50–80 %-ს. ასეთ შემთხვევაში მათემატიკური მოდელების პროცესთან ადაპტაციის დროს განსაკუთრებულ ადგილს იკავებს რეოლოგიური ინდექსები – სიბლანტე, ცოცვადობა, საწყისი გრადიენტი, ძვრის დეფორმაციის ნულოვანი წინაღობის ზღვრული სიდიდე და სხვა.

ფილტრაციული ანომალიების გაუთვალისწინებლობის გამო საანგარიშო მოდელებსა და საინჟინრო გადწყვეტებში ყოველწლიურად გამოუყენებელი რჩება ჭაობების და არიდულ ზონებში განლაგებული მიწის ფონდის სრული პოტენციალი.

ფილტრაციული პროცესები პერიოდულად განიცდის ცვლილებებს, ამიტომ შეუძლებელია მათი ანომალურობის რისკის ალბათობის შესახებ საიმედო ინფორმაციის მიწოდება, მოსალოდნელ უარყოფით ზემოქმედებებზე სიტუაციის შეფასება მიზეზ-შედეგობრივი ფაქტორების ფუნდამენტური შესწავლის გარეშე.

აღნიშნული ფაქტით უნდა მოხდეს მათი სივრცობრივი საზღვრების დადგენა და ტერიტორიების დაცვა-გაჯანსაღების ღონისძიებების დასახვა. შეიძლება ცალსახა მინიშნება გაკეთდეს იმაზეც, რომ ზედაპირულ-მოლეკულური ეფექტების

გავლენა რეოლოგიურ მაჩვენებელზე შეუძლებელია ჯამური ფორიანობის საფუძველზე, ამაზე მიუთითებს ის ფაქტი, რომლის გამოც ფორიანობა არაადეკვატურია წყალგამტარიანობის მახასიათებელი ძირითადი პარამეტრის რიგის შესატყვისობის. ამ ფაქტს ადასტურებს ერთი და იმავე ფორიანობის მქონე თიხა და ქვიშა ნიადაგების ფილტრაციის კოეფიციენტის რამდენიმე რიგით ურთიერთგანსხვავებულობა.

ნიადაგ-გრუნტის კვლევებით დასაბუთებულია, რომ 2 მმ-იანი და მასზე მეტი ზომის ნაწილაკების ნარევისაგან შედგენილი ტანის მოცულობითი წონა სხვადასხვა ნიმუშისათვის არის ერთი და იგივე. განსაკუთრებით ამ კანონზომიერების რღვევა შეინიშნება მცირე ზომის ფრაქციების ნარევაში, რომლის ახსნას კოლოიდური თიხის ნაწილაკების არსებობით ამართლებენ.

წარმოდგენილი სურათი არ ასახავს ფორიანობის ურთულესი ლაბირინთული სისტემის რეოლოგიურ სტრუქტურულ-აქსინომეტრიულ სურათს. დიამეტრის ასეთი გრადაცია ძნელად ასახსნელია ნარევაში ზომების განაწილების ალბათურ სტატისტიკის განაწილების კანონზომიერებებით. ზემოთ აღნიშნულის დასაბუთებას ადასტურებს ფიქციური მოდელის ერთი და იმავე განლაგების შემთხვევა, რომელიც ნარევის ანალიზის შედეგადაა მიღებული. ამის მიხედვით აღნიშნული გრადაციის ფრაქციები იძლევიან ერთნაირი კუთრ წონას, რაც ფორიანობის ერთი და იმავე მნიშვნელობაზე მიუთითებს და იგი არ შეესაბამება რეალობას.

ზემოთ აღნიშნული კიდევ ერთხელ ქმნის აუცილებლობას, რომ ნიადაგ-გრუნტების ფილტრაციულ-კაპილარული მოვლენის შესწავლის დროს აუცილებელია ვისარგებლოთ არა ფორიანობის მაჩვენებლით, არამედ ნაწილაკების ზედაპირის ცვლილებით, რაც ფილტრაციის ხაზოვანი კანონიდან გადახრის ინდიკატორად შეიძლება ჩაითვალოს.

წყალმოთხოვნილების მოცულობის მიხედვით სახალხო მეურნეობისა და წყლათამეურნეობის დარგებს შორის სოფლის მეურნეობა ერთ-ერთი მსხვილი წყალმომხმარებელია, ვინაიდან არსებული წყლის რესურსების დაახლოებით 70 % სარწყავ წყალზე მოდის. შესაბამისად, დანაკარგი ფილტრაციაზე (30-35) %-ით არის წარმოდგენილი. სარწყავი წყლის ხარჯის 10 %-ით შემცირებაც კი წყლის ისეთი დანაზოგის მოცულობას უტოლდება, რომ გაწეული ეკონომია ყველა სხვა

მომხმარებელთა წყალმომთხოვნილების ტოლია. გამომდინარე აქედან, წყლის რესურსების ოპტიმალური მართვა სოფლის მეურნეობაში, რაც გულისხმობს ნიადაგ-გრუნტებში წყლის მოძრაობასა და გადაადგილების კანონზომიერების დასუსტებას და შესაბამისად, ამისა შერჩეული საინჟინრო გადაწყვეტათა კონსტრუქციული ზომების შერჩევას, აუცილებელს ხდის ფილტრაციული მოვლენების განხილვის დროს პროცესზე განსხვავებული მოდელების ადაპტირებას. საერთოდ რწყვისა და დაშრობის რეჟიმის პარამეტრების შერჩევის დროს ცდომილებები ძირითადად ტენის დინამიკის ამსახველ მოდელებში ნიადაგის ამა თუ იმ ფიზიკური თუ მექანიკური თვისებების წყალ-ჰაეროვანი რეჟიმების მონაცემების, ევაპოტრანსპირაციისა და ბიოკლიმატური კოეფიციენტების, აგროკლიმატური მახასიათებლების, ფილტრაციისა და სხვა ფაქტორების არაზუსტ მონაცემებს ეყრდნობა ან მათი პროცესზე ზემოქმედება სრულად არის უგულვებელყოფილი. დინამიკურ ურთიერთკავშირში მყოფი ფაქტორების გათვალისწინებით ფილტრაციული პროცესების კანონზომიერების აღწერის შედეგად შესაძლებელი გახდება წყლის რესურსების მართვის ინფორმაციული უზრუნველყოფა და მათი ოპტიმალურად გამოყენება.

სამელიორაციო მიწათმოქმედების მოწყობის დონე ირიგაციისა და დრენაჟის გადაწყვეტათა საპროექტო პარამეტრებთანაა დაკავშირებული, რომელთა არსებული ნორმატიული საანგარიშო მნიშვნელობები მასალების მონაცემებზეა დაფუძნებული და ხშირად ვერ პასუხობს რეალობას. ამაზე მიუთითებს მიწათმოქმედების დაბალი დონე. ამასთან ერთად არსებული მათემატიკური მოდელებით გაანგარიშებული საინჟინრო გადაწყვეტები ვერ პასუხობს ეკოლოგიურ მოთხოვნებს. დარღვეულია ნიადაგდამცავი ელემენტების, კერძოდ, გრუნტის წყლის დონის დგომისა და სადრენაჟო ან სარწყავი სისტემის მიერ წყლის გაყვანის ინტენსიობა და არ შეესაბამება საპროექტო რეალურ გადაწყვეტებს.

სამელიორაციო მიწათმოქმედებაში საირიგაციო და სადრენაჟო სისტემებით მიწისქვეშა წყლების მართვა საშუალებას მოგვცემს წყლის რესურსების მინიმალური დანაკარგებით განაწილებისას სამელიორაციო ობიექტებზე. აღდგება მიწის ნაყოფიერება, შემცირდება ეროზიის ინტენსიობა, ამაღლდება კულტურათა მოსავლიანობა (Ведерников В.В., 1948, pp. 35-48) (Купреишвили Ш.З., Хараიшвили

O.I., 2015, pp. 197-199) (Kupreishvili Sh, Sichinava P, Lobjanidze Z, Natroshvili G, 2014, pp. 166-168) (Пхакаძე П.С., 1973, pp. 50-61) (Pereira L.S., Alves I., Paredes P., 2022, p. 22).

საერთოდ, თიხა ნიადაგებში ფილტრაციული პროცესის კანონზომიერება ვერ თავსდება ნიუტონური სითხეებისათვის დამახასიათებელი ზღვრებში, რაც თავისთავად ზღუდავს მოვლენის სურათის სრულად წარმოსახვის შესაძლებლობას. გამოყენებული მოდელებით მიღებულ საინჟინრო გადაწყვეტათა გაანგარიშებული ნორმები არ შეესაბამება სამელიორაციო ღონისძიებათა გამოყენების მაღალ ეფექტურობას. აქედან გამომდინარე, მძიმე თიხა ნიადაგებში წყლის გადაადგილების სურათის სრულად წარმოჩენა მიუთითებს უფრო ზოგადი მოდელების შერჩევაზე .

ამასთან ერთად, სამელიორაციო მიწათმოქმედების დონე არის დაბალი, ადგილი აქვს წყლისა და მიწის რესურსების საკმაოდ დანაკარგს, საირიგაციო და სადრენაჟო შერჩევის და მათი სასოფლო-სამეურნეო ფართობებზე განლაგების შემთხვევაში ნაკლებად არის გათვალისწინებული ნიადაგობრივი თავისებურებანი, რაც შეეხება საინჟინრო გადაწყვეტებში გამოყენებულ მეთოდოლოგიას, მათი ეფექტურობა სიახლის პრიორიტეტთან კავშირში ვერ პოულობს ფუნქციურ დატვირთვებს.

ანომალურობის გამო ფილტრაციაზე მოქმედ ფაქტორთა არსებული სახით პროცესზე ზემოქმედება და მიღებული შედეგები ხშირად ვერ იძლევა პროცესის აღწერის სრულ შესაძლებლობას, ამიტომ მიზანშეწონილია თეორიული კვლევის შემდგომი გაგრძელება-წარმოება, მათი გათვალისწინება ირიგაციის, დრენაჟის მათემატიკურ მოდელებში.

ნიადაგ-გრუნტში წყლის გადაადგილების ეფექტურობა თანაბრად აქტუალურია, როგორც არიდული, ისე დაჭაობებული ზონისათვის. ტენის დინამიკა და საანგარიშო დამოკიდებულებებით, პარამეტრების გაანგარიშებით მიღებული სიდიდეები სრულყოფილად არ პასუხობს პრაქტიკის მოთხოვნებს და მიმდინარე პროცესების რაოდენობრივ შეფასებას, რაც მოვლენის რიგი ანომალიებით არის გამოწვეული.

საკითხი კიდევ უფრო მაღალსამეცნიერო ინტერესს იძენს მრავალკომპონენტური ფოროვან-კაპილარული ტანების მქონე სხეულებისთვის,

რომლებიც ტენიანობის დინამიკასთან ერთად მიკროფიზიკურ პროცესებთანაა დაკავშირებული. სამელიორაციო ბუნებრივ-ტექნიკური სისტემების ფუნქციონირების ეფექტურობას ცალსახად ფოროვან სისტემაში წყლის მოძრაობის ანომალურობა განსაზღვრავს, მათი აღწერის შესაძლებლობა ლოგიკური აგროსისტემების წყლის ბალანსის ფორმირებაში პერსპექტიულად მონაწილე აქტიური კომპონენტია. იგი საფუძველია სარწყავი სისტემების მორწყვის ნორმების საპროექტო სიდიდეთა დადგენის დროს. ფილტრაცია ირიგაციაში წყლის დანაკარგის იმ გამსაზღვრელ ფაქტორს წარმოადგენს, რომელიც გაცილებით ჭარბობს ევაპოტრანსპირაციულ სიდიდეს, ხოლო დრენაჟში მას განსაკუთრებული როლი გააჩნია წყლის დონეების რწყვის და რეჟიმების შეფასების დროს. განსაკუთრებულ გავლენას ფილტრაციაზე ახდენს გრუნტის ნაწილაკებზე გარშემორტყმული წყლის შრეები, რომელიც გამორჩეულია დრეკადი თვისებებით და მათი მოძრაობაში მოყვანა დამატებითი ძალების აუცილებლობასთანაა დაკავშირებული. ნიადაგის ნაწილაკებზე გარშემორტყმული წყალი ანალოგიურისგან განსხვავდება სხვადასხვა ბუნებისა და ენერგეტიკის გამო. სხვადასხვა ბუნებისა და ენერგეტიკის გამო წყალი ხასიათდება კვაზი-მყარი სხეულისათვის დამახასიათებელი თვისებებით და ძვრისადმი განსხვავებული წინააღმდეგობის შესაძლებლობით.

მიუხედავად დედამიწაზე არსებული წყლის რესურსების საკმარისი რაოდენობისა, მსოფლიოში ამჟამად არ არსებობს სოფლის პროდუქციის მწარმოებელი ისეთი ქვეყანა, რომელიც არ ხვდება სიმწლეებს წყლის რესურსების მართვაში. აღნიშნულიდან გამომდინარე, საკმაო სირთულესთანაა დაკავშირებული ქვეყნის რეგიონების ის ნაწილი, რომელშიც წყლის რესურსების მართვა თვისობრივად არიდულ ზონაშია განლაგებული.

ნიადაგ-გრუნტებში წყლის რესურსების მართვის არსებული შედეგების სიმრავლის მიუხედავად, პროცესის სრულად შეფასების დროს შერჩეულ სქემებში ნაკლებადაა გათვალისწინებული ნიადაგ-გრუნტის სტრუქტურული, ჰიდროფიზიკის მახასიათებელთა ფართო კომპლექსის გავლენა, რადგან ნიადაგ-გრუნტი სხვადასხვა ფორმის ნაწილაკთა სისტემით შედგენილ სხეულს წარმოადგენს, მათი თვისებათა კომპლექსის ჩამოყალიბება დანაწევრების დისპერგაციის ხარისხთანაა უშუალო კავშირში. მისი რაოდენობრივი ცვლილების

შესაბამისად ადგილი აქვს თვისობრივ ცვლილებას. ასეთ შემთხვევაში შეფასების პარამეტრად ნაწილაკის ეფექტური დიამეტრია მიღებული. აღნიშნული მახასიათებელი ნაკლები დამაჯერებლობით აღწერს ნარევის ერთგვაროვნებებს და ხასიათდება ინტერპოლარობის თვისებით.

თიხიან ნიადაგ-გრუნტებში, ისე როგორც სხვა ფოროვან სისტემებში, წყლის გადაადგილება სამი ძირითადი ფაქტორით, კერძოდ, მოქმედი ძალების ინტენსივობით, ფოროვანი სივრცის აქსონომეტრიითა და წყლის რეოლოგიური მახასიათებლებითაა განპირობებული.

ნიადაგ-გრუნტში შეწებებისა და კოაგულაციის შედეგად ხდება სხვადასხვა ზომის მიკროაგრეგატების წარმოქმნა, რომლის ქვედა ზღვარი $0,25-10^{-3}$ მ-ის ტოლია.

ზედაპირულ-კაპილარულ ეფექტებში გრუნტის ტანში წყლის მიგრაცია და გადაადგილება ხშირად ჰიდროფიზიკური მახასიათებლების სხვა ფორმით ჩამოყალიბების განმსაზღვრელ ფაქტორს წარმოადგენს. შესაბამისად, ტენის რეგულირების პროგნოზს და საანგარიშო პარამეტრებით მათ გაწერას განსაკუთრებული როლი აქვს ჰიდრომელიორაციული სისტემის, სამშენებლო ნომრებისა და წესების დადგენის დროს.

ნიადაგ-გრუნტები წარმოადგენს მრავალკომპონენტურ ფიზიკურ ტანს. არსებული კლასიფიციური ნიშნების მიხედვით, როგორც გამოკვლევები ადასტურებს მის ტანში ფორმირებული წყლის გავლენა ფილტრაციულ-კაპილარულ პროცესებზე ვერ პოულობს რეალურ სურათს, ამიტომ, როცა განიხილება ნიადაგ-გრუნტი, როგორც ფიზიკური ტანი, მასში მიმდინარე ფიზიკური და ზედაპირული გარდაქმნების კომპლექტით ან კიდევ ვახასიათებთ მის მაკრო და მიკრო სტრუქტურებს. ეს გულისხმობს მის წყალთან ურთიერთქმედების შედეგად მიმდინარე პროცესების სრულყოფილ ასახვას და რაოდენობრივი შეფასების საშუალებებს. სწორედ ამის გამო, განსხვავებით ტრადიციული აღწერისა, რომელიც ნიადაგის შედგენილობას, გენეზის, გეოლოგიურ ასაკსა თუ სხვა საკითხებს იხილავს, საკითხი კიდევ უფრო დიდ ინტერესს იძენს, როცა ასეთ რთულ მრავალკომპონენტურ გარემოში თუ როგორ ხდება მიკროსამყაროს სტრუქტურული და რეოლოგიური მახასიათებლების ცვლილება წყალთან ურთიერთქმედების დროს (Веригин Н.Н., 1970, p. 440)

(Кереселидзе В.А., 1972) (Мачарашвили М.Б. , 2008, pp. 106-208) (Одилаваძე Т.В., 1999, pp. 15-20).

1.2. განსხვავებული რეოლოგიური მაჩვენებლების მქონე სითხეების ენერგეტიკა

ფილტრაციულ-კაპილარულ მოვლენასთან მათემატიკური მოვლენების ადაპტაცია, ლაბორატორიულ პირობებში ექსპერიმენტების ჩატარება სირთულეებთანაა დაკავშირებული. ამასთან ერთად, ანომალურობის გამო ნიადაგ-გრუნტის ფოროვანი სივრცის მილოვან სისტემაში სითხის მოძრაობა არ არის ნიუტონურის იდენტური და არ თავსდება ანალოგიურის დამახასიათებელი წინააღმდეგობის კანონის ჩარჩოში, რაც კანონის ჩარჩოში დარსის ფილტრაციის სიჩქარის და ჰიდრავლიკურს შორის კავშირზე უფრო ზოგადი ინოვაციური მოდელის ადაპტაციაზე, პრინციპულად განსხვავებული ოპერატიული საშუალების შექმნის აუცილებლობაზე მიუთითებს.

მილოვან სისტემაში სითხის მოძრაობის წინააღმდეგობის ძაბვასა და სიჩქარის გრადიენტს შორის კავშირის აღწერის საანგარიშო მოდელები ორი სახითაა წარმოდგენილი: პირველი-სტაციონალური სითხეები, რომელთა რეოლოგიური მოდელი მხოლოდ მხეები ძაბვის ცვლილების ფუნქციას წარმოადგენს; მეორე-არასტაციონალური სითხეები, სადაც ძვრის სიჩქარე, როგორც მხეები ძაბვის, ისე დროის ფუნქციაა.

ნებისმიერი მოვლენის მოდელის აგება, მისი განმსაზღვრელი პარამეტრების კავშირის დამოკიდებულებების შექმნას გულისხმობს. აქედან გამომდინარე, მოდელი, რომელიც ადაპტირებულია მოვლენასთან და სრულად ასახავს მის შინაარსს, აუცილებელია პასუხობდეს პრაქტიკის შესაბამის მოთხოვნას. მექანიკის წარმოდგენისაგან განსხვავებით მყარ და თხიერ სხეულებს შორის არსებით განსხვავებას (Волочава М.П. , 1954, pp. 227-240) (ი. ყრუაშვილი, ე.კუხალაშვილი, ი. ინაშვილი, კ.ბზიავა, 2017, გვ. 270) (Кацарава Т.Е., Сулава Э.С., 1970) (Shamatava Sh., 2023) (Шищенко Р.И, 1959, გვ. 243) (Zotarelli L., Dukes M.D., Romeo C.C., Migliaccio K.W., Morgan K.T, 2020) რეოლოგია, რელაქსაცია ძვრების დროს იმ მონაკვეთზე

განსაზღვრავს, როცა დამაბულობის შესუსტების პერიოდი ფილტრაციული დინებითაა შესაძლებელი.

მილოვან სისტემაში სითხის მოძრაობების წინააღმდეგობისა და სიჩქარის გრადიენტს შორის კავშირის აღწერა საანგარიშო მოდელებით ორი სახითაა წარმოდგენილი, შესაბამისად, კავშირის ამსახველი ფორმულები ფიზიკური სახით განსხვავებულია ნიუტონური სითხეების მოდელებისაგან.

მრავალწლიანი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების მიუხედავად დღემდე არ არსებობს მაღალდისპერსიული ბუნებრივ ნიადაგ-გრუნტებში ჰიდროფიზიკური ანომალიების ძირითადი სამელიორაციო საანგარიშო პარამეტრების რამდენადმე დასაბუთებული საიმედო მეთოდი, რომელიც სრულყოფილად აღწერდა ნიადაგმცოდნეობის, ჰიდრომელიორაციის, ჰიდრაულიკის და სხვა მომიჯნავე დარგების რიგი პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტის შესაძლებლობას.

საკითხი კიდევ უფრო რთულდება ისეთ პირობებში, როცა მაღალდისპერსიული კაპილარულ-ფოროვან, ჰიდრაულიკურ-მარცვლოვან სტრუქტურებსა და კერძოდ, ნაწილაკების გამყოფ ზედაპირებში ყალიბდება ანომალური მოლეკულური ეფექტები. აღნიშნულის ფაბური გარდაქმნები რადიკალურად ცვლის ფილტრაციულ-კაპილარული პროცესების ფიზიკურ სურათს და ნიუტონის ცნობილი პოსტულატების გამოყენებით მისი ჰიდროდინამიკა ნაკლებად ექვემდებარება ფიზიკურად არსებული სურათის სრულყოფილად აღწერას. აღნიშნულთან ერთად ჰიდროფიზიკური ანომალიები უშუალოდაა დაკავშირებული ნიადაგ-გრუნტებში ტიქსოტროპულ-რელაქსაციურ თვისებების ცვლილების ზღვრებთან, რაც ხშირად ნიადაგ-გრუნტების სიმტკიცობრივ-დეფორმაციული წინააღმდეგობის დაქვეითების, მეწყერების სხვადასხვა ფორმით და ეროზიულ-ღვარცოფული ანომალიების კერების წარმოქმნის განმსაზღვრელ ფაქტორად გვევლინება.

ჰიდრაულიკური ანომალური პროცესები ძირითადად ზედაპირულ-მოლეკულური ეფექტებითაა გამოწვეული, რომელიც ფოროვან ლაბორატორიულ სისტემაში ქმნის კვაზი-მყარი სხეულის თვისებების მატარებელ ანალოგს, რაც ნიადაგ-გრუნტების წყალგამტარი „არხების“ გეომეტრიის შემცვლელ და სითხის

მოდრაობის განმსაზღვრელ ფაქტორად გვევლინება. იგი საწყისი გრადიენტის სახელწოდებითაა ცნობილი.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ნიადაგის გაჯირჯვების და ინტენსივობის გავლენა წყალმთანთქმაზე, რომელიც ნიმუშების საწყისი ზომის მიღებული დეფორმაციის საწყისთან ფარდობით სიდიდესთანაა კავშირში. შესაბამისად, ანომალურ თვისების მხედველობაში მიღებით, ფუნქციური კავშირი კაპილარობის და ფილტრაციის კოეფიციენტის მის პოტენციალთან ცალსახად ასახავს ჰიპერბოლური კანონიდან არათუ გადახრას, არამედ მის რეალობაში განუხორციელებლობას, რასაც განსაკუთრებული მნიშვნელობა გააჩნია კაპილარობის ზედა ზღვრის შეფასების დროს.

არსებული მეთოდების კრიტიკული ანალიზიდან გამომდინარე, წყლის ნაკადის კაპილარებში მოძრაობა ნიშნავს ნაწილებზე ადსორბციული ფორმულირებული წყლის თხელი აბსკების უშუალო გავლენას წინააღმდეგობის ძვრის იარაღიულ ფორმირებაზე.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, შემოთავაზებულია კაპილარულ მილში სითხის წონასწორობის და კაპილარული აწევის სიმაღლის საანგარიშო დამოკიდებულებები, რომელთა ფორმირების მიხედვით კაპილარული აწევის სიმაღლე ფილტრაციის კოეფიციენტის ფესქვემა სიდიდესთან კავშირში იზრდება უკუპროპორციულად და ცვლილების ზღვრები $[0,1]$ შუალედშია მოქცეული.

საინჟინრო მელიორაციაში ზედაპირული მორწყვის დროს წყლის ფართობზე თანაბრად განაწილების სირთულე, ტენის ნიადაგში გადანაწილებასთან და მცენარეზე მიწოდების მდგომარეობასთან ინოვაციური მოდელების ადაპტირების სირთულე, გარემოს დაცვასთან არსებული ღონისძიებების არც თუ ისე მაღალი დონე, ნიადაგ-გრუნტში წყლის მიგრაციისა და გადაადგილების საანგარიშო მოდელებით აღწერის სირთულე და რწყვის პროცესის სრულფასოვანი შეფასება დიდი რისკის ქვეშ აყენებს სარწყავი მიწათმოქმედების ეკოლოგიურ წონასწორობას და სრულყოფილად გამოყენების შესაძლებლობებს.

ნიადაგ-გრუნტებში ტენის მართვის მდგრადობა მოქმედი ფაქტორების მიზეზ-შედეგობრივი შესწავლის საფუძველზე ახალი დაზუსტებული გაანგარიშების ოპერატიულ საშუალებაზე დაყრდნობით უნდა განხორციელდეს.

ირიგაცია–დრენაჟში ტენის რეგულირების პროცესების მართვის სიახლე და მათემატიკური მოდელებით აღწერა და მოვლენასთან მათემატიკური მეთოდებისა და მეთოდოლოგიის ადაპტაცია, კავშირის დამყარება სარწყავი ნაკადის ჰიდრაულიკურ ელემენტებსა და ნიადაგ–გრუნტის მორფომეტრიას შორის, მათი ინოვაციური ფორმით წარმოდგენა, ტენის მართვის ინოვაციური ტექნიკის სრულყოფა და არსებული სამშენებლო ნორმებისა და წესების დაზუსტება, მთავარ აქტუალურ პრობლემად რჩება.

ირიგაციაში ტენის მართვის ამოცანათა შორის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ზედაპირულ–მოლეკულური ეფექტების – ანომალიების, ნიადაგ–გრუნტის ტანში ქცევის, შემხვედრი წინააღდეგობებისა და სარწყავი წყლის ნიუტონურობის გავლენის შესაძლებლობები ტენის რეგულირებაში.

ნიადაგ–გრუნტში სარწყავი წყლის დინების სტრუქტურის შეცვლა და ანომალიის სახით ჩამოყალიბება ისეთ პირობებში ხდება, როცა ფოროვანი სივრცის გეომეტრიის ან კონკრეტული შედგენილობის ცვლილებას აქვს ადგილი. ხშირია შემთხვევა, როცა ნიადაგ–გრუნტის დეფორმაციას თან ახლავს წყლის ნიუტონურობის გარდასახვის პროცესი. აღნიშნულ პირობებში არსებით როლს იძენს ტენის გადაადგილების პარამეტრები. როცა ფოროვანი სივრცის რადიუსი ბმული წყლის რადიუსს უტოლდება, ტენის გადაადგილების შესაძლებლობა წყდება.

ტენის ცვლილების რისკები ზედაპირულ–კაპილარული მოვლენების მდგრადობის შეცვლის შესაძლებლობებთანაა დაკავშირებული და მოვლენა კრიტიკულობით იმ შემთხვევაშია გამორჩეული, როცა ფორიანობის ზღვრული მნიშვნელობა 20 %-ზე ნაკლებია.

ფილტრაციულ–კაპილარული ზედაპირული პროცესების მახასიათებლების ცვლილება იმ შემთხვევაშია ფიქსირებული, როცა ნიადაგის ტანის დეფორმაცია გაჭიმვით ან კუმშვით მიმდინარეობს. ასეთ შემთხვევაში შეფასების განმსაზღვრელ კრიტერიუმად დეფორმაციები შეიძლება იქნეს გამოყენებული, ხოლო ჰიდრაულიკისა და მდგრადობის ცვლილების ოპერატიულ საშუალებად დიფერენციალური განტოლებები შეიძლება იყოს გამოყენებული.

ტენის ნიადაგ–გრუნტში მიგრაციის დროს ფილტრაციულ–კაპილარული მოვლენების მახასიათებლების შესწავლას, სარეგულაციო მახასიათებლებს შორის

კავშირის საანგარიშო დამოკიდებულების გამოყვანას უამრავი სამეცნიერო ნაშრომი მიეძღვნა (Веригин Н.Н., 1970) (Кереселидзе В.А., 1972) (Мачарашვილი М.Б., 2008) (Маскет Н., 1949, გვ. 627) (Одилаваძე Т.В, 1999).

ნიადაგ-გრუნტებში ტენის მიგრაციის შეფასების ოპერატიულ საშუალებად ხშირად კერძო წარმოებულნი დიფერენციალური განტოლებები, ხოლო ამოხსნის განმსაზღვრელ კრიტერიუმად წნევის, მოცულობის, სიმკვრივის ცვლილების ამსახველი კრიტერიუმებია გამოყენებული.

ამოცანათა გადაწყვეტის დროს უამრავ გარდაქმნებთან ერთად უხეშ დაშვებად და კაპილარის საკონტაქტო სიბრტყეში სიჩქარისა და წნევის მნიშვნელობების მუდმივობა შეიძლება იყოს მიჩნეული.

ნიადაგის ტანში დენადი სითხის მდგრადობის შეფასება, მათი ერთიანი ფაზულის ქვეშ გაერთიანება და ერთიანი საანგარიშო დამოკიდებულების მიღება სირთულეებთანაა დაკავშირებული, რადგან პრაქტიკული გაანგარიშების დროს ფაქტორთა სიმრავლე და საანგარიშო პირობებით გათვალისწინებული დიაპაზონები ვერ პასუხობს მიღებულ დაშვებებსა და ზღვრებს. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ნიადაგში მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების გამოვლენა და გათვალისწინება, როგორც არიდულ, ისე დაჭაობებულ ზონებში ტენის რეგულირების საანგარიშო პარამეტრების დაზუსტების დროს.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ზედაპირული მოვლენების რაობას, რომელთანაც უშუალოდ კავშირშია ფილტრაციულ-კაპილარულ მოვლენების რიგი ანომალიების წარმოქმნა, გარკვეული გავლენა გააჩნია ირიგაციის პროცესზე.

ირიგაციაში რწყვის რეჟიმის ოპტიმალურად მართვა ნიადაგ-გრუნტის ისეთ მოდელებზე დაყრდნობით უნდა განხორციელდეს, რომელიც მელიორაციული მიწების სრული გაჯერებისა და აერაციის ზონაში სრულად ასახავს მიმდინარე ფიზიკურ, მექანიკურ და ბიოლოგიურ პროცესებს. აღნიშნულთან ერთად, არსებითად მნიშვნელოვანია ნიადაგ-გრუნტის ნაწილებზე გარშემორტყმული ბმული წყლის ავსკების გავლენა მცენარით შესათვისებელი წყლის მოცულობაზე საირიგაციო ხარჯზე, მორწყვა-დაშრობის ნორმებზე, ნიადაგ-გრუნტის ფოროვან სისტემაში წყლის მიგრაციასა და გადაადგილების ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობის შეფასებაში, გრუნტის წყლების დონეების რყევაში, ნიადაგ-გრუნტში წყლის გაჟონვის შესაძლებლობაში, საწყისი გრადიენტის ფორმირებასა

და რაობაში. სირთულესთან არის დაკავშირებული ნიადაგ-გრუნტის ფოროვანი სივრცის გეომეტრიის მოდიფიცირება, ისეთი კვაზი-მყარი სხეულის თვისებებიდან და ანალოგიიდან, რომლის დროს წყლის მცენარეზე მიწოდება შეუძლებელი ხდება. აღსანიშნავია ისიც, რომ ნიადაგ-გრუნტი, როცა კაპილართა სისტემითაა წარმოდგენილი, მისი ტანის ლაბირინთულ სისტემაში წყლაჟონვადობა არ ექვემდებარება მექანიკის კანონებს. იგი ნაწილაკებზე გარშემორტყმული წყლის აფსკების ფორმირებითაა გამოწვეული. შესაბამისად, საანგარიშო მოდელების შერჩევა არსებულთან შედარებით სირთულეებთანაა დაკავშირებული. ამ მხრივ აღსანიშნავია მოძრაობის მხებ ძაბვასა და სიჩქარის გრადიენტს შორის დამოკიდებულების მოვლენასთან ადაპტაცია, რომელიც სხვადასხვა სახის სითხეების ჰიდრავლიკის შესწავლის დროს არის გამოყენებული.

არ შეიძლება არ აღინიშნოს ფოროვანი სისტემის და ნიადაგის ფიზიკურ-ქიმიური და ფიზიკურ-ბიოლოგიური მაჩვენებლების გავლენა წყლის გრუნტის ტანში გადაადგილების შესაძლებლობებზე, რომელიც კარგად არის დადასტურებული ნიადაგში წყლის გადაადგილების ჰიდრავლიკის შესწავლის დროს. წყლის გადაადგილება ნიადაგში იმ შემთხვევაში წყდება, როცა ფოროვან სისტემაში ფორის რადიუსის სიდიდე ბმული წყლის რადიუსს უტოლდება.

ნიადაგ-გრუნტის წყალშთანთქმის შესაძლებლობა მოქმედი ძალების ინტენსივობითაა განსაზღვრული და მცენარის ზრდა-განვითარების პროცესში პროდუქტიული გამოსაყენებელი წყლების მოცულობითი მაჩვენებლებია მნიშვნელოვანია.

ირიგაციაში წყალხარჯვა მცენარეთა სახეობებზე და წყალმოთხოვნილების პარამეტრთან არის დაკავშირებული. მცენარის ზრდა-განვითარების მოდელის სურათიდან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია წყლის, როგორც დანაკარგის გარეშე მიწოდება, ასევე მიწოდების ოპერატიული საშუალებებით აღწერის შესაძლებლობა. სირთულიდან გამომდინარე, აღნიშნული მორწყვის პროცესთან დაკავშირებულ პარამეტრებზეა დამოკიდებული, რომელიც სრული გაჯერებისა და აერიზაციის ზონაში სარწყავი წყლის ფართობზე დანაკარგების მხედველობაში მიღებით ჰიდრავლიკისა და ჰიდროლოგიის მოდელებით უნდა განხორციელდეს.

ნიადაგ-გრუნტებში მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების ფართო სპექტრი მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს პოტენციალზე, ფილტრაციულ-

კაპილარულ მოვლენაზე, ტენის ცვალებადობის დინამიკაზე და სხვა, რაც საბოლოოდ ნაყოფიერების მაჩვენებელში პოულობს გამოხატულებას.

ირიგაცია დრენაჟის მიმართ ძირითად მოთხოვნას მიწათმოქმედებაში სამელიორაციო ფართობზე ტენის თანაბარი ინტენსივობით წყლის განაწილება–მართვა წარმოადგენს, რომლის განმსაზღვრელ მახასიათებელს ადგილმდებარეობის ტოპოგრაფია, ჰიდროლოგიური მახასიათებლები, ფართობზე განთავსებული მცენარის სახეები, სარეგულაციო ტექნიკა და აგროტექნიკა წარმოადგენს. ფართობის ზედაპირიდან ნიადაგით წყლის შთანთქმა მისი ჩაჟონვის შესაძლებლობაზე, თავისუფალი ზედაპირის სახეზე, ზოლის სიგრძესა და ნიადაგის სახეებზეა დამოკიდებული. შესაბამისად, შეფასების მეთოდები და მოდელები მოცემულია სამეცნიერო ნაშრომებში.

ფილტრაციის დროს წყლის ელექტროქიმიური მექანიზმით გრუნტის ნაწილაკებზე გარშემორტყმულ შრეზე წარმოქმნილი ძალები იწვევს რეოლოგიური ინდექსების შეცვლას, რაც გრუნტის წყლების დონეების რყევაში, დეპრესიის წირის ფორმირებასა და სარწყავი და საშრობი ნორმების ცვლილებაში პოულობს გამოხატულებას. განსაკუთრებით ნიადაგ–გრუნტში ფილტრაციულ–კაპილარული პროცესების ფორმირების დროს მათ ურთიერთგადაანაწილებას აქვს მნიშვნელოვანი როლი, რაოდენობრივი ცვლილებები მნიშვნელოვნად ცვლის მის თვისობრიობას და კონკრეტული მახასიათებლების დადგენის დროს ამ მაჩვენებლების როლი თითქმის უგულვებელყოფილია. ხარჯის განსაზღვრის დროს მოდელები დეტერმინირების გარეშე მხოლოდ ადვილად მისაწვდომი ფაქტორების გათვალისწინებითაა შერჩეული. აღსანიშნავია ისიც, რომ წყალშთანთქმამ ცალსახად უნდა განსაზღვროს მისაწოდებელი წყლის ნორმა და ინტენსივობა. წყლის მიწოდების მაღალი ინტენსივობის პირობებში აუცილებელია მარეგულირებელი სისტემების მოწყობის აუცილებლობა და ნორმის ზღვრებში მოქცევა, ნიადაგის აკუმულაციური შესაძლებლობების შეზღუდვა, რასაც განმსაზღვრელი ფუნქცია გააჩნია საინჟინრო მელიორაციაში.

ფილტრაციული კანონზომიერების შეფასება გრუნტის ტანის ლაბორინტებში ხშირად ვერ ხერხდება ნიუტონური სითხეებისათვის დამახასიათებელი წინააღმდეგობის კანონის ზღვრებში, რაც დარსის კანონის ზღვრების დადგენის

აუცილებლობაზე მიუთითებს. ჰიდროტექნიკაში აღნიშნულს ეძღვნება ნაგებობების სუფობიური მდგრადობის შეფასების სამეცნიერო ნაშრომები.

ნიადაგ-გრუნტის ფორებში, ისე როგორც სხვა სახის ფოროვან-კაპილარულ სისტემაში, წყლის გადაადგილების განმაპირობებელ ფაქტორს ფოროვანი სივრცის აქსონომეტრია და გრუნტის ტანში მოხვედრილი სითხის რეოლოგიური სახე წარმოადგენს. შესაბამისად, ტენის გადაადგილების დროს აუცილებელია გრუნტში მოძრავი სითხის რეოლოგიური მოდელის შეცვლა და ოპერატიული საშუალებების დაზუსტება.

მიუხედავად არსებული მრავლმხრივი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევებისა დღემდე არ არსებობს მაღალდისპერსიული ბუნებრივ-თიხიან ნიადაგებში კაპილარულ-ზედაპირული მოვლენების განსაზღვრის რამდენიმე დასაბუთებული საიმედო მოდელები და შეფასების ოპერატიული საშუალებები, რომლებიც სრულყოფილად უზრუნველყოფდა ნიადაგმცოდნეობის, ჰიდრომელიორაციის, ჰიდროგეოლოგიის, გრუნტ-მცოდნეობის და სხვა მომიჯნავე დარგების რიგი პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტის შესაძლებლობებს. საკითხი კიდევ უფრო გართულებულია იმ პირობებისათვის, როცა ნიადაგ-გრუნტის ტანში ადგილი აქვს ანომალურ მოლეკულურ ფაზურ გარდაქმნას. აღნიშნული დიამეტრულად ცვლის ფილტრაციულ-კაპილარული მოვლენების ფიზიკურ სურათს და ნიუტონური პოსტულატი არ იძლევა პროცესის რეალური სურათის აღწერის შესაძლებლობას.

კაპილარულ-ზედაპირული მოვლენები უშუალოდ კავშირშია ნიადაგ-გრუნტის ტიქსოტროპულ-რელაქსაციური თვისებების მახასიათებელ პარამეტრებთან და იგი სიმტკიცობრივ დეფორმაციული მაჩვენებლების დაქვეითებისა და ჩამომეწყვრის, ჩამოზვავების განმსაზღვრელ ფაქტორადაც გვევლინება.

წყლის ანომალური თვისებებიდან გამომდინარე და კაპილარულ-ზედაპირულ მოვლენების ზღვრების დადგენის ჩატარებული კვლევებით მიღებული შედეგები არა თუ ცალსახად მიუთითებს ცნობილი ლაპლასის ჰიპოთეზის კანონიდან გადახრის შესაძლებლობაზე, არამედ რეალობაში ნათლად ადასტურებს მის განუხორციელებლობას. ეს ფაქტობრივად ეხება კაპილარობის ზედა ზღვრის დადგენას და მიუთითებს იმაზე, რომ

მაღალდისპერსიულ სისტემაში ფოროვანი სივრცის დეფორმაცია თავისუფალ მდგომარეობაში მყოფი წყლისაგან ხშირად მისი მოდიფიკაციების განმსაზღვრელია. აღნიშნულის შეფასების მიზნით შესწავლილია კაპილარებში წყლის მოძრაობის შესაძლებლობები. ნათლადაა წარმოჩენილი მისი ფოროვანი სივრცის დეფორმაციის ფილტრაციის კოეფიციენტთან არაპროპორციულ დამოკიდებულება.

გაჯირჯვების პროცესის შესაწვლისას ფილტრაციის კანონზომიერების შესწავლის სხვადასხვა სტადიაზე შედეგები კარგი იქნებოდა შემოწმებული ყოფილიყო ნიადაგ-გრუნტის რეალურ სიმძლავრეზე.

1.3. საირიგაციო - სადრენაჟო სისტემაში კონცენტრირებული წყლების ფორმირების მოდელები

ნიადაგ-გრუნტში მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური პროცესებით ტენის დინამიკა რადიკალურად იცვლება. აღნიშნულიდან გამომდინარე, დიამეტრულად იცვლება მისი გადაადგილების და მიგრაციის შესაძლებლობები, საინჟინრო გადაწყვეტების მიმართულებები, კონცენტრირებული წყლების რეგულირების შესაძლებლობები, სარწყავ ფართობზე თანაბრად გადანაწილება შესაბამისი ნორმების დაცვით და სხვა.

მეცნიერთა თანამედროვე წარმოდგენით ნიადაგ-გრუნტი მარცვლოვან-ფოროვანი სხეულის სახითაა წარმოდგენილი, რომლის ტანის სიცარიელებსა და ღრეჩობებში ადგილი აქვს სხვადასხვა კატეგორიის წყლების ფორმირებას. შესაბამისად, ასეთ შემთხვევაში ნიადაგ-გრუნტის ტანში ტენის გადაადგილების მექანიზმი ფორებში მოძრავი წყლის ელექტროქიმიური ზემოქმედების ეფექტების გათვალისწინებას საჭიროებს, რომელიც ნაწილაკების ჰეტეროგენული სისტემების ზედაპირზე რეოლოგიური ინდექსების ცვლილებით ხდება. გამომდინარე აქედან, ამოცანა აქტიური და მნიშვნელოვანია ისეთი პარამეტრების შესწავლის დროს როგორც არის წყალჟონვადობა, ფილტრაცია, გრუნტის წყლების რყევის დინამიკა, არსებული ნიადაგების დამლაშება განმარტივება, ირიგაცია-დრენაჟის სამშენებლო ნორმები და წესები, კონცენტრირებული წყლების საირიგაციო-სადრენაჟო ნორმები და წესები, გარემოს დაცვა და სხვა.

ორიგაცია-დრენაჟში ამოცანა განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს და მნიშვნელოვანია ისეთ შემთხვევაში, როცა ფოროვან სისტემაში საკითხი კონცენტრირებული წყლების ჰიდრავლიკასთანაა დაკავშირებული.

წყლის ასეთ შემთხვევაში, კვაზი-მყარი სხეულის ანალოგად წარმოდგენის შემთხვევაში წყალგამტარი ფორების-არხების გეომეტრია და აქსონომეტრია დიამეტრულად ცვლის ტენის რეგულირებას და ლარსის ხაზოვანი ფიქსირებული მუდმივა დეფორმაციას შეესაბამება. შესაბამისად, სწრაფი დეფორმაციის პირობებში რელაქსაციის პერიოდით 10^{-10} წმ-ის შემთხვევაში წყალი განხილულია როგორც მყარი სხეული, ხოლო ნელი რელაქსაციის დროს პერიოდი 10^6 წმ ბეტონი შეიძლება განხილული იყოს როგორც გარემო, რომელსაც გააჩნია დენადი სხეულის თვისებები.

სამეცნიერო ლიტერატურაში გარემოს, როგორც რომელიმე რეოლოგიური მოდელით წარმოჩენა, მათემატიკურად დამაბულობასა და დეფორმაციას შორის კავშირს დროის ფაქტორთან ერთად განიხილავს.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია რეოლოგიური მოდელების გამოყენების აუცილებლობა სარწყავ მიწათმოქმედებაში ზედაპირულ-კაპილარული მოვლენის შეფასების დროს.

ბუნებაში არსებული ნებისმიერი მატერიალური სისტემა შეიძლება წარმოდგენილი იყოს როგორც დისკრეტული ცალკეული ნაწილაკებით შედგენილი სისტემა, ისე უწყვეტი ტანის სახით. ბუნებაში ხშირია მრავალკომპონენტური ნაკადების მოძრაობის შემთხვევები, როცა დინების დროს შემადგენელ შემაკავშირებელ კომპონენტს წყალი წარმოადგენს.

ნიადაგ-გრუნტში კაპილარულ-ზედაპირული მოვლენების შესასწავლისას მოვლენის სრულყოფილად შეფასების დროს მნიშვნელოვან საყურადღებო ელემენტს მისი ფოროვანი სისტემის დიამეტრი წარმოადგენს. იგი თავისუფლად აღებული გრანულის შემადგენელ მარცვლებს წარმოადგენს. ფოროვანი სივრცით კაპილარებში გადატანითი მოვლენების დროს დიამეტრის გადანაწილება დიფერენციალური კანონით არის წარმოდგენილი. მელიორაციული ამოცანების გადაწყვეტის დროს აღნიშნულისაგან განსხვავებით ნიადაგში გადატანილი მოვლენების შეფასებისას უფრო მნიშვნელოვნად ფორის საშუალო დიამეტრია მიღებული გრანულომეტრიასთან კავშირში.

არსებული შრომების ანალიზიდან გამომდინარე, ფილტრაციის კოეფიციენტის შეფასების დროს ფორიანობას თითქმის არ აქვს გავლენა რადგან ერთი და იმავე სიდიდის პირობებში ზედაპირული კაპილარული მოვლენები ერთმანეთისაგან რიგით რამდენიმე განსხვავებულ შედეგს იძლევა. შეუსაბამობის განსხვავებული მაჩვენებლის დასტურად შეიძლება მოყვანილი იქნეს ფილტრაციის სიჩქარის და კოეფიციენტის ტოლობის შესაძლებლობა.

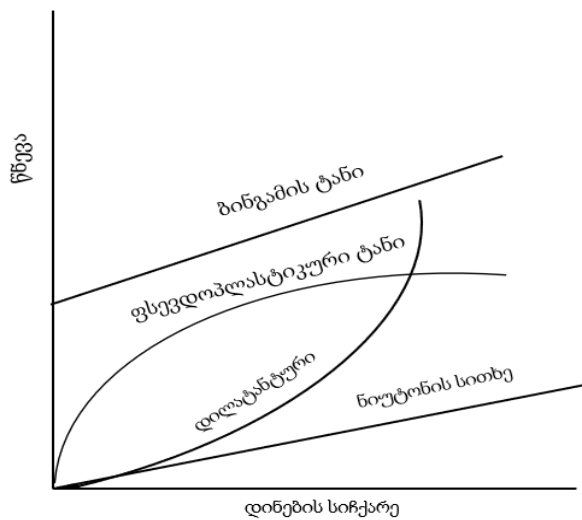
საჭიროა აღინიშნოს ის გარემოება, რომ დღემდე არ არსებობს ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრის უნივერსალური მეთოდი. თუნდაც ხაზოვანი ფილტრაციის საკითხის განხილვის დროს ამ პარამეტრის შესწავლა და მართებულობა იმ თვალსაზრისითაც იმსახურებს ყურადღებას, რომ ფაქტობრივი მოდელის შესაბამისად ფორიანობა არ არის დამოკიდებული ნიადაგ-გრუნტის მარცვლების ზომებზე.

დისპერგაცია ხშირად არის მიზეზი ჰიდრაულიკურ-ჰეტეროგენულ ზედაპირზე სხვადასხვა ბუნების ენერგეტიკული ველების ფორმირების, რომლებიც რადიკალურად განსხვავებული ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების მქონე ბმული წყლის აფსკების წამომქმნელი მიზეზიც ხდება.

აფსკური წყლის ფორმირებას განსაზღვრავს რეოლოგიური ინდექსების ცვალებადობა. შესაბამისად, ფილტრაციის პროცესის შეფასება მისი დეფორმაციის აღწერის აუცილებლობაზე უნდა იყოს ორიენტირებული.

როცა სიჩქარე ძვრის ძაბვის პირაპირპროპორციულია და ბლანტი ძრაობის დეფორმაცია შეუქცევადი, ასეთ შემთხვევაში მათი გადატანა ხდება ბლანტი იდეალურ სითხეზე, რომლის შესაფასებლად ლამინარული ფილტრაციაა მისაღები.

ფოროვანი სივრცის წყლის აფსკების მიკროაღნაგობის მოუწესრიგებლობის და გრუნტის ჩონჩხის მარცვლების ალბათურ-ქაოსური განლაგების გამო აუცილებელია მისი ტანი განხილულ იქნეს როგორც არე, რომელშიც შესაძლებელია სითხის მოძრაობის განხორციელება. მხებ ძაბვასა და დეფორმაციის სიჩქარეს შორის არსებული რეოლოგიური კავშირი და მისი დეფორმაციის სიჩქარესთან არსებული გრაფიკული ილუსტრაციები წარმოდგენილია სქემის სახით.



ნახ.1.3.1. დეფორმაციის სიჩქარისა და მხებ ძაბვას შორის დამოკიდებულების გრაფიკები

1. $\eta = const$ ნიუტონური სითხეები; 2. $\eta \neq const$ დილატანტური; 3. $\eta \neq const$ ფსევდოპლასტიკა; 4. $\tau_0 \neq const$ ბლანტი პლასტიკური

თიხა სორბენტებში წყალჟონვადობის შესწავლის კვლევებმა აჩვენა, რომ ფილტრაციას მას შემდეგ აქვს ადგილი, როცა დაწნევის გრადიენტი ჭარბობს ზღვრულ მნიშვნელობას და იგი იწყება იმ შემთხვევაში, როცა დაწნევის გრადიენტი გადააჭარბებს საწყისი გრადიენტის მნიშვნელობას.

მიუღებელია იმ დამოკიდებულებათა გამოყენება, რომელიც არ ითვალისწინებს სორბციული აფსკების გავლენას წყლის მოძრაობაზე.

ზემოთ მოყვანილი მოსაზრებები და სამეცნიერო კვლევები ემყარება ჰიპოტეზას ბმული წყლის აფსკებით ფოროვანი სივრცის გეომეტრიის ცვლილებისა და მისი გარკვეულ ზღვრამდე შემცირების შესაძლებლობებაზე. აღნიშნულიდან გამომდინარე, მათი აღწერის მიზნით მოცემულია ზოგიერთი რეოლოგიური მოდელების გამოყენების შესაძლებლობები კონკრეტული ამოცანების გადაწყვეტის დროს (E. Kukhalashvili, G. Gavardashvili. Sh. Kupreishvili , 2018, გვ. 87).

თანაბრად მოძრავი უდაწნევო ნაკადის შემთხვევაში ენერგეტიკული მახასიათებლების განსაზღვრის დროს, კერძოდ, ხარჯის განსაზღვრის შემთხვევაში, როცა ნაკადი H სიღრმითა და B სიგანით არის წარმოდგენილი,

სითხის კედელზე მიწებების პირობის გათვალისწინებით და ადგილობრივი u სიჩქარის მხედველობაში მიღებით, როცა სიღრმეზე კორდინატის ცვლილება y სიდიდით არის წარმოდგენილი, ხარჯის ცვლილების საანგარიშო მოდელია

$$Q = B \int y du \quad (1.3.1.)$$

მხევი ძაბვის განაწილების ეპიურებისა და კალაპოტის ფსკერზე მისი სიდიდის გათვალისწინებით ხარჯის სიდიდე შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს ფორმულით

$$Q = B \frac{H^2}{\tau_{ფკს}} \int \tau f(\tau) d\tau \quad (1.3.2.)$$

(1.3.1.) გამოსახულება იძლევა საშუალებას ხარჯის სიდიდე განსაზღვრული იქნეს, როგორც ნიუტონური, ისე არანიუტონური სითხეების კლასისათვის:

- ნიუტონური სითხეების შემთხვევაში

$$f(\tau) = \frac{du}{dy} = -\frac{\tau}{\mu} \quad (1.3.3.)$$

- არანიუტონური სითხეების დროს სიჩქარის გრადიენტი შვედოვ-ბინგამის მოდელითაა წარმოდგენილი

$$f(\tau) = \frac{du}{dy} = -\frac{\tau_0 - \tau}{\mu} \quad (1.3.4.)$$

- სიჩქარის გრადიენტი ხარისხობრივი სახითაა წარმოდგენილი

$$f(\tau) = \frac{du}{dy} = -\left(\frac{\tau}{k}\right)^n \quad (1.3.5.)$$

სიჩქარის გრადიენტის მხევი ძაბვასთან კავშირის ანალოგიური მოდელებით, მათი გარდაქმნებით შესაძლებელია განსხვავებული რეოლოგიური თვისებების მქონე სითხეების ენერგეტიკული მახასიათებლების განსაზღვრა.

1.4. ნიადაგ-გრუნტში წყალჟონვადობის მახასიათებლების შესწავლის მოკლე ანალიზი

მცენარის ზრდა-განვითარების მდგრადობაზე ტენის სტაბილურობა მოქმედი ფაქტორების მიზეზ-შედეგობრივი ფაქტორების შესწავლის საფუძველზე ახალი დაზუსტებული გაანგარიშების ოპერატიულ საშუალებებზე დაყრდნობით და ინოვაციური მოდელების გამოყენებით უნდა განხორციელდეს.

სასოფლო-სამეურნეო ფართობზე რწყვის პროცესში მიმდინარე სირთულეების მათემატიკური მოდელებით აღწერა და მოვლენასთან გაანგარიშების სრულყოფილი მეთოდოლოგიის ადაპტაცია, კავშირის დამყარება ნაკადის ჰიდრაულიკურ ელემენტებსა და ნიადაგ-გრუნტის მორფომეტრიას შორის, არსებული საანგარიშო კრიტერიუმების დაზუსტება და ინოვაციური ფორმით წარმოჩენა, მორწყვის რეჟიმისა და სარწყავი ნორმის სამშენებლო ნორმებისა და წესების დაზუსტება მთავარ აქტუალურ პრობლემად რჩება. ამოცანათა შორის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ფილტრაციის პროცესში ნაკადის ქცევის შესაძლებლობები და ნიადაგ-გრუნტში არსებული შემხვედრი წინააღმდეგობების გავლენა ნაკადის წყალგამტარობაზე.

ნიადაგ-გრუნტის ტანში წყლის სხვადასხვა კატეგორიებად ფორმირების გამო ირღვევა ნაკადის სტრუქტურა, როცა იცვლება მისი ფოროვანი სივრცის გეომეტრია ან ენერგეტიკული მახასიათებლები.

წყლის ფოროვან სისტემაში დინების ან მისი შეწყვეტის შესაძლებლობა-ფილტრაციის ნაკადის მდგრადობასთანაა დაკავშირებული და მოვლენა კრიტიკულობით გამოირჩევა იმ მონაკვეთებზე, სადაც ფოროვანი ტანის რადიუსი ბმული წყლის რადიუსის ტოლია.

ნიადაგის-გრუნტის წყალჟონვადობის პროცესის შეფასების დროს აუცილებელია, ნაკადის ენერგეტიკასთან ერთად მისი ტანის მორფომეტრიის ცვლილების შესაძლებლობები იყოს შესწავლილი. მოვლენის სირთულის გამო წყალჟონვადობის შესწავლას, მიწისქვეშა წყლის ჰიდრაულიკას, ნიადაგ-გრუნტის წყალჟონვადობის მახასიათებლებს შორის საანგარიშო დამოკიდებულებების გამოყვანას უამრავი სამეცნიერო შრომა მიეძღვნა (გავარდაშვილი გ, კუხალაშვილი ე, ოდილაგაძე თ, შამათავა შ., 2023 (იმყოფება ბეჭდვაში)) (Кацарова Т.Е., 1969, გვ.

376-386; ლობჯანიძე ზ., 2009) (ლომიშვილი მ., 2021, გვ. 446) (საქართველოს სამეცნიერო გამოყენებით კლიმატური ცნობარი, 2020) (Одилаваძე Т.В., Кацарава Т.Е., 2004, გვ. 121-123) (Ребиндер П.А., 1958, გვ. 391) (შურღაია ვ., კეკელიძე ვ., კიკნაძე ხ., 2016).

შრომათა შორის მნიშვნელოვანია კვლევების ის სერია, რომელიც მიწისქვეშა წყლების ფორმირებასთანაა დაკავშირებული.

მიწისქვეშა წყლების მდგრადობის შესწავლის სირთულიდან გამომდინარე, ფოროვან სივრცეში ნაკადის ქცევის შეფასების მეთოდოლოგიის შერჩევა უამრავ დაშვებებთანაა დაკავშირებული. უხემ დაშვებათა შორის ერთადერთად შეიძლება ჩაითვალოს ნაკადისა და ფოროვანი სივრცის საკონტაქტო სიბრტყეში სიჩქარისა და წნევის მნიშვნელობების მუდმივობა, პროცესის აღწერის შემთხვევაში მექანიკის კანონების იგნორირება.

მიუხედავად არსებული დიდი რაოდენობის რეკომენდებული საანგარიშო დამოკიდებულებებისა, მიწისქვეშა ნაკადის მდგრადობის შეფასების ერთიანი ფორმულის ქვეშ მოქცევა ფაქტორთა სიმრავლესა და საანგარიშო პირობების დიაპაზონების პრაქტიკულ გაანგარიშებაში შეუსაბამობის გამო, რომლებიც ვერ პასუხობს იმ ზღვრებსა და დაშვებებს, ვერ ხერხდება.

მდგრადობის დაკარგვის შესაძლებლობაზე ნათელი წარმოდგენის მიზნით მეცნიერების სხვადასხვა დარგებიდან უამრავი მაგალითი შეიძლება იყოს მოყვანილი, კერძოდ, ქიმიიდან, ფიზიკიდან, ზოოლოგიიდან, ჰიდრომექანიკიდან და სხვა. მათემატიკიდან მდგრადობის შეფასების ერთ-ერთ მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ ჯერ კიდევ 1992 წელს ა.მ. ლიაპუნოვის მიერ მოცემული და ფორმირებული დიფერენციალურ განტოლებათა ამოხსნის მდგრადობის კრიტერიუმები.

როცა ადგილი აქვს სარწყავი წყლით ტალღის ფორმით მოძრაობას და მას გააჩნია მცირე ამპლიტუდა, ასეთი ნაკადების ენერჯის შესაფასებლად შეიძლება გამოყენებული იქნეს მცირე ამპლიტუდების მქონე ტალღების თეორია. ამ მხრივ აღსანიშნავია სადაწნევო მილსადენში ნ.ტ. მელეშენკოს მიერ გამოყენებული მცირე ტალღების თეორია. ანალოგიური მიდგომებია გამოყენებული სადინარებში მოძრავი ნაკადების შეფასების მიზნით ვ.მ. მაკავევის მიერ (Натишвили О.Г., Тевдорадзе В. И., 2011, გვ. 160,952) (Гвелესიანი Т.Л., 1968).

ცნობილია აგრეთვე, სრული ამპლიტუდის მქონე გრძელი ტალღების ოპერატიულ საშუალებებად გამოყენების შესაძლებლობები, რომელიც მოცემულ იქნა სენ-ვენანის მიერ.

როცა მოძრაობა ნელცვლადია დროში და პროფილის სიმრუდის ცვლილების შესაძლებლობა ძალზედ მცირეა, წინააღმდეგობის ძალების განსაზღვრა შესაძლებელია ცნობილი ფორმულებით განხორციელდეს. ანალოგიურად დიფერენციალური განტოლების ინტეგრება განსაზღვრულ სირთულეებთანაა დაკავშირებული. აკადემიკოს ო. ნათიშვილის მიერ გაკეთებული დაშვებებით მნიშვნელოვნად გამარტივებულია დიფერენციალურ განტოლებათა ამოხსნის შესაძლებლობები, რომელიც მოცემულია სამეცნიერო შრომებში.

სადინარზე ნაკადის დინამიკური ზემოქმედება მნიშვნელოვანი სიჩქარის შემთხვევაში გამოკვეთილად იწვევს კალაპოტის ფორმის ცვლილებას და ნაკადის სადინარის კალაპოტის ფორმირებაზე ზემოქმედება არ შეიძლება ჩაითვალოს როგორც მისი მოძრავი მასის დინამიკური დარტყმის შედეგი. ნაკადის აჩქარების სიდიდის მიხედვით შემხვედრ წინააღმდეგობებზე მოქმედი დატვირთვები ხარჯის ფუნქციაა და მნიშვნელოვან როლს ასრულებს დეფორმაციის დინამიკაზე (Гришанин К.В., 1984, გვ. 227-229).

რწყვის პროცესში მიმდინარე პროცესების სირთულის გამო ხშირია მოძრავი ნაკადის სტაციონალურობის კარგვის შესაძლებლობები. ადგილი აქვს მიწისქვეშა წყლებით დინებების განსაკუთრებულ შემთხვევებს, შემხვედრ წინააღმდეგობებზე ნაკადის მოქმედების გამო ფოროვან სივრცეებში მისი გაჭედვის შესაძლებლობებს. წყლის მოძრაობას შეესაბამება რეჟიმების ცვალებადობა და მოძრაობის არამდგრადობა, რაც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სარწყავი პროცესის სრულყოფილი შერჩევის დროს.

2. ნიადაგ-გრუნტის სორბციული მოვლენების თეორიული კვლევა ტენის დინამიკისა და ჰიდროფიზიკური ანომალიების ფორმირებაში

2.1. ნიადაგის ნაყოფიერების ხარისხობრივი მაჩვენებლების გავლენა მცენარის ზრდა-განვითარებაზე

ფილტრაციის შედეგად, როცა ნიადაგში ტენი იცვლება სუფთა წყლისაგან განსხვავებული რეოლოგიური მაჩვენებლების სითხეებით მის ტანში სითხის გადაადგილების ამოცანის სრულფასოვნად შეფასება სხვა მიდგომებს საჭიროებს. იგი გრუნტის ტანის როგორც ლაბირინთული სისტემის გეომეტრიის, ისე სითხის არანიუტონურობის ფუნქციას წარმოადგენს. აქედან გამომდინარე, სითხეების არანიუტონურობის გათვალისწინებით ნაშრომში მიღებულია წყალჟონვადობის, საწყისი გრადიენტის ფილტრაციის კოეფიციენტის, ჟონვადობის კოეფიციენტის საანგარიშო დამოკიდებულებები რეოლოგიასთან კავშირში. დაზუსტებულია საანგარიშო დამოკიდებულებების გამოყენების ზღვრები და ნიადაგის სტრუქტურის ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობის გავლენა მორწყვის რეჟიმზე (E. Kukhalashvili, T. Odilavadze, O.Kharaishvili, Sh.Shamatava, 2022, გვ. 216-222) (Kukhalashvili E, Kharaishvili O, Shamatava Sh, 2023) (Kukhalashvili E, Kharaishvili O, Shamatava Sh, 2023, pp. 201-205) (Рейнер М., 1965, p. 223).

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარების მიმართ ნიადაგის მზადყოფნა სპეციალურ სამელიორაციო ღონისძიებებთანაა დაკავშირებული.

ფილტრაციულ-კაპილარული პროცესების ძირითად განმსაზღვრელ მახასიათებელთა შორის, რომელზედაც კორელიზირებულია ნიადაგის სტრუქტურა, შემადგენელი ნაწილაკების გადაადგილების შესაძლებლობა, მისი პოტენციალი, წყალჟონვადობა და ფილტრაციაა აღსანიშნავი.

ფილტრაციული მახასიათებლების ცვლილებით იცვლება ნიადაგის პოტენციალი, რომლის პროგნოზი ძნელად გადასაწყვეტ ამოცანათა კატეგორიას მიეკუთვნება და ნაყოფიერების პროგნოზი დიფერენცირებულ მიდგომებთანაა დაკავშირებული. ფილტრაციის შედეგად ნიადაგში ტენის ცვლილება მკვეთრად განსხვავებულია ბუნებაში ფიქსირებულისაგან. ზემოთ აღნიშნული ფილტრაციის პროცესში მონაწილე სხვადასხვა ძალის ნაწილაკებს შორის წარმოქმნილი

ველებითა და მოძრავი წყლის არანიუტონური წინააღმდეგობის კანონითაა განპირობებული. შესაბამისად, ფოროვან სისტემაში წყლის მოძრაობის რეალური მოდელი ნიუტონურისაგან არსებითად განსხვავებულია. აღნიშნულს ადასტურებს დარსის კანონის ზღვრების დადგენის და რეალური ფილტრაციული მოვლენის კანონზომიერების საანგარიშო დამოკიდებულებების გამოყვანის მცდელობები, რომელსაც მრავალი სამეცნიერო შრომა მიემდგნა.

ნიადაგი, რომელიც მაღალდისპერსიული სისტემითაა წარმოდგენილი, მისი ცალკეული ნაწილაკების სიცარიელებს შორის ენერგეტიკული ველებით კომპლექსური თვისებების მახასიათებელი სასაზღვრო შრე წარმოიქმნება. მასზე ზოგადი წარმოდგენა ნიადაგის თვისებათა პარამეტრების ისეთ კომპლექსს უწევს ფოკუსირებას, როგორც არის წყალჟონვადობა და ფილტრაცია.

როცა ნიადაგ-გრუნტი იზოლირებული კაპილარითაა წარმოდგენილი, ასეთ შემთხვევაში წყლის გადაადგილებაზე მადონომირებელ როლს ზედაპირული ძალები ასრულებს. წარმოდგენილი მოდელით ნიადაგის ლაბირინთულ სისტემაში წყალჟონვადობის შეფასება ვერ ხერხდება მოვლენის სირთულისა და შესწავლის არასრულყოფილების გამო. იგი ნაკლებად უნივერსალურია პროცესის სრულყოფილი სურათის სიზუსტის ნათლად წარმოჩენის დროს. აღნიშნულის მიუხედავად, წარმოებული ექსპერიმენტული შედეგებით დასაბუთებულია ნაწილაკების ზედაპირზე წყლის აფსკების ფორმირება და ფორის მოცულობის შემცირების შესაძლებლობები. მიღებულია, რომ ფორიანობის შემცირების შესაძლებლობა მისი მოცულობის ზღვრებში (20–25) %-ს შეადგენს, ხოლო ბლანტი-პლასტიკური გარემოს რღვევა მოქმედი გრადიენტიტაა შესაძლებელი.

ფილტრაცია და ნიადაგში წყლის ჟონვადობა მრავალ ურთიერთმართვად ფაქტორთანაა დაკავშირებული. მათი გრადიენტთან კორელაციური კავშირების განსაზღვრის დროს გამოიკვეთა ისეთი ფაქტორი, როგორც არის ძვრის საწყისი გრადიენტი.

როცა წყლის გადაადგილება ნიადაგში ფოროვანი სისტემით ან ერთმანეთთან დაკავშირებული ბზარებით ხდება, ამოცანა, ასეთ შემთხვევაში, მექანიკის ნაწილს წარმოადგენს და წყალჟონვადობიდან გამომდინარე, ნიადაგის ნაყოფიერება მის წყალშთანთქმის შესაძლებლობებზე, ქიმიურ, ფიზიკურ-ქიმიურ, ფიზიკურ-ბიოლოგიურ მაჩვენებლებზეა დამოკიდებული. წარმოდგენილი წყალჟონვადობის

მაჩვენებელი ხშირად ნიადაგების ერთმანეთისაგან განმასხვავებელ კრიტერიუმდაცაა გამოყენებული.

ფოროვან სისტემაში, როცა ფორის რადიუსი ბმული წყლის რადიუსის ტოლია, წყლის გადაადგილება ნიადაგში არ ხდება და მცენარით მისი გამოყენება ნაკლებად რეალობას წარმოადგენს. როცა ბმული წყლის რადიუსი 0-ის ტოლია, ასეთ შემთხვევაში წყლის აღება მცენარით ნიადაგიდან შეუფერხებლად და ყოველგვარი წინააღმდეგობის გარეშე ხდება.

ნიადაგ-გრუნტის წყალშთანთქმის შესაძლებლობის განმსაზღვრელ ფაქტორს მოქმედი ძალების ინტენსივობა, ფოროვანი სივრცის აქსონომეტრია, მისი ტანის სტრუქტურული სივრცის რეოლოგია წარმოადგენს. მოქმედი ძალების ინტენსივობასთან დაკავშირებული ფილტრაციის განმსაზღვრელი პარამეტრების და შემადგენელ ნაწილაკებზე ფორმირებული აბსკების პოტენციალი. მცენარის ზრდა-განვითარებაში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ფორმირებული ბმული წყლის გავლენა გამოსაყენებელი პროდუქტიული წყლების მოცულობასა და სარწყავად გამოყენებული წყლების ხარჯზე.

ფოროვანი სივრცის გეომეტრიიდან გამომდინარე, წყალჟონვადობა, ფილტრაცია, წყალშთანთქმის შესაძლებლობა სითხის მოცულობით მასასა და სიბლანტესთანაა დაკავშირებული (Macharashvili M.B., 2018, გვ. 124-127) (Macharashvili M.B. , 2003, გვ. 128-131) (Omsarashvili G.G., Sakhvadze A.L., 1979, გვ. 193-195).

თეორიულად კორელაციური კავშირი საწყის გრადიენტსა და ფოროვანი სივრცის წყალშევსების ხარისხს შორის შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს მოდელით

$$I_0 = a \frac{\varphi}{1-\varphi} . \quad (2.1.1.)$$

ანალოგიურად (2.1.1.) დამოკიდებულისა ფილტრაციის კოეფიციენტის საწყის გრადიენტთან დამოკიდებულების კავშირი

$$I_0 = \frac{B}{\sqrt{K}} - 1 . \quad (2.1.2.)$$

(2.1.1.) და (2.1.2.) დამოკიდებულებებში:

I_0 – საწყისი გრადიენტი;

φ – ფოროვანი სივრცის წყლის შევსების კოეფიციენტი;

K – ფილტრაციის კოეფიციენტი (მ/წმ).

(2.1.1.) და (2.1.2.) დამოკიდებულების გაერთიანების საფუძველზე ფილტრაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობა

$$K = \left(\frac{b}{a}\right)^2 \frac{(1-\varphi)^2}{\left[1/a^2 - \varphi(1/a-1)\right]^2}, \quad (2.1.3.)$$

ხოლო საწყისი გრადიენტის მნიშვნელობა

$$I_0 = \frac{a}{b} \frac{1-\varphi(1-a)}{1-\varphi}. \quad (2.1.4.)$$

როცა ცნობილია საწყისი გრადიენტის და ფილტრაციის კოეფიციენტის სიდიდეები, ასეთ შემთხვევაში შესაძლებელია განისაზღვროს a და b კოეფიციენტის მნიშვნელობები, ე.ი. $a=1$ და $B=1/\varphi$. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ფოროვანი სივრცის წყალშევსების ხარისხის მიხედვით საწყისი გრადიენტისა და ფილტრაციის კოეფიციენტის საანგარიშო დამოკიდებულებები შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს ფორმულებით:

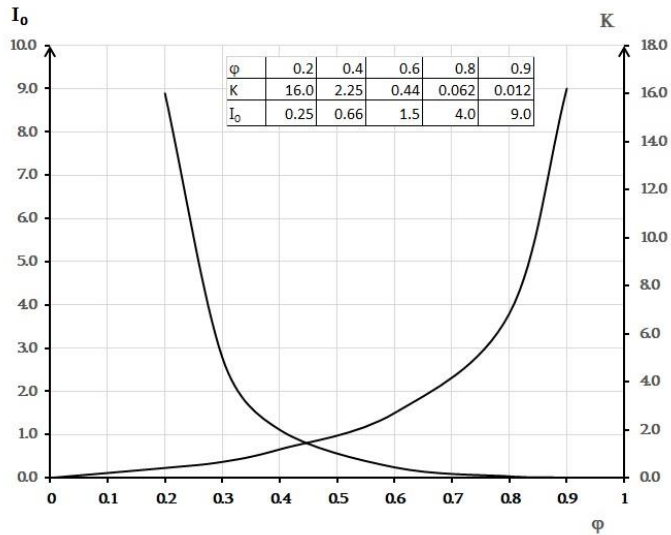
– საწყისი გრადიენტი

$$I_0 = \frac{\varphi}{1-\varphi}; \quad (2.1.5.)$$

– ფილტრაციის კოეფიციენტი

$$K = \frac{(1-\varphi)^2}{\varphi}. \quad (2.1.6.)$$

თვალსაჩინოების მიზნით გრაფიკული დამოკიდებულება ფილტრაციის კოეფიციენტისა და საწყისი გრადიენტის წყალშევსების ხარისხთან მოცემულია ნახ. 2.1.1.-ზე.



ნახ.2.1.1. გრაფიკი დამოკიდებულებები K ფილტრაციის კოეფიციენტისა და I_0 საწყისი გრადიენტის ფოროვანი სივრცის φ წყალშევსების ხარისხთან

$$K = f(\varphi) \text{ და } I_0 = f(\varphi)$$

ცნობილია, რომ ბლანტი ნარევის შემთხვევაში უმცირესი ნაწილაკების არსებობისას თეორიულად სიბლანტე განისაზღვრება ხაზოვანი დამოკიდებულებით.

$$\mu = \mu_0(1 + 2,5\varphi), \quad (2.1.7.)$$

სადაც μ , μ_0 – დისპერსიული სისტემის და გარემოს სიბლანტეთა მნიშვნელობებია, პა.წმ;

φ – მოცულობითი კონცენტრაცია.

არანიუტონური ბლანტი სითხის მილსადენში მოძრაობის დროს დაწნევის სიდიდეს თუ შევაფასებთ დარსი-ვეიერბახის მოდელით, როცა მილსადენის სიგრძე ℓ –ის, რადიუსი R –ის, სიმძიმის ძალის აჩქარება g –ს და ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტი λ –ის ტოლია

$$h_{\text{დან}} = \lambda \frac{\ell}{4R} \frac{U^2}{2g}. \quad (2.1.8.)$$

(2.1.8) დამოკიდებულების გამარტივებისა და გარდაქმნის საფუძველზე, როცა R რადიუსის მქონე მილსადენში წყლის მოძრაობა რეინოლდის რიცხვით Re_r –ით არის შევასებული, დაწნევის გრადიენტის სიდიდე

$$I = \lambda \frac{R_{er}^2 v^2}{R^2} \frac{1}{8gR}. \quad (2.1.9.)$$

(2.1.9.) საანგარიშო დამოკიდებულებაში, როცა ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობების კოეფიციენტი $\lambda = A/R_{eR}^{2-n}$, დაწნევის დანაკარგის სიდიდე

$$I = \frac{AR_{eR}^n}{8} \frac{v^2}{gR^3} . \quad (2.1.10.)$$

(2.1.10.) ფორმულაში ფილტრაციის Π რიცხვი, როცა უგანზომილებო სიდიდითაა წარმოდგენილი, ტოლია $\Pi = AR_{eR}^n/8$ და ამასთან ერთად, ხარისხის მაჩვენებლის $\Pi = 1$, მოძრაობის საშუალო სიჩქარე

$$U = \frac{\gamma}{\mu} K'I . \quad (2.1.11.)$$

(2.1.11.)-ის შესაბამისად, შეიძლება განსაზღვრული იქნეს ფილტრაციის სიჩქარე ნიადაგ-გრუნტში. რადგან ფილტრაციის სიჩქარე ნიადაგ-გრუნტის მილსადენში საშუალო სიჩქარესა და m ფორიანობის ნამრავლის ტოლია $V_{\text{ფ}} = Um$ ე.ი.

$$V_{\text{ფ}} = \frac{\gamma}{\mu} K'mI . \quad (2.1.12.)$$

სწორხაზოვანი წყალჟონვადობის შემთხვევაში, წყალჟონვადობის კოეფიციენტის სიდიდეს თუ წარმოვადგენთ ფორმულით

$$K_0 = K'm , \quad (2.1.13)$$

ფილტრაციის კოეფიციენტის სიდიდე

$$K = K_0 \frac{\gamma}{\mu} . \quad (2.1.14.)$$

ფილტრაციის სიჩქარე

$$V = \frac{\gamma}{\mu} K_0 I . \quad (2.1.15.)$$

როცა მილსადენში არაანუტონური სითხე მოძრაობს, საშუალო სიჩქარის სიდიდე

$$V^H = \frac{\gamma R^2}{3\mu} \Psi^2 \left[1 - \sqrt{1 - m(1,5 - 0,5\sqrt{1 - m})} \right] . \quad (2.1.16.)$$

სადაც γ – მოცულობითი მასაა (კგ/მ³);

μ – სიბლანტის კოეფიციენტი (კგ.წმ/მ²);

ψ – შინაგანი ხახუნის კოეფიციენტი;

m – ბმული წყლის რადიუსის მილსადენის რადიუსთან ფარდობის სიდიდე.

(2.1.16.) განტოლების ორივე მხარეს თუ გავამრავლებთ m ფორიანობაზე და ნამრავლის სიდიდეს ფილტრაციის სიჩქარედ მივიჩნევთ, გვექნება

$$V^H \cdot m = \frac{\gamma R^2}{3\mu} m \psi^2 \left[1 - \sqrt{1-m} (1,5 - 0,5\sqrt{1-m}) \right]. \quad (2.1.17.)$$

რადგან $\frac{\gamma R^2}{3\mu}$ წარმოადგენს მილსადენში ნიუტონური სითხის საშუალო სიჩქარეს, კავშირი არანიუტონური და ნიუტონური სითხეების ფილტრაციის სიჩქარეებს შორის

$$V_3^H = V_3 \psi^2 \left[1 - \sqrt{1-m} (1,5 - 0,5\sqrt{1-m}) \right]. \quad (2.1.18.)$$

სწორხაზოვანი ფილტრაციის შემთხვევაში, საწყისი გრადიენტის და $f(\beta)$ გათვალისწინებით, ფილტრაციის სიჩქარე

$$V_3^H = \frac{\gamma}{\mu} K_0 f(\beta) (1 - I_0/I). \quad (2.1.19.)$$

(2.1.19.) დამოკიდებულებიდან ფილტრაციის კოეფიციენტი

$$K = \frac{\gamma}{\mu} K_0 f(\beta) \left(1 - \frac{I_0}{I} \right) \quad (2.1.20.)$$

სწორხაზოვანი ფილტრაციის დროს ნიუტონური და არანიუტონური სითხეების ფილტრაციის კოეფიციენტებს შორის დამოკიდებულება

$$\frac{K^H}{K} = \left(1 - \frac{I_0}{I} \right) f(\beta). \quad (2.1.21.)$$

რეინოლდის რიცხვსა და ჰიდრავლიკურ წინააღმდეგობებს შორის კავშირის შესწავლას მრავალი ექსპერიმენტი მიეძღვნა. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ჩ. სლიხტერის მიერ ჩატარებული კვლევები, რომლის საფუძველზე λ ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის ცვლილების დროს რეინოლდის რიცხვის კრიტიკული მნიშვნელობა მოთავსებული ზღვრებში $7.5 \leq Re_r \leq 9.0$.

ნიადაგ-გრუნტის წყალჟონვადობის მიღებულ საანგარიშო დამოკიდებულებას თუ გავუტოლებთ მილსადენის ფართობის ფორიანობასთან ნამრავლს, როცა მილსადენის რადიუსი R -ის ტოლია უგანზომილებო Π

სიდიდის გათვალისწინებით ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტის საანგარიშო დამოკიდებულებას ექნება სახე

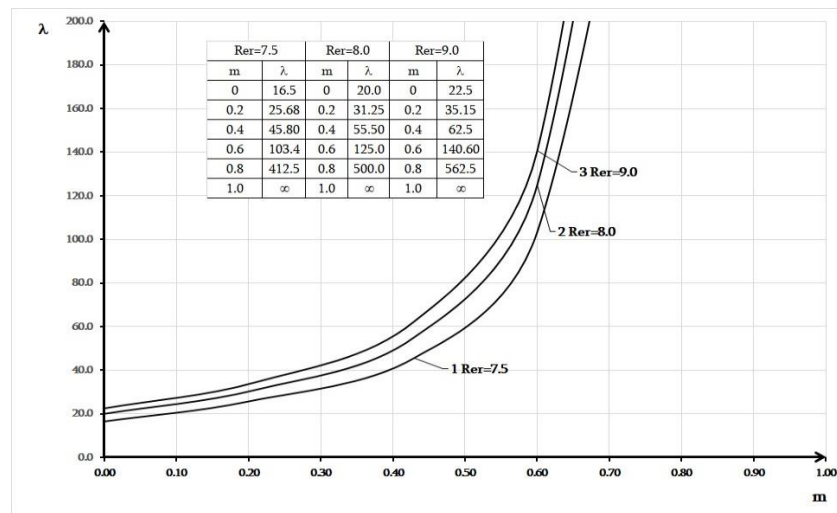
$$\lambda = \frac{2,5R_{eR}}{(1-m)^2} \quad (2.1.22.)$$

როცა $\lambda = \frac{64}{R_{eR}}$ და განიხილება ლამინარული მოძრაობა, ნიადაგის

ნაწილაკებზე გარშემორტყმული ბმული წყლის სისქე

$$r_0 = 0,8R \quad (2.1.23.)$$

ჩ. სლიხტერის შედეგებზე დაყრდნობით კავშირი ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტსა და ნიადაგის წყალშევის ხარისხ m სიდიდეს შორის მოცემულია გრაფიკული დამოკიდებულებით $\lambda = f(R_{eR}, m)$



ნახ.(2.1.2.) ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის კავშირი ფორიანობასთან რენოლდსის რიცხვის სხვადასხვა მნიშვნელობის დროს

1. $R_{eR} = 7.5$; 2. $R_{eR} = 8.0$; 3. $R_{eR} = 9.0$.

კონცენტრაცია გაზრდილი სარწყავი წყლით ფართობის მორწყვისას ნიადაგში a სიღრმეზე მორწყვის დასაწყისიდან დაწვევის გრადიენტის სიდიდის ცვლილება მაქსიმალური მნიშვნელობიდან იცვლება ერთთან მიახლოებულ მნიშვნელობამდე მორწყვის დამთავრებისას. ამასთან ერთად, წყალშთანთქმის სიჩქარე მცირდება მუდმივ მნიშვნელობამდე. აღნიშნულთან ერთად, ნიადაგის წყალთან შეხების გამო იცვლება მისი მექანიკური და ფიზიკურ-ქიმიურ მახასიათებლები, ნიადაგის სტრუქტურა ირღვევა-მკვრივდება, წყალგამტარობა მცირდება და სხვა.

ნიადაგში წყლის შთანთქმის მოვლენაზე განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს ფორებში არსებული ჰაერისა და წყლის აწევის კაპილარული ძალები.

წყალჟონვადობის ან წყალშთანთქმის სიჩქარის დინამიკის ცვლილების ანალოგად თუ გამოვიყენებთ წყლის ნიადაგში ჩაჟონვას a სიღრმეზე, შეიძლება განსაზღვრული იქნეს წყლის შთანთქმის სიჩქარე

$$U_t^H = U_t f(\beta) I_t \left(1 - \frac{I_0}{I_t}\right) = \frac{K_t}{t^\alpha} \left(1 - \frac{I_0}{I_t}\right) f(\beta) \quad (2.1.24.)$$

სადაც U_t - წყლის შთანთქმის სიჩქარე t დროის მომენტში (მ/წმ);

K_t - წყალჟონვადობის კოეფიციენტი ნიადაგ-გრუნტის t მომენტში;

I_t - დაწნევის გრადიენტი;

K_t - წყალჟონვადობის კოეფიციენტი დროის პირველ მომენტში;

α - ხარისხის მაჩვენებელი ნიადაგის შედგენილობიდან და ტენიანობიდან გამომდინარე, იცვლება $0,3 \div 0,80$;

დროის პირველ მომენტში ნიადაგში სითხის K_0 კოეფიციენტის შემთხვევაში არანეიტონური სითხის წყალჟონვადობის ფილტრაციის კოეფიციენტის სიდიდე T დროსთან კავშირში

$$K_1^H = K_1 \left(1 - \frac{I_0}{I_t}\right) f(\beta) T^\alpha. \quad (2.1.25.)$$

t დროში სითხის ნიადაგში ჩაჟონვის საშუალო მნიშვნელობა

$$K_{საშ}^H = \frac{1}{t} \int_0^t \frac{K_1 (1 - I_0 / I_t) f(\beta)}{t^\alpha} dt = \frac{K_0 (1 - I_0 / I_t) f(\beta)}{t^\alpha}. \quad (2.1.26.)$$

ფილტრაციის კოეფიციენტი, რომლითაც ხასიათდება ნიადაგის წყალგამტარობა, მისი ტანის დაღარვის სიდიდესთანაა დაკავშირებული. იგი ნიადაგის სტრუქტურის მაჩვენებელი დიამეტრის, მოცულობითი მასისა და სიბლანტის ფუნქციას წარმოადგენს და განსაკუთრებულ როლს ასრულებს ტენის რეგულირების დროს.

2.2. სარწყავი ფართობის რწყვის ნორმები, რეჟიმი, ჰიდროლოგიური პარამეტრები

ირიგაციაში წყალხარჯვა სარწყავ ფართობზე წყლის მიწოდების პარამეტრებსა და ნიადაგის მახასიათებლებთანაა დაკავშირებული. მცენარის

ზრდა-განვითარების მოდელის განხილვის დროს სარწყავ მიწათმოქმედებაში განსაკუთრებული ადგილი რწყვის რეჟიმს, (სარწყავი ნორმით წყლის სტაბილურად, დანაკარგების გარეშე მოწოდებას) ეთმობა. აღნიშნული ნიადაგ-გრუნტის პარამეტრებთანაა უშუალო კავშირში (გავარდაშვილი გ., 2016) (გავარდაშვილი გ. , 2016, გვ. 413) (გავარდაშვილი გ., კუხალაშვილი ე., ოდილაშვილი თ., შამათავა შ., 2023) (Gavardashvili G. Kukhalashvili E, Supatashvili T, Iremashvili I, Qufarashvili I, Bziava K, Natroshvili G , 2019, pp. 1914-1918) (გუბელაძე დ. , 2016) (გუბელაძე დ. ხარაიშვილი ო. , 2020, p. 650) (Natishvili O.G., Gubeladze D.O. , 2018) (Тищенко А.П. , 2016, pp. 17-23).

სოფლის მეურნეობაში ბუნებრივად მოქმედი ანომალიებით შექმნილი რისკები არსებით გავლენას ახდენს სარწყავ მიწათმოქმედებაზე. სარწყავი ფართობის ნაყოფიერება, რომელიც კლასიფიკაციური ნიშნებით მრავალი სახეობის ნიადაგითაა წარმოდგენილი, ანომალიების რეგულირების შესაბამისი ღონისძიებების გატარებასთანაა დაკავშირებული. შესაბამისად, სარწყავი ფართობის სოფლის მეურნეობის მიზნებისთვის შერჩევა მრავალი ურთიერთმართვადი ფაქტორის გათვალისწინებას საჭიროებს.

მელიორაციული თარგიდან აღებული ნიადაგების უკანასკნელი კვლევებით, მათი მდგრადობის სტაბილურობა არასასურველი ზემოქმედებებისაგან გათავისუფლების ხარისხთანაა დაკავშირებული.

ნიადაგ-გრუნტში მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების ფართო სპექტრი რადიკალურად ცვლის მის ნაყოფიერებას, პოტენციალს, ფილტრაციულ-კაპილარულ შესაძლებლობებს, ტენის ცვალებადობის დინამიკას და ნაყოფიერების მაჩვენებლებს. აღნიშნული თანაბრად აქტუალურია როგორც არიდული, ისე დაჭაობებული ნიადაგისათვის.

ტენის რყევადობის თავისებურებების შეფასება და რეგულირების მეთოდების შერჩევა, როგორც ამას ადასტურებს ბოლო დროის კვლევები, მიუთითებს ნიადაგის ტანში ტენის გადანაწილების შეფასების და პროგნოზირების არასრულყოფილებაზე.

ნიადაგის ნაყოფიერების გაზრდის ყოველი ამოცანა, სირთულეებიდან გამომდინარე, დიფერენცირებულ მიდგომებს საჭიროებს. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ნიადაგის მინერალიზაციისა და შემადგენელი ძნელად ხსნადი

ნივთიერების გავლენა-ზემოქმედება მცენარის ზრდა-განვითარებაში მიმდინარე ქიმიურ-ბიოლოგიური პროცესების სისწრაფეზე. იგი უშუალოდაა დაკავშირებული შემადგენელ მინერალებსა და ძნელად ხსნად ნივთიერებათა მდგრადობასთან. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ნიადაგიდან საკვების შეთვისება, მიკროორგანიზმების, ქიმიურ-ბიოლოგიური პროცესების განვითარების სისწრაფე გარკვეულ გავლენას ახდენს ნიადაგის ნაყოფიერებაზე.

ნიადაგ-გრუნტის ტანში ტენის რეგულირება, მასში მიმდინარე რთული პროცესების ანომალურობის და მრავალკომპონენტურობის გამო ძნელად გადასაწყვეტ ამოცანათა ნუსხაშია მოქცეული და ასეთ პირობებში განსაკუთრებული ადგილი გრუნტის მახასიათებლებს ერთობა. მიკრო და მაკრო სტრუქტურა მნიშვნელოვანია წყლის გადაადგილებასა და მიგრაციის პროცესზე, გავლენას ახდენს ფარდობით დეფორმაციაზე და ხშირად ფილტრაციის ხაზოვანი კანონის რღვევის განმაპირობებელ ფაქტორადაც გვევლინება, მაგრამ იგი არ წარმოადგენს ნიადაგის პოტენციალის განმსაზღვრელ ფაქტორს.

ნიადაგი, როცა მაღალდისპერსიული ჰიდროფილური სისტემის სახითაა წარმოდგენილი, ენერგეტიკული ველებით მის ცალკეულ ნაწილებს შორის ჩამოყალიბებულია კომპლექსური თვისებების მატარებელი სასაზღვრო შრე. ასეთ შემთხვევაში ნიადაგ-გრუნტზე ზოგადი წარმოდგენა თავის თავში სხვა თვისებათა ისეთ მახასიათებელს აფოკუსირებს, როგორც არის ფილტრაცია, მისი განმსაზღვრელი პარამეტრის სისქე, ფილტრაციის კოეფიციენტი, წყალჟონვადობა და სხვა. ამ მაჩვენებელთა შეფასების დროს პრიორიტეტი მის სტრუქტურულ მაჩვენებლებზეა მინიჭებული. წარმოდგენილ მახასიათებელთა რაოდენობრივი სიდიდეების ცვლილება გრუნტის თვისებათა, კერძოდ, მის ტანში მიგრაციულობის განმსაზღვრელია და განსაკუთრებული ფუნქცია გააჩნია, როგორც მელიორაციის (მორწყვა-დაშრობა), ისე ჰიდროლოგიური მახასიათებლების შერჩევის დროს. რაც შეეხება ზედაპირულ მოვლენებს, რომლებშიც მოიაზრება კაპილარული მოვლენები, აქ პრიორიტეტი დისპერგაციაზეა ორიენტირებული.

უნდა აღინიშნოს, რომ წყალხარჯვის მოცულობის მიხედვით სოფლის მეურნეობა ერთ-ერთი ძირითადი მსხვილი წყალმომხმარებელია. აქ ბუნებრივი წყლის რესურსების თითქმის 70 % იხარჯება მორწყვის მიზნით. მისი 100 %-ით

მოცულობის შემცირება იმდენად მასშტაბურია, რომ უტოლდება თითქმის ყველა სხვა წყალმომხმარებელთა წყალხარჯვას (ხარაიშვილი ო., 2018) (ხარაიშვილი ო., კუპრეიშვილი შ., ლომიშვილი, მ., სიჭინავა პ. შენგელია ლ., 2022, pp. 211-216) (იორდანიშვილი ი, იორდანიშვილი კ., 2009) (ყრუაშვილი ი., მირცხულავა დ., 2003) (ყრუაშვილი ი., ინაშვილი ი., 2009) (Kruashvili I, Davitashvili L, Inashvili I, Natroshvili G, 2017) (Kruashvili I, Inashvili I, Bziava K. Lomishvili M, 2016, pp. 217-221) (ბასილაშვილი ც. , 2011) (მელაძე გ, მელაძე მ., 2020, p. 201).

სხვადასხვა სარწყავ ფართობზე წყლის მოწოდების პარამეტრები ნიადაგის მახასიათებლებთანაა დაკავშირებული. მახასიათებელთა შორის განსაკუთრებით აღსანიშნავია მორწყვის ნორმა, სარწყავი ნორმა და სხვა. მათი სავეგეტაციო პერიოდში უწყვეტი სტაბილურობა შეფასების ოპერატიული საშუალებების სიზუსტესთანაა დაკავშირებული. სრულყოფილი საანგარიშო მოდელების მიღების მიზნით ჰიდრაულიკასა და ჰიდროტექნიკურ მელიორაციაში აუცილებელია გამოყენებული იქნეს საყოველთაოდ აღიარებული ინოვაციური სამეცნიერო მეთოდები და მეთოდოლოგია, ხოლო რეალური ნიადაგ-გრუნტი წარმოდგენილი იქნეს იდეალურად, ე.ი. ფორიანობის შესაფასებლად გამოყენებული იქნეს ერთმანეთის პარალელური მილსადენათა სისტემა.

სარწყავ მიწათმოქმედებაში მცენარის ზრდა-განვითარების მოდელის განხილვის დროს განსაკუთრებული ადგილი რწყვის რეჟიმს, სარწყავი ნორმით წყლის სტაბილურად და დანაკარგების გარეშე მიწოდებას უკავია. რწყვის რეჟიმის ოპტიმალური მართვა აღნიშნულთან ერთად ნიადაგ-გრუნტის პარამეტრებთანაა დაკავშირებული. მათი აღრიცხვის სიზუსტე გამოყენებული ოპერატიული საშუალებების სრულყოფილებაზეა დამოკიდებული. ნიადაგის გატენიანების სირთულიდან გამომდინარე, არსებული საანგარიშო მოდელები ვერ იძლევა მელიორაციული მიწების სრული გაჯერებისა და ჰაერაციის ზონაში მიმდინარე ფიზიკური, მექანიკური, ბიოლოგიური პროცესებისა და ბუნებრივ-კლიმატური ნიადაგის თვისებების სრულად შეფასების შესაძლებლობას.

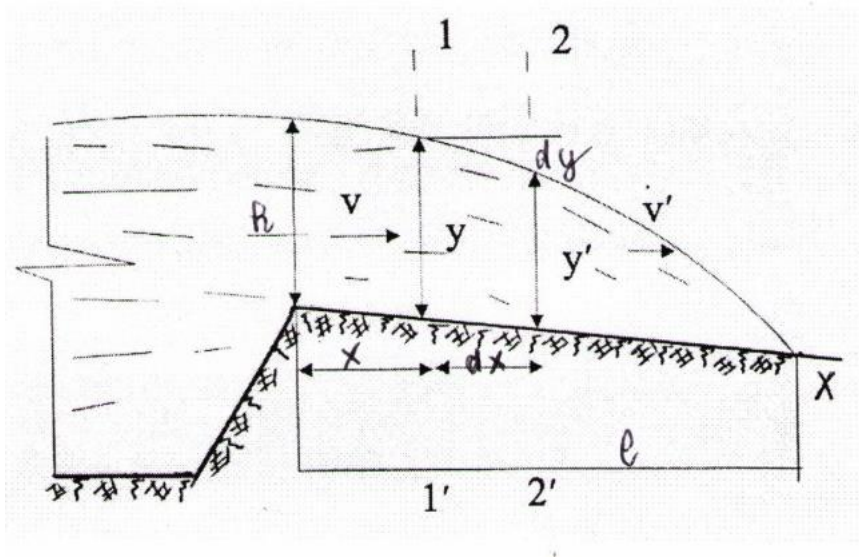
მელიორაციის მიმართულებით ირიგაცია-დრენაჟის მიმართ ძირითად მოთხოვნას ფართობზე სარწყავი წყლის თანაბარი ინტენსივობით განაწილება, მართვა და რეგულირება წარმოადგენს. წყლის სარწყავ ფართობზე განაწილება ადგილმდებარეობის ზედაპირის ტოპოგრაფიაზე, ჰიდროლოგიურ პირობებზე,

მცენარის ფართობზე განთავსებაზე, რეგულირების ტექნიკის სრულყოფაზე, მცენარის ბიოლოგიასა და აგროტექნიკის დონეზეა დამოკიდებული.

მიწათმოქმედებაში ტენის რეგულირებასთან ერთად განსაკუთრებით მნიშვნელოვან ამოცანათა კატეგორიას წარმოადგენს ნიადაგის მარილიანობა, კვებითი, სითბური, ჰაეროვანი და სხვა სახის რეჟიმები განეკუთვნება.

წყლის რეჟიმის მართვის აუცილებლობა მიწათმოქმედებაში მცენარის წყალზე მოთხოვნების, აორთქლებისა და ევაპოტრანსპირაციის შესაძლებლობებზეა დამოკიდებული.

სარწყავ ფართობზე მისაწოდებელი წყლის ნორმა მრავალი ურთიერთმართვადი ფაქტორის და ჰიდროლოგიური პარამეტრის ფუნქციას წარმოადგენს. განსაკუთრებით აღსანიშნავია სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა მოსავლიანობა. გამომდინარე აქედან, სარწყავი ფართობით დანაკარგების გარეშე თანაბარი ინტენსივობით წყალხარჯვის შეფასების მიზნით შემოთავაზებულია ფართობის ზედაპირზე წყლის განაწილების საანგარიშო სქემა, რომელიც ნახ. 2.2.1.-ზეა მოცემული.



ნახ. 2.2.1. ფართობზე წყლის განაწილების საანგარიშო სქემა

საანგარიშო სქემიდან გამომდინარე, ფართობის ზედაპირიდან ნიადაგით წყლის შთანთქმა წინასწარმიღებული პირობის შესაბამისად თანაბარი ჩაჟონვის პრინციპზეა დაფუძნებული. სქემის შესაბამისად, ფართობის ზედაპირზე წყლის განაწილების მრუდწირული ფორმა და ზოლის სიგრძეზე წყლის ნიადაგში

თანაბარი ინტენსივობით ჩაჟონვის შესაძლებლობა წყლის შთანთქმის მოდელთანაა ადაპტირებული. ფართობის დასაწყისში, როცა სარწყავი წყლის მიწოდება h სიღრმით ხდება და მიწოდებული წყალი სიმკვრივით, მაჩვენებლების ცვლილების განსაკუთრებულობითაა გამორჩეული, სითხის ფართობზე მოძრაობის მახასიათებლების პარამეტრებად საშუალო სიჩქარე აღებული, რომელიც ჰიდრავლიკაში აპრობირებული საშუალო სიჩქარის მოდელის $V = ch$ ანალოგიურია, ასეთ შემთხვევაში არანიუტონური სითხის სიჩქარის საანგარიშო მოდელი შეიძლება წარმოდგენილი იქნას ფორმულით:

$$v = chf(\beta). \quad (2.2.1.)$$

ფართობზე მიწოდებული სარწყავი ნაკადის ხვედრითი ხარჯი

$$q = ch^2 f(\beta). \quad (2.2.2.)$$

წარმოდგენილ საანგარიშო მოდელში $f(\beta) = f(h_0/h)$ და $V = ch = \frac{\gamma h^2}{3\mu}$

სადაც γ არის სითხის მოცულობითი მასა (ნ/მ^3);

I – სარწყავი ფართობის ზედაპირის ქანობი;

h – საწყის კვეთში სითხის მიწოდების სიღრმე (მ);

μ – სიბლანტის კოეფიციენტი (ნ.წმ/მ^2);

m – ფორიანობის კოეფიციენტი;

ψ – შინაგანი ხახუნის კოეფიციენტი;

c – სიჩქარის კოეფიციენტი ($\text{მ}^{1/2}/\text{წმ}$).

საანგარიშო სქემის ნახ. (2.2.1.)-ის შესაბამისად შერჩეული კვეთების ხარჯებს შორის სხვაობა

$$YV_x - Y^1V_x^1 = -2Ycf(\beta)dY \quad (2.2.3.)$$

მე-(2.2.3.) დამოკიდებულებიდან dx მონაკვეთზე ხარჯებს შორის სხვაობა წყლის ჩაჟონვითაა განპირობებული. ნიადაგის B სიგანის ზოლსა და L სიგრძეზე t დროში გადინებული სითხის შეფასების მიზნით ნაშრომში გამოყენებულია ჟონვადობის დროსთან კავშირის აპრობირებული მოდელები, ხოლო ნიადაგის ზედაპირზე დარჩენილი წყლის ენერგეტიკის შესაფასებლად შემასწორებული კოეფიციენტი Π . შემასწორებელი კოეფიციენტის სიდიდე ნიადაგის სტრუქტურის რღვევის შესაძლებლობასთანაა დაკავშირებული.

როცა ნაკადის სირღმე ფართობის ზედაპირის დასაწყისში $h = \sqrt{(q/c)}f(\beta)$, X ზოლის სიგრძეზე h -ის მნიშვნელობა მით უფრო დიდია, რაც დიდია ზედაპირული კვება - ხარჯი, ნაკლებია სიმქისე და ქანობი. B წყლის ზოლის X სიგრძეზე ნიადაგში ჩაჟონილი სითხის საშუალო სიჩქარის შესწორებით t დროში დარჩენილი წყლის ფენის ხარჯის ჩაჟონვასთან კავშირი შეიძლება შეფასდეს ტოლობით

$$2cYdY = -\frac{nK_0}{t^\alpha f(\beta)} dx. \quad (2.2.4.)$$

სადაც C არის სითხის მოძრაობის სიჩქარის კოეფიციენტი ($m^{1/2}/წმ$);

K_0 - ჟონვადობის კოეფიციენტი (m^2);

t - ნიადაგში წყლის ჩაჟონვის დრო ($წმ$);

α - ხარისხის მაჩვენებელი და დამოკიდებულია ნიადაგის სახეობაზე;

$f(\beta)$ - კოეფიციენტი და დამოკიდებულია ნიადაგის სტრუქტურაზე;

Y და X - მოძრავი სითხის თავისუფალი ზედაპირის კოორდინატები.

(2.2.4.) დამოკიდებულების ინტეგრირებით მივიღებთ

$$cY^2 = -\frac{nK_0}{t^\alpha} x + c^*. \quad (2.2.5)$$

ინტეგრირების c^* მუდმივას განსაზღვრა ხდება დაშვებით $x=0, y=h$, შესაბამისად, $c^* = ch^2$. c^* - მნიშვნელობას თუ გავითვალისწინებთ (2.2.5.)-ს განტოლებაში

$$-\frac{hK_0}{t^\alpha f(\beta)} X + ch^2 = cY^2. \quad (2.2.6.)$$

წყლის ნაკადის ხვედრითი ხარჯის ფართობის X სიგრძეზე გატარების შესაძლებლობა შეიძლება შეფასდეს დაშვებით $y=0$ -ს. შესაბამისად, ფართობის დასაწყისში მოსაწოდებელი წყლის ხარჯი

$$q = \frac{nK_0 X}{t^\alpha f(\beta)}. \quad (2.2.7.)$$

მე-(2.2.7.) დამოკიდებულებით შესაძლებელია შეფასდეს როგორც სარწყავი ფართობის 1 მეტრი სიგანის ზოლის სიგრძე, ასევე ნაკადის ნიადაგში წყლის ჩაჟონვის t დრო:

გადინების სიგრძე

$$X = \frac{qt^a f(\beta)}{nK_0} \quad (2.2.8.)$$

გადინების დრო

$$t = \left(\frac{nK_0 X}{f(\beta)} \right)^{\frac{1}{a}} \quad (2.2.9.)$$

მე-(2.2.6.) დამოკიდებულებით ხარჯებს შორის სხვაობა, როცა სარწყავი ფართობის დასაწყისში ხარჯის სიდიდე $q = ch^2 f(\beta)$ -ის ტოლია, თავისუფალი ზედაპირის განტოლება

$$Y = h \sqrt{1 - \frac{nK_0 X}{qt^a f(\beta)}}. \quad (2.2.10.)$$

ანალოგიურად სითხის თავისუფალი ზედაპირისა q_x -ის ხარჯის ცვლილება X ზოლის გასწვრივ

$$q_x = q \left(1 - \frac{nK_0 X}{qt^a f(\beta)} \right). \quad (2.2.11.)$$

(2.2.11.) დამოკიდებულების ანალიზით მარჯვენა ნაწილის ფრჩხილებში მოთავსებული წევრი წარმოადგენს ფართობის ზედაპირზე მოძრავი წყლის გადასაგდები ნაწილის პროცენტს. თუ ამ სიდიდეს აღვნიშნავ Y_0 -ით გვექნება

$$Y_0 = 1 - \frac{nK_0 X}{qt^2 f(\beta)}. \quad (2.2.12.)$$

(2.2.12.) დამოკიდებულების ანალიზით სარწყავი ფართობიდან წყლის გადინების შესაძლებლობა მისაწოდებელი წყლის ხარჯის გაზრდით გადინების პროცესში იზრდება, ხოლო, რაც უფრო მდგრადია ნიადაგი და დიდია ჟონვალობის კოეფიციენტი, გადინების პროცენტი მცირდება.

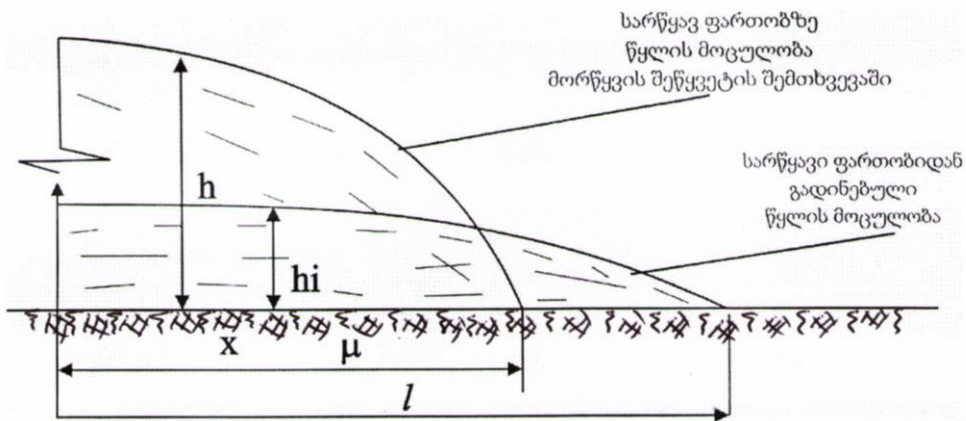
მორწყვის პროცესის სარწყავ ფართობზე სრულად წარმოჩენის მიზნით ნაშრომში განიხილება სხვადასხვა შემთხვევა:

1) წყლის მიწოდება სარწყავ ფართობზე გადინების გარეშე ხდება, ე.ი. გადინების პროცენტი $y = 0$ -ს, შესაბამისად, (2.2.10.) დამოკიდებულებიდან $\frac{nK_0 X}{qt^0 f(\beta)} = 1$. ასეთ

შემთხვევაში სარწყავ ფართობზე წყლის დინების სიგრძე

$$X = \frac{qt^a f(\beta)}{nK_0} \quad (2.2.13.)$$

2) სარწყავ ფართობზე წყლის უდანაკარგოდ მიწოდება მისაწოდებელი ნაკადის პოტენციალსთანაა დაკავშირებული, ე.ი. მისი გადინება M ფუნქციით წარმოებს. გადინების პროცესის პროცენტის სრული შესაძლებლობის შეფასების მიზნით საწყის კვეთში გათვალისწინებულია წყლის მოწოდების შეწყვეტა. მისაწოდებელ სარწყავ ფართობზე წყლის ხარჯით ფასდება ნაკადის გადინების სიგრძე, რომელიც მოწოდებული წყლის პოტენციალის განმსაზღვრელია. სარწყავი წყლის ფართობიდან გადინება დანაკარგის გარეშე ზოლის სიგრძეზეა დამოკიდებული. იმ შემთხვევაში, როცა სარწყავი ფართობის საწყის კვეთში წყდება წყლის მიწოდება და შესაწყვეტ კვეთში ნაკადის სიღრმე h სიდიდითაა წარმოდგენილი, წყლის ფართობის სიგრძეზე განაწილების შესაძლებლობა შეიძლება ნახ. 2.2.2. მოცემული სქემის სახით იყოს წარმოდგენილი.



ნახ. 2.2.2. სარწყავი ფართობის რწყვის პროცესის შეწყვეტის დროს ზედაპირული ნაკადის გადინების სქემა

ჩატარებული საველე კვლევებით რწყვის პროცესის შეწყვეტის შემთხვევაში იზრდება სარწყავი ზოლის სიგრძე და წყალი h სიღრმიდან 0 -მდე მცირდება. სარწყავ ფართობზე მორწყვის პროცესის შეწყვეტის შემთხვევაში ფართობის ზედაპირზე დარჩენილი წყლის მოცულობა მისაწოდებელი წყლის მოცულობის M ნაწილს წარმოადგენს. მისი სიდიდე $(2/3 \square 4/5)$ ზღვრებში იცვლება. საანგარიშო სქემიდან გამომდინარე, ზედაპირზე დარჩენილი MhX წყლის ნაწილის შთანთქმა ხდება X მანძილზე, ხოლო დარჩენილი ნაწილი X ზოლის ქვემოთ გადადინდება, ე.ი. ხდება X ზოლზე დარჩენილი წყლის ზონიდან გადინება და

მისი ზღვრებიდან გასვლა. ნიადაგში წყლის ჩაქონვის გადინების $(l-X)$ მონაკვეთზე გატენიანების თანაბრობის დაცულობის პირობის აუცილებლობიდან გამომდინარე, როცა ფართობის ზედაპირზე დარჩენილი წყლის მოცულობა MhX -ის ტოლია, ქვემოთ შთანთქმული წყლის სიდიდე შეიძლება შეფასდეს სიდიდით $(1-a)hx$ -ით, ხოლო გადადინებული წყლის მოცულობის სიდიდე $MhX - (1-a)hx$. X ზოლზე წყლის დარჩენილი ნაწილის გადინების შესაძლებლობა შეიძლება შეფასდეს ტოლობით

$$(l-x)m = MhX - (1-a)hx. \quad (2.2.14.)$$

(2.2.14.) დამოკიდებულებაში M -ს ცვლილების გათვალისწინებით, როცა მისი სიდიდე $M = 2/3$ -ს

$$l = X \frac{h}{m} \left(a - \frac{1}{3} \right). \quad (2.2.15.)$$

(2.2.13.)-ის გათვალისწინებით (2.2.15.)-ში, სარწყავ ფართობზე მიწოდებული წყლის სრული გადინების სიგრძე

$$l = \frac{qt^2}{nK_0} \frac{h}{m} \left(a - \frac{1}{3} \right) f(\beta). \quad (2.2.16)$$

მორწყვის ნორმის სიდიდე გადაგდების გარეშე სარწყავი ზოლის სიგანის 1 მ-ის შემთხვევაში

$$N = \frac{nK_0}{t^{\alpha-1} \left(a - \frac{1}{3} \right) f(\beta)}. \quad (2.2.17.)$$

სარწყავი ფართობის გადაგდების გარეშე მორწყვის დროს მორწყვის ნეტო ნორმის სიდიდე

$$N_6 = \frac{K_0 t^{1-\alpha}}{f(\beta)}. \quad (2.2.18.)$$

ბრუტო ნორმის სიდიდე მორწყვის ნეტო ნორმის ანალოგიურად t დროში მიწოდებული ხარჯის გათვალისწინებით

$$N_{36} = \frac{qt}{x}. \quad (2.2.19.)$$

რადგან განიხილება რწყვის მიზნებისათვის წყლის სრული პოტენციალის გამოყენება გადაგდების გარეშე, ე.ი. $N_6 = N_{36}$

$$\frac{K_0 t^{1-\alpha}}{f(\beta)} = \frac{qt}{x}. \quad (2.2.20.)$$

როცა ფართობზე არაკონცენტრირებული სუფთა წყალი მიეწოდება, ასეთ შემთხვევაში მორწყვის ნეტოს სიდიდე $N_6 = K_0 t^{1-\alpha}$, ხოლო კონცენტრირებული წყლის შემთხვევაში

$$N_6 = \frac{Qt}{XB} f(\beta). \quad (2.2.21.)$$

ფართობზე მისაწოდებელი წყლის ხარჯის სიდიდე მორწყვის N ნორმის გათვალისწინებით

$$Q = \frac{m\omega}{tf(\beta)}. \quad (2.2.22.)$$

მორწყვის ხანგრლივობა

$$t = \frac{m}{K_{\text{ს.შ.}}} = \left(\frac{nf(\beta)}{K_0} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}. \quad (2.2.23)$$

სარწყავი ფართობის გატენიანება ზოლის სიგრძეზე წყლის გადაადგილების გარეშე, თანაბრობიდან გამომდინარე, როცა გადახრა ნორმებითაა წარმოდგენილი

$$\left(\frac{t_{\text{შ}}}{t_{\text{გ}}} \right)^{1-\alpha} = \frac{1-\Delta}{1+\Delta}. \quad (2.2.24.)$$

როცა სარწყავი ხარჯის მნიშვნელობა $Q = Bch^2$, დინების დასაშვები სიჩქარე $V_0 = ch$ და გამრეცხი სიჩქარის მნიშვნელობა იცვლება $V = 0,1 \div 0,2$ მ/წმ-ის ზღვრებში, გაურეცხვადობის პირობა განისაზღვრება უტოლობით:

$$\frac{m\omega}{tf(\beta)} \leq \frac{BV_0^2}{c}. \quad (2.2.25.)$$

(2.2.25) უტოლობით შესაძლებელია შეფასდეს ნიადაგის გარეცხვადობა და მოსალოდნელი ეროზიის განვითარების სიდიდე.

2.3. ნიადაგ-გრუნტის პოტენციალის განმსაზღვრელი პარამეტრები და სასოფლო-სამეურნეო ფართობების პროექტირება

ბუნებრივი რესურსების მართვა და მისი რაციონალიზაცია სოფლის მეურნეობის მიმართულებით განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მდგრადი განვითარების თვალსაზრისით.

წყლის, როგორც დეფიციტური რესურსის გამოყენება ირიგაცია-დრენაჟში ან მისი სიჭარბის დაძლევა დაკავშირებულია ნიადაგის პოტენციალის, მცენარეთა წყალმოთხოვნილებისა და გადაადგილება-მიგრაციის შესაძლებლობებთან.

ნიადაგი, რომელიც სხვადასხვა სახის სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა განლაგების მიზნითაა შერჩეული, მეცნიერთა თანამედროვე შეხედულებით მარცვლოვან-ფოროვან სხეულს წარმოადგენს. სიცარიელეთა მიხედვით მისი ტანი დაქსელილია ლაბირინთულად. მყარი შემადგენლის ნაწილაკებს შორის ფორმირდება სხვადასხვა სახის წყლის კატეგორიები. ლაბირინთულ სისტემაში წყლის გადაადგილება, ფილტრაციის კანონზომიერება არ ემორჩილება ნიუტონური სითხეებისათვის დამახასიათებელ წინააღმდეგობის კანონს და მის ტანში მიმდინარე მოვლენების სრულად ასახვა პრინციპულად განსხვავებული მოდელების პროცესთან ადაპტაციას საჭიროებს.

აღნიშნული კარგადაა დასაბუთებული 3/ტექნიკური ნაგებობის ფუძეების შესწავლისა და დარსის კანონის – გამოყენების ზღვრების დაზუსტების დროს, რასაც ადასტურებს მოვლენისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო ნაშრომები.

ნიადაგ-გრუნტის ლაბირინთებში წყლის დინება და მოძრაობა მას შემდეგ არის დაფიქსირებული, როცა დაწნევის გრადიენტი სჭარბობს ზღვრულ მნიშვნელობას. დინების დაწყების შესაძლებლობა ნიადაგ-გრუნტის შემადგენელ ნაწილაკებზე ბმული წყლის გარშემორტყმით და ზედაპირზე აფსკების ფორმირებით შეიძლება იქნეს ახსნილი.

ასეთი სახით ფორმირებული წყალი ხასიათდება გაზრდილი სიბლანტით და მისი მოძრაობაში მოყვანა დამატებითი დატვირთვების აუცილებლობასთანაა დაკავშირებული. აღნიშნული ცალსახა კავშირის განმსაზღვრელია ნიადაგის კომპლექსურ მახასიათებლებსა და საწყის გრადიენტს შორის. იკვეთება ფილტრაციის განსხვავებული და განსაკუთრებული თავისებურებანი, რაც წყლის

ნაწილის ნიადაგ-გრუნტის ნაწილაკების მნიშვნელოვან ფართობთან შეხებით, გარსშემორტყმითაა განპირობებული.

ნიადაგ-გრუნტის ნაწილაკების ზედაპირზე ფორმირებული წყლის წარმოდგენილი კატეგორია იმ თვალსაზრისითაც არის საინტერესო, რომ იგი ჩვეულებრივისგან რადიკალურადაა განსხვავებული, ფორმირებულია სხვადასხვა ბუნების ენერგეტიკით, ხასიათდება კვაზი-მყარი სხეულის თვისებებითა და ძვრისადმი საწყისი წინაღმდეგობით.

ნიადაგ-გრუნტის ტანში ასეთი კატეგორიის წყლის ფორმირების გამო მათი გადაადგილების ამოცანების შესწავლა კიდევ უფრო გართულებულია. მელიორაციულ თარგზე განხორციელებული კვლევებით ასეთი წყლების მდგრადობაზე განსხვავებული ზემოქმედებით სრულყოფილი ჰიდროლოგიური პირობების შექმნა მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიურ პროცესებთანაა დაკავშირებული. ნიადაგ-გრუნტის ფილტრაციულ-კაპილარული შესაძლებლობები მის ტანში მიმდინარე პროცესების ფუნქციას წარმოადგენს და შეფასების მექანიზმი თანაბრად აქტუალურია როგორც არიდული, ისე დაჭაობებული ზონისათვის.

ფიზიკურ-ქიმიური თვალსაზრისით ნიადაგ-გრუნტის აგრეგატიზაციასთან დაკავშირებული ფილტრაციულ-კაპილარული მოდელების შექმნა, ოპერატიული საშუალებების საანგარიშო დამოკიდებულების გამოყვანა შემადგენელი მყარი ნაწილის აგრეგატების დისპერგაციასთან, გამყოფი ზედაპირების სიბრტყეში მიმდინარე პროცესებთან, ფილტრაციულ-კაპილარული მოვლენების ანომალურობით ტენის ცვლილების დინამიკასა და მიკრობიოლოგიურ პროცესებთანაა დაკავშირებული.

ენერგეტიკული ველების ძალებით ფოროვანი სივრცის არეში ფორმირებული გრუნტის წყალი ქიმიური პოტენციალით დიამეტრალურად განსხვავებულია თავისუფლ მდგომარეობაში მყოფი სითხისაგან. ენერგეტიკული წონასწორობის მიზნით ნიადაგის მყარი ნაწილის დისპერგაცია აუცილებელია მიმდინარეობდეს ტემპერატურული და ქიმიური პროცესებისაგან დამოუკიდებლად, ხოლო საანგარიშო მოდელების შერჩევის დროს სასაზღვრო შრე ნიადაგ-გრუნტში სითხის მოძრაობის დროს იყოს უცვლელი. აუცილებელია საინჟინრო ამოცანების გადაწყვეტის დროს გათვალისწინებული იქნეს ფორმირებული შრის ანომალურობა, რომელიც ძვრისადმი საწყისი

წინააღმდეგობითაა გამოსახული. აქედან გამომდინარე, ასეთი სითხეების გადაადგილების შემთხვევაში აუცილებელია გათვალისწინებული იქნეს:

- რწყვის პროცესის ოპტიმიზაცია;
- ნიადაგ-გრუნტის ფილტრაციული მახასიათებლებისა და ზედაპირულ-კაპილარული მოვლენების კვლევა-შეფასება;

- განმსაზღვრელი საანგარიშო დამოკიდებულებების გამოყვანა არანიუტონური სითხეების ოპერატიულ საშუალებებზე, მათი ამოხსნის მეთოდოლოგიასა და დაშვების მეთოდებზე დაყრდნობით.

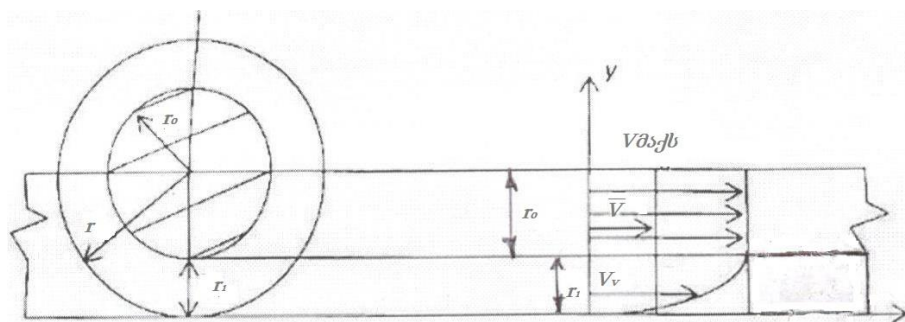
ნიადაგ-გრუნტში წყლის გადაადგილების გამსაზღვრელ კრიტერიუმს მოქმედი ძალების ინტენსივობა, ფოროვანი სივრცის აქსონომეტრია და კონცენტრაციის შესაბამისი რეოლოგიური მახასიათებლები წარმოადგენს. მცენარის ზრდა-განვითარებისას, აღნიშნულთან ერთად, მნიშვნელოვანია ნაწილაკებზე გარსშემორტყმული აფსკების როლი მცენარით წყლის გამოყენების შესაძლებლობებზე, საირიგაციო და სადრენაჟო ხარჯებზე, მორწყვის, დაშრობის ნორმის შეფასებაზე, ფოროვანი მოდელების განხილვისას წყლის გადაადგილების ჰიდრაულიკაზე, კაპილარულ პროცესებზე, ნიადაგ-გრუნტის წყალჟონვადობაზე, საწყისი გრადიენტის ფორმირებასა და რაობაზე. კვლევის განსაკუთრებულ ინტერესს წარმოადგენს სარწყავი ფართობიდან მცენარისთვის წყლის მიწოდებისას ფოროვანი სივრცის აქსონომეტრია, რომლის მოდიფიცირება კვაზიმყარი სხეულის თვისებების მოდელის ანალოგთან გართულებულია. ბმული წყლის გავლენის კრიტიკულ მომენტს შეესაბამება წყლის სადინარი არხების ფუნქციის შეწყვეტა და მცენარის ნიადაგიდან წყლის აღების შეფერხება. სოფლის მეურნეობის მიზნებისთვის ნიადაგის გამოყენება მემცენარეობის ნებისმიერი კულტურისათვის მელიორაციასთანაა დაკავშირებული. გამომდინარე აქედან, ნიადაგის ნაყოფიერების გაზრდა პროდუქციის მომცემი ნებისმიერი ჯიშისთვის მათი განლაგების ადგილებზე წყლის რეჟიმზეა დამოკიდებული. შრომის საბოლოო შედეგი — მოსავალი დაკავშირებულია აქტიური ფენის მექანიკური შედგენილობის ფილტრაციულ შესაძლებლობებთან, მდგრადობასა და წყალჟონვადობის დინამიკასთან. აღნიშნული განმსაზღვრელი მახასიათებლები გამოვლენას პოულობს ისეთ მაჩვენებლებსა და პარამეტრებში, როგორებიცაა: წყლის ხარჯი, ფილტრაციის სიჩქარე, გრუნტის წყლების დონეების რყევა,

დეპრესიის წირის ფორმის ცვლილება, მორწყვის და დაშრობის ნორმა, კაპილარული მოვლენები და სხვა.

ბუნებრივ ჰიდროლოგიურ რესურსებს განსაკუთრებული როლი აქვს ირიგაციაში. რწყვის რეჟიმის მართვა ასეთ შემთხვევაში ნიადაგის მახასიათებლების ცვლილების, სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა წყალმოთხოვნილების, წყლის ნიადაგზე ურთიერთქმედების ფუნქციას წარმოადგენს. ნიადაგის სტრუქტურულ ტანში სითხის გადაადგილება ხშირად არ ხდება ნიუტონური სითხეებისათვის დამახასიათებელი წინააღმდეგობის კანონით. გამომდინარე აქედან, დარსის კანონი – ზღვრების გაფართოება – ნიადაგ-გრუნტების ნაწილზე წყლის შეხების გათვალისწინებით აქტუალურ საკითხად რჩება.

ნიადაგ-გრუნტში წყლის გადაადგილების დინამიკური პარამეტრების განსაზღვრის მიზნით შემოთავაზებულია სხვადასხვა სახის მოდელი, რომელთა მიხედვით ნიადაგ-გრუნტის ფოროვანი სისტემა შეცვლილია მილსადენთა სისტემით და რეალური მოდელი წარმოდგენილია იდეალურით. ნიადაგ-გრუნტის მილოვანი სისტემის ცალკეულ მილში სითხის მოძრაობა ადაპტირებულია საგრადიენტო შრითა და გულით მოძრავ სითხის მოდელთან.

გამომდინარე აქედან, სითხის მოძრაობა მილსადენში წარმოდგენილია რიგი თავისებურებებით, რომლის საანგარიშო სქემა მოცემულია ნახ. 2.3.1.-ზე.



ნახ. 2.3.1. ნიადაგ-გრუნტის ფოროვანი სივრცის მილსადენში სითხის მოძრაობის საანგარიშო სქემა

საანგარიშო სქემის შესაბამისად წყლის კონსტრუქცია მილსადენის შიდა ზედაპირზე მას ანიჭებს კვაზი-მყარი სხეულის თვისებებს. მისი მოძრაობაში მოყვანის მიზნით აუცილებელია შესაბამისი საგრადიენტო შრის არსებობა.

გამომდინარე აქედან, მაღალი სიმკვრივის გამო გადაადგილებას-მოდრაობას შეიძლება ჰქონდეს რიგი თავისებურებები. ამოცანის გადაწყვეტის დროს ცოცხალ კვეთში წყლის მოძრაობა წარმოდგენილია კვაზი-მყარი სხეულის ანალოგიურად, ხოლო სითხის მოძრაობის კვაზი-მყარი სხეულის მოდელით აღწერის შემთხვევაში მოძრაობის განმსაზღვრელი პარამეტრების აღნიშვნები შემდეგი სახითაა წარმოდგენილი: r_0 მილსადენში მოძრავი გულის რადიუსი, r -მილსადენის შიგარადიუსი, ხოლო r_1 მილსადენის კედელზე ბმული წყლის კონსტრაქციის სისქე. ბმული წყლის თვისებიდან გამომდინარე, როცა $r_0 = r$, წყლის მოძრაობა მილსადენსა და მის განივ კვეთში წყდება. მილსადენში სითხის ასეთ პირობებში არსებობის შემთხვევაში ნიადაგ-გრუნტის წყალგამტარი არხები ფორმირებულია პასიურ ფორიანობად, არ ხდება ნიადაგის ტანში სითხის გადაადგილება, შეწყვეტილია წყლის მოწოდების შესაძლებლობა მცენარეზე. ისეთ შემთხვევაში, როცა $r_0 = 0$, წყალი მოძრაობს მთლიანი საგრადიენტო შრით და მცენარის წყალუზრუნველყოფა მილსადენის მთლიანი კვეთით მიმდინარეობს.

მიუხედავად იმისა, რომ ნიადაგ-გრუნტის ფორიანობა არ წარმოადგენს განმსაზღვრელ პარამეტრს მის ტანში განვითარებული მაკროპროცესების აღსაწერად, ფილტრაციული მახასიათებლების ხარისხობრივი მხარის შეფასების დროს იგი განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია. საყურადღებოა ნაწილაკებს შორის არსებულ მილსადენთა დიამეტრის ზომა და ფორმა, ურთიერთკავშირი, დანაწევრების ხასიათი, ჩაკეტილობა და სხვა. კვლევების მასალების ანალიზით აღნიშნულს ადასტურებს ფორიანობის დიფერენცირებული, კაპილარული ცნებები, რომელიც მის ტანში წყლის კატეგორიის ამა თუ იმ სახით არსებობას განსაზღვრავს. ბმული წყლით მილსადენის შევსების ხარისხის შესაბამისად აქტიური ფორიანობა შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს მოდელით:

$$m = \frac{\pi r^2 - \pi (r - r_0)^2}{\pi r^2}; \quad (2.3.1.)$$

პირველი დამოკიდებულების r_1 / r ფარდობის მიმართ ამოხსნის შემთხვევაში:

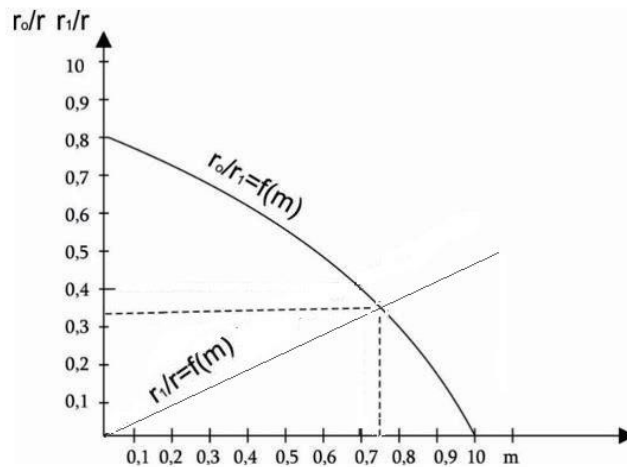
$$\frac{r_1}{r} = 1 - \sqrt{1 - m}. \quad (2.3.2.)$$

ბმული წყლით მილსადენის განივკვეთის შევსების ხარისხი

$$r_0/r = \sqrt{1-m} . \quad (2.3.3.)$$

ფორიანობის მაქსიმალური სიდიდე შეიძლება დადგენილი იქნას (2.3.2.) და (2.3.3.) განტოლებების გადაკვეთის წერტილით ან გრაფიკულად.

განტოლებების გრაფიკული გადაკვეთის წერტილის ილუსტრაცია მოცემულია ნახ. 2.3.2.-ზე.



ნახ. 2.3.2. გრაფიკული დამოკიდებულება $\frac{r_0}{r} = f(m)$ და $\frac{r_1}{r} = f(m)$

გრაფიკების გადაკვეთის წერტილს შეესაბამება ფორიანობის მნიშვნელობა $m = 3/4 = 0,75$.

ნიადაგ-გრუნტის ფილტრაციული შესაძლებლობები ფორიანობის სივრცის ზომებთანაა დაკავშირებული და არსებული მოდელების მიხედვით იზოლირებულ წყალჟონვად გარემოზე დაყრდნობითაა მიღებული. შესაბამისად, იზღუდება მიღებული საანგარიშო დამოკიდებულების გამოყენების ზღვრები. ფილტრაციული ფაქტორი, რადგან ლოკალური გრუნტების სისტემისათვის წყლის ბალანსის ფორმირებაში პერმანენტულად მონაწილე ფაქტორს წარმოადგენს, შეიძლება განმსაზღვრელ ფაქტორად იქნეს მიჩნეული მელიორაციული მახასიათებლების, კერძოდ, სარწყავი ნორმის შეფასების დროს.

ნიადაგ-გრუნტის სახესხვაობიდან გამომდინარე, მათ ტანში წყლის გადაადგილების პრობლემა მრავალ ურთიერთმართვადი ფაქტორის ფუნქციას წარმოადგენს. დინამიკურ ურთიერთკავშირში მყოფი ფაქტორების ფილტრაციის

აღწერაში გათვალისწინება ირიგაციის მაჩვენებლების გამოყენებით მცენარეთა წყალმოთხოვნილების პროდუქტიული წყლით ოპტიმალურად დაკმაყოფილების დროს საფუძველია სავეგეტაციო პერიოდში აუცილებელი ნორმის ნიადაგში მიგრაციის თავისებურებების.

სამელიორაციო დასაშრობ ან სარწყავ ფართობზე ხშირად ნიადაგით ტარდება სარწყავი წყალი დაწნევით ან უდაწნეოდ. დაწნევიანი მოძრაობის შემთხვევაში, როცა წყალი ნიადაგში r რადიუსის მქონე მილსადენების სისტემით გაედინება და იგი ერთმანეთის პარალელური ღერძების სისტემით არის წარმოდგენილი, გასატარებელი სითხე წყლისგან განსხვავებული კინემატიკურობის კოეფიციენტით ხასიათდება, ბმულობის შესაბამისი ექვივალენტური სიდიდეები დაწნევიანი მოძრაობის დროს წარმოდგენილია r_0 რადიუსით და h_0 სიდიდით ადგილობრივი სიჩქარის ცვლილება მილსადენის კვეთში წარმოდგენილია u სიდიდით და შერჩეულ კვეთებში წნევების ცვლილება გამოსახულია P_1 და P_2 სიდიდეებით, კვეთებს შორის მანძილი ტოლია l -ის, სითხის მოძრაობა შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს მოდელით. საანგარიშო დამოკიდებულებაში არანიუტონურობის $f(\beta)$ სიდიდის დადგენის მიზნით განიხილება მოძრაობის მოდელი

$$-\mu \frac{du}{dz} = \frac{P_1 - P_2}{2l} (r_1 - r_0) \psi \quad (2.3.4.)$$

სადაც μ არის ღვარცოფის სიბლანტის კოეფიციენტი (ნწმ²/სმ⁴);

U_x - საგრადიენტო შრეში ადგილობრივი სიჩქარის სიდიდე (მ/წმ);

r - მილსადენში მოძრავი ნაკადის რადიუსი და მისი მაქსიმალური სიდიდე (მ);

P_1 და P_2 - მილსადენის საწყის და საბოლოო კვეთებში მოქმედი წნევები (ნ/მ²);

l - სადაწნეო გვირაბის სიგრძე (მ);

r_0 - მოძრავი ნაკადის გულის სიდიდე (მ);

ψ - კოეფიციენტი და შინაგანი ხახუნის φ კუთხეზეა დამოკიდებული

$$\psi = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right).$$

არანიუტონური სითხის ნიადაგში დაწნევიანი მოძრაობის შემთხვევაში ხარჯის სიდიდე

$$Q = \frac{\Delta P \pi}{2\mu l} \psi^4 (r_1 - r_0)^2 \psi^4 \left[\left(\frac{r_0}{2} \right)^2 + \frac{(r_1 - r_0)^2}{3} \right], \quad (2.3.5.)$$

ბოლო სითხის მოძრაობის სიჩქარე

$$V = \frac{\Delta P}{2\mu l} \psi^4 \left[\frac{r_0^2}{2} + \frac{(r_1 - r_0)^2}{3} \right]. \quad (2.3.6.)$$

დაწნევიანი მოძრაობის ანალოგიურად, როცა ნაკადის სიღრმე h -ის ტოლია, უდაწნეო მოძრაობის შემთხვევაში ხარჯის სიდიდე

$$Q = \frac{\gamma i l^2}{2\mu} \psi^3 \left(1 - \frac{h_0}{h} \right)^2 \left(1 + 0,5 \frac{h_0}{h} \right) B, \quad (2.3.7.)$$

სითხის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე

$$V = \frac{\gamma i l^2}{3\mu} \psi^2 \left(1 - \frac{h_0}{h} \right)^2 \left(1 + 0,5 \frac{h_0}{h} \right). \quad (2.3.8.)$$

მიღებული (2.3.5.) (2.3.6.), (2.3.7.) და (2.3.8.) განტოლებების გარდაქმნების, დაშვებებისა და გამარტივების საფუძველზე საშუალო სიჩქარის საანგარიშოდ გამოყვანილია დამოკიდებულებები:

დაწნევიანი მოძრაობის შემთხვევაში

$$V = \frac{\gamma i l^2}{3\mu} \psi^2 \left[0,5 + \frac{r_0}{r} \left(1,25 \frac{r_0}{r_1} - 1 \right) \right]. \quad (2.3.9.)$$

უდაწნეო მოძრაობის დროს

$$V = \frac{\gamma i l^2}{3\mu} \psi^2 \left[1 - \frac{h_0}{h} \left(1,5 - 0,5 \frac{h_0}{h_1} \right) \right]. \quad (2.3.10.)$$

$f(\beta)$ -თი აღნიშნულია სიდიდეები:

დაწნევიანი მოძრაობის შემთხვევაში

$$f(\beta) = \psi^2 \left[0,5 + \frac{r_0}{r} \left(1,25 \frac{r_0}{r_1} - 1 \right) \right]. \quad (2.3.11.)$$

უდაწნეო მოძრაობის დროს

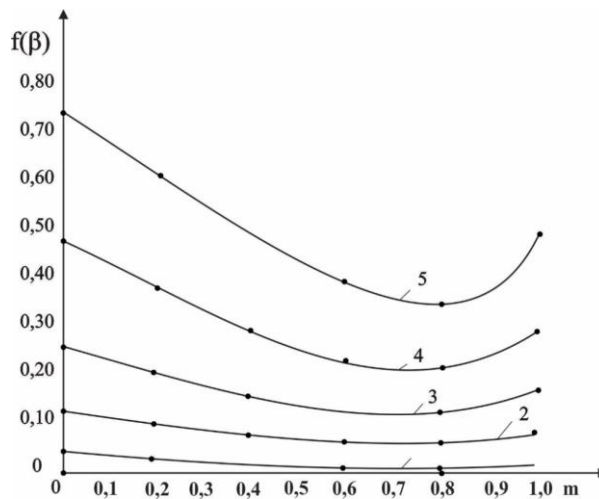
$$f(\beta) = \psi^2 \left[1 - 1,5 \frac{h_0}{h} + \frac{1}{2} \left(\frac{h_0}{h} \right)^3 \right]. \quad (2.3.12.)$$

სარწყავ მოწათმოქმედებაში ამა თუ იმ სასოფლო-სამეურნეო კულტურის რწყვის რეჟიმის მართვა, ნებისმიერი სარწყავის სახეობის გამოყენების შემთხვევაში, ფილტრაციული მახასიათებლების ფუნქციას წარმოადგენს.

სარწყავი ფართობის მილოვანი სისტემით წარმოადგენის შემთხვევაში, როცა ცალკეულ მილში ფილტრაციის საანგარიშოდ გამოყენებულია (2.3.9.) და (2.3.10.) დამოკიდებულებები, უდაწნეო მოძრაობის დროს სითხის პიეზომეტრული ზედაპირი ემთხვევა ფილტრაციული ნაკადის დეპრესიას და მასზე წნევა არ განიცდის ცვალებადობას.

ფილტრაციის სიჩქარის დადგენის დროს $f(\beta)$ სიდიდის გაანგარიშებები მოცემულია გრაფიკების სახით ნახ.2.3.3. და ნახ. 2.3.4.

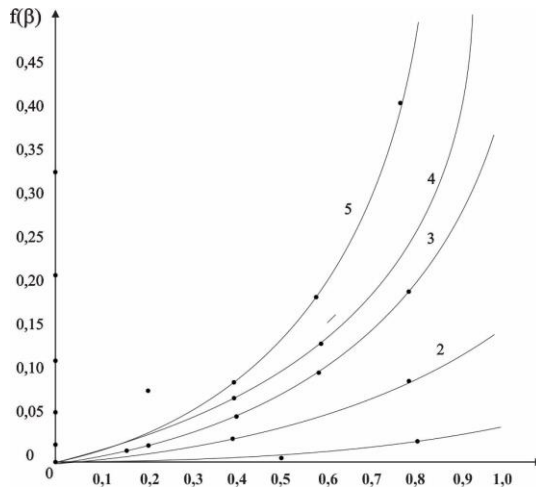
დაწნევიანი მოძრაობის გრაფიკი



ნახ. 2.3.3. გრაფიკი დამოკიდებულება $f(\beta) = f(m)$

1.ψ = 0, 2; 2.ψ = 0, 4; 3.ψ = 0, 6; 4.ψ = 0, 8; 5.ψ = 1, 0.

უდაწნეო მოძრაობის გრაფიკი



ნახ. 2.3.4. გრაფიკი დამოკიდებულება $f(\beta) = f(m)$

1. $\mu = 0, 2$; 2. $\mu = 0, 4$; 3. $\mu = 0, 6$; 4. $\mu = 0, 8$; 5. $\mu = 1, 0$.

როცა ფოროვან სისტემაში ტურბულენტური ფილტრაციაა, სითხის ფილტრაციის სიჩქარე

$$V = \sqrt{\frac{8gR^2I}{A}} f(\beta) \quad (2.3.13.)$$

ანალოგიურად ლამინარული ფილტრაციისა (2.3.13.) დამოკიდებულების გარდაქმნის საფუძველზე

$$V = A\sqrt{u_3} f(\beta), \quad (2.3.14.)$$

სადაც A ემპირიული კოეფიციენტი $A = \sqrt{2m}$.

ნაშრომში განხილული კვლევები წარმოადგენს წყლის მოძრაობის კერძო შემთხვევას ფოროვან გარემოში და მას, გარდა წყლის რესურსების მართვის ოპტიმიზაციისა და სხვადასხვა საინჟინრო საკითხის გადაწყვეტისა, განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს სარწყავ მიწათმოქმედებაში.

2.4. ზედაპირული რწყვის მათემატიკური მოდელი

ირიგაციისათვის საჭირო რაოდენობის წყლის ხარჯისა და მორწყვის ვადების პროგნოზი, ნიადაგში წყლის ჩაჟონვის გათვალისწინებით ერთ-ერთ აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს.

მიწათმოქმედებაში ტენის რეგულირების წყაროდ, როცა ზედაპირული წყლებია მიღებული, მცენარეზე წყლის მიწოდება ადგილმდებარეობის

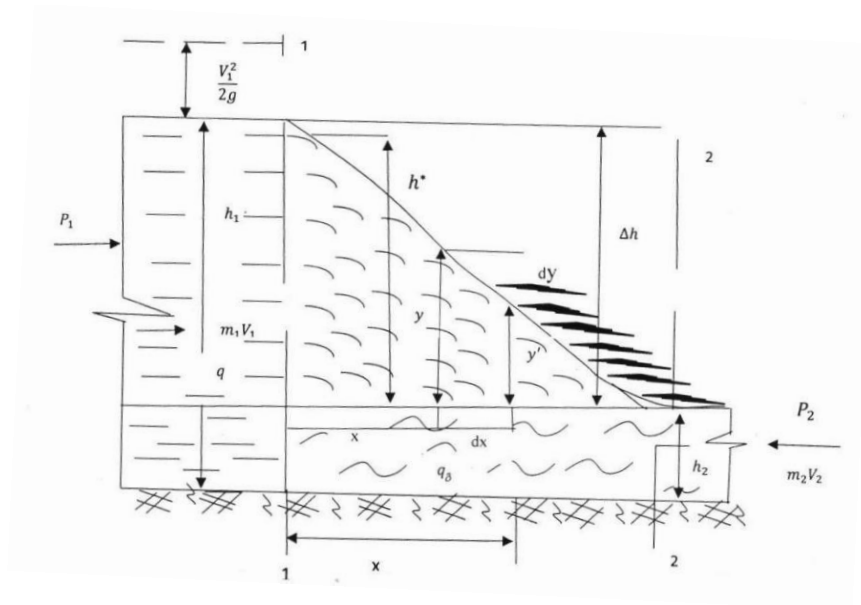
ჰიდროლოგიურ და კლიმატურ პირობებში გვალვიანობის ხარისხის შესაბამისად უნდა განხორციელდეს (საქართველოს სამეცნიერო გამოყენებით კლიმატური ცნობარი, 2020) (მელაძე გ, მელაძე მ., 2020, p. 58(31) (შავლიაშვილი ლ, კორძია გ, ინწკირველი ლ, ბუაჩიძე ნ, კუჭავა გ, ნასყიდაშვილი ნ, 2012, გვ. 176-183).

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 აპრობირებული მეთოდები, მეთოდოლოგია და განტოლებები შეიძლება იქნეს გამოყენებული (Гольдин Ф.В. , 1975, გვ. 12-18) (გაგელიძე ნ. ზაქარიაშვილი ნ. თხელიძე ა..., 2019) (გუბელაძე დ, ხარაიშვილი ო., 2018).

სარწყავი წყლის განაწილების თანაბრობის პირობიდან გამომდინარე, გადასაგდები ხარჯის ზოლის სიგძეზე გავრცელების პროგნოზით აუცილებელია დანაკარგის გარეშე მოხდეს სარწყავი ზოლის სიგრძის კორექტირება და მიწოდებული რწყვის ნორმების შეფასება და პროგნოზირება.

ზედაპირული მორწყვის დროს ძირითადი ნაწილი 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 შერჩევასთან არის დაკავშირებული. რწყვის პროცესში წყლის ნიადაგში ჩაჟონვის დროს მისი არარსებული სახიდან განსხვავებით ადგილი აქვს მოძრაობის სტაციონალურობის რღვევას, რაც დონის ნიშნულების ცვალებადობით ლებულობს გამოხატულებას, შესაბამისად, მოძრავი წყლის გრძივი პროფილი კარგავს წრფივი ფორმის სახეს და ტალღის სახით განიცდის ფორმირებას.

როცა წყლის მოძრაობის გრძივი პროფილი ტალღის სახითაა წარმოდგენილი, ამ უკანასკნელის ხარჯისა და დროის ნამრავლი წარმოდგენის შემთხვევაში საანგარიშო მოდელი შეიძლება ნახ.2.4.1.მოცემული სქემით იქნეს წარმოდგენილი.



ნახ. 2.4.1. სარწყავ ფართობზე წყლის გადადინების საანგარიშო სქემა ზედაპირული მორწყვის დროს

სარწყავი ფართობის მცირე ქანობის შემთხვევაში საანგარიშო სქემა ნახ. 2.4.1. - დან

h_1 და h_2 სიღრმეებს შორის დამოკიდებულება შეიძლება განსაზღვრული იქნეს მოძრაობის რაოდენობის კანონით

$$m_1 V_1 - m_2 V_2 = P_2 - P_1 \quad (2.4.1.)$$

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

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

V_1, V_2 - კვეთებში წყლის მოძრაობის საშუალო სიჩქარეები (მ/წმ).

გარე ძალების იმპულსების შეცვლით წნევის მასების ρ - სიმკვრივეებით გამოსახვით ხვედრითი q ხარჯისა და სიჩქარის განაწილების უთანაბრობის α კოეფიციენტით გამოხატვით გვექნება:

$$\frac{2\alpha q^2}{g} = h_1^2 h_2 + h_2^2 h_1, \quad (2.4.2.)$$

რადგან ტალღის დასაწყის კვეთში ნაკადის სიღრმე $h_1 = \Delta h + h_2$

$$\frac{2\alpha q^2}{g} = 2h_2^3 + 3\Delta h h_2^2 + \Delta h^2 h_2 \quad (2.4.3.)$$

(2.4.3.) დამოკიდებულების გარდაქმნებისა და გამარტივების საფუძველზე, როდესაც

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

$$\frac{2\alpha q^2}{g} \left(1 - \frac{q_3}{q}\right) \left(1 + \frac{q_3}{q}\right) = 3\Delta h_2^2 h_2 + \Delta h^2 h_2. \quad (2.4.4.)$$

ტალლის ზონაში შემოდინებული და გადადინებული ხარჯების ტოლობის შემთხვევაში, როცა $3\Delta h_2^2 + \Delta h^2 h_2 = 0$, გვექნება

$$h_2 = \frac{1}{3} \Delta h \quad (2.4.5.)$$

ასეთ პირობებში ზედაპირზე დარჩენილი ტალლის სიღრმე h^* , ანუ გადასაგდები ხარჯის სიმაღლე

$$h^* = \Delta h + h_2 = \Delta h + \left(-\frac{1}{3} \Delta h\right) = \frac{2}{3} \Delta h \quad (2.4.6.)$$

როგორც (2.4.6.) ტალლის სიღრმის დანაკარგის სიდიდეს თუ მივიჩნევთ ნიადაგის გატენიანების ნორმად, დინების პროცესის უცარი შეწყვეტის შემთხვევაში, ზონიდან მისი გადაგდების დროს წყლის ნაკადის სიღრმე ტალლის სიღრმის 2/3-ის ტოლი იქნება.

დანაკარგების გარეშე მორწყვის პროცესის ზოლის სარწყავი წყლის მოცულობა იქნება

$$W = X \cdot b \cdot \Delta h \quad (2.4.7.)$$

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

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{W}{tb} = \frac{Xb\Delta h}{tb} = \frac{\alpha Xn\Delta h}{t} \quad (2.4.8.)$$

შესაბამისად, გადადინებული და ნიადაგში ჩასაქონი წყლის ხარჯის სიდიდეები, კერძოდ, კი ფილტრაციული ხარჯი

$$q_3 = \frac{1}{3} \frac{\alpha X \Delta h}{t} \quad (2.4.8.)'$$

გადასაგდები ხარჯი

$$q_0 = \frac{2}{3} \frac{\alpha X \Delta h}{t} \quad (2.4.9.)$$

საანგარიშო სქემის შესაბამისად, როცა კვეთებში ხარჯების შესაბამისი საშუალო სიჩქარეების შემასწორებელ მახასიათებელ მოდელად არანიუტონურობის $f(\beta)$ სიდიდეა გათვალისწინებული, $V = chf(\beta)$ ხარჯის დამოკიდებულება სიჩქარის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი c –ს გათვალისწინებით

$$q = ch^2 f(\beta) \quad (2.4.10.)$$

სქემის შესაბამისად საანგარიშო კვეთების ხარჯებს შორის სხვაობა

$$yV_x - y'V'_x = -2ycf(\beta) \quad (2.4.11.)$$

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

$$q = \frac{\alpha X n \Delta h}{t} \quad (2.4.12.)$$

შერჩეული კვეთების ხარჯებს შორის სხვაობა

$$2cyf(\beta)dy = -\frac{1}{3} \frac{\alpha X n \Delta h X}{t} dx \quad (2.4.13.)$$

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

(2.4.13.) დამოკიდებულების ინტეგრირებით გვექნება

$$cy^2 f(\beta) = -\frac{n\alpha\Delta h x^2}{6t} + c^* \quad (2.4.14.)$$

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

შესაბამისად ,

$$cy^2 f(\beta) = -\frac{n\alpha\Delta h x^2}{6t} + c\Delta h^2 f(\beta) \quad (2.4.15.)$$

წყლის ნაკადის ხვედრითი ხარჯის X სიგრძეზე გატარების შესაძლებლობა შეიძლება შეფასდეს დაშვებით

$$cy^2 = -\frac{n\alpha\Delta h x^2}{6tf(\beta)} + c\Delta h^2 \quad (2.4.16.)$$

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

$$q = -\frac{n\alpha\Delta hx^2}{6tf(\beta)} \quad (2.4.17.)$$

ზოლის სიგრძე სარწყავ ფართობზე მისაწოდებელი წყლის ხარჯის შემთხვევაში

$$X = \sqrt{\frac{6qtf(\beta)}{n\alpha\Delta h}} \quad (2.4.18.)$$

ანალოგიურად გადინების დრო

$$t = \frac{n\alpha\Delta hx^2}{6qf(\beta)} \quad (2.4.19.)$$

(2.4.10.) დამოკიდებულებით, როცა სარწყავი ფართობის დასაწყისში წყლის ხარჯის სიდიდე $q = c\Delta h^2 f(\beta)$

$$cy^2 = \frac{n\alpha\Delta hx^2}{6tf(\beta)} + q \quad (2.4.20.)$$

$$y = \Delta h \sqrt{1 - \frac{n\alpha\Delta hx^2}{6qtf(\beta)}} \quad (2.4.21.)$$

ანალოგიურად სითხის თავისუფალი ზედაპირის q_x ხარჯის ცვლილება ზოლის გასწვრივ შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს განტოლებებით

$$q_x = q \left(1 - \frac{h\alpha\Delta hx^2}{2qtf(\beta)} \right) \quad (2.4.22.)$$

(2.4.22.) დამოკიდებულებით მარჯვენა ნაწილის ფრჩხილებში მოთავსებული გამოსახულება წარმოადგენს გადაგდები ხარჯის ნაწილს-პროცენტს. თუ ამ სიდიდეს ავლნიშნავთ Y_0 -ით, მაშინ

$$Y_0 = 1 - \frac{n\alpha\Delta hx^2}{6qtf(\beta)} \quad (2.4.23.)$$

წყლის მიწოდება ფართობზე, როცა გადინების გარეშე ხდება $Y_0 = 0$, (2.4.23.)

დამოკიდებულებიდან $\frac{n\alpha\Delta hx^2}{6qtf(\beta)} = 1$. ასეთ შემთხვევაში ფილტრაციული წყლის

გადინების სიგრძე, ე.ი. X დინების სიგრძე

$$X = \sqrt{\frac{2qtf(\beta)}{n\alpha\Delta h}} \quad (2.4.24.)$$

მორწყვის პროცესის სრულად წარმოჩენის მიზნით ნაშრომში განიხილება სხვადასხვა შემთხვევა.

მორწყვის ნორმის m -ის გათვალისწინებით

$$(1-x)m = M\Delta hx - (1-\alpha)\Delta\alpha hx = Mhx - hx + hx\alpha = \Delta hx(M + \alpha - 1) \quad (2.4.25.)$$

(2.4.25.) დამოკიდებულებაში როცა M სიდიდე $2/3$ -ის ტოლია:

$$l = x \frac{\Delta h}{m} \left(\alpha - \frac{1}{3} \right) \quad (2.4.26.)$$

სარწყავი წყლის გადინების სრული სიგრძე, როცა $\frac{1}{x} = n$

$$l = \frac{n}{n-1} \frac{\Delta h}{m} \left(\alpha - \frac{1}{3} \right) \sqrt{\frac{6qt f(\beta)}{n\alpha\Delta h}} \quad (2.4.27.)$$

მორწყვის ნორმის სიდიდე გადაგდების გარეშე, როცა ჩაჟონვის კოეფიციენტი, როცა k_0 -ით არის გამოსახული, შინაგანი ხახუნის კოეფიციენტი და ფორიანობა შესაბამისად წარმოდგენილია ψ და φ სიდიდეებით, მაშინ მორწყვის ნორმა N

$$N = \frac{nk_0}{\psi^2 t \left[1 - \sqrt{1-\varphi} (1,5\sqrt{1-\varphi} - 0,5) \right]} \quad (2.4.28.)$$

წყლის გადაგდების გარეშე ფართობის მორწყვის დროს ნეტო ნორმის სიდიდე

$$N_{\text{ნეტ.}} = \frac{k_0 t^{1-\varphi}}{f(\beta)} \quad (2.4.29.)$$

სადაც φ_1 დამოკიდებულია ნიადაგის სახეობაზე.

ბრუტო ნორმის სიდიდე

$$N_b = \frac{qt}{X'}, \quad (2.4.30.)$$

რადგან $\frac{qt}{X} = \frac{k_0 t^{1-\alpha}}{f(\beta)}$, წყლის ხარჯის ფართობზე მისაწოდებელი სიდიდე

$$Q = \frac{m\omega}{tf(\beta)} \quad (2.4.30.)'$$

მორწყვის პროცესში საირიგაციო ზოლის სიგრძეზე მოძრავი წყალი იცვლის ჰიდრავლიკას, რომლის შეფასების დროს გამოყენებულია ფილტრაციასა და ჰიდრავლიკაში აპრობირებული მეთოდოლოგია.

3. ნიადაგების ჰიდროფიზიკური მახასიათებლების საველე– ლაბორატორიული კვლევა

3.1. სარწყავ მიწათმოქმედებაში ირიგაციის მოკლე ანალიზი

საქართველოში მიწების მორწყვას დიდი ისტორიული წარსული აქვს. სამელიორაციო ფართობების ექსპლუატაციიდან გამომდინარე, თანამედროვე სოციალურ–ეკონომიკური გარდაქმნის პროცესი სარწყავად გამოყენებული წყლის როგორც ნორმების ეფექტური დაცვით გამოყენებას, ასევე არსებული სისტემის მდგრადობის რესურსების ამალგებას საჭიროებს.

სარწყავი მიწათმოქმედების განვითარების უსაზღვრო რესურსის მიუხედავად, წყლის ირიგაციაში დაბალი ტექნოლოგიებით განაწილების გამო სასოფლო–სამეურნეო ფართობების დიდი ნაწილი გამოყენებულ და დაუმუშავებელ მდგომარეობაში ყოფნასთან ერთად განიცდის ტენიანობის დეფიციტს. ბუნებრივ–კლიმატური პირობების სხვადასხვა მასშტაბებით მიწათმოქმედებაზე ზემოქმედებას და ირიგაციული მელიორაციის დაბალი დონის მიუხედავად ნიადაგის პოტენციალიდან გამომდინარე მაინც ადგილი აქვს ბოსტნეულის, ხილის, მარცვლეულის წარმოებას. როგორც ირიგაციაში სარწყავად მიწოდებული წყლის ანალიზით იკვეთება სარწყავი სისტემიდან საშუალო ფაქტობრივი წყალმოწოდება 1 ჰა–ზე სადღეისო მონაცემებით შეადგენს 55,6 %. აღნიშნული 3–ჯერ ჭარბობს სარწყავად მიწოდებული წყლის საჭირო სიდიდეს. აღნიშნულიდან გამომდინარე, აშკარაა საირიგაციო სისტემის ეფექტიანობა. ამასთან ერთად სარწყავი ფართობების ტენიანობის შესწავლის ანალიზი სარწყავ ფართობზე მისი გადანაწილების თანაბრობის სურათი არ პასუხობს მაღალ რისკებს. აღნიშნული ნიადაგ–გრუნტში წყლის მიგრაციის როგორც ანომალურობით, ისე მათ ტანში მრავალსახეობის არსებობითაა გამოწვეული. სადისერტაციო ნაშრომში კვლევები, რომელიც ირიგაციის პრობლემას ეხება სარწყავ ფართობზე წყლის მიწოდების საანგარიშო მახასიათებლების გაანგარიშების მეთოდოლოგიის სრულყოფასა და ნიადაგით წყლის შთანთქმის შესაძლებლობების შეფასების საანგარიშო პარამეტრების დაზუსტებაზეა ორიენტირებული.

ნიადაგის ტენის ენერგეტიკის ცვლილება ისეთ შემთხვევაშია მოსალოდნელი, როცა მისი მიწისქვეშა წყლების ჰიდრავლიკის ცვლილებასა და ტენის მდგრადობის რღვევას აქვს ადგილი. ნიადაგის სტრუქტურული ცვლილება მისი ფორმის ცვლილებაზე დახარჯულ ენერგიასთანაა დაკავშირებული და სარწყავი წყალი ასეთ შემთხვევაში ზედაპირული მორწყვის პროცესში ტალღის ფორმით ყალიბდება.

ნიადაგ-გრუნტის ტენის რეგულირების პროცესის შეფასების დროს ფილტრაციული ნაკადის დინამიკასთან ერთად აუცილებელია ნიადაგის ფოროვანი სივრცის გეომეტრია იყოს შესწავლილი. მოვლენის სირთულიდან გამომდინარე, წყალჟონვადობის მახასიათებლების შესწავლას, მიწისქვეშა წყლების ჰიდრავლიკასა და ნიადაგ-გრუნტის გეომეტრიას შორის კავშირის დამყარებას, საანგარიშო დამოკიდებულებების სრულყოფას უამრავი სამეცნიერო ნაშრომი მიეძღვნა.

განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობს და მნიშვნელოვანია კვლევების ის სერია, რომელიც მიწისქვეშა წყლების ფორმირებასთანაა დაკავშირებული.

ზედაპირული მორწყვის დროს სარწყავი წყლის ჰიდრავლიკის შესწავლა და პროცესის შეფასება განსაკუთრებულ მიდგომებს და ოპერატიული საშუალებების შერჩევის აუცილებლობასთანაა დაკავშირებული. უამრავი ურთიერთმართვადი ფაქტორის პროცესში მონაწილეობის გამო ბოლო დროის კვლევის მონაცემებით წნევის ცვლილების განმსაზღვრელ კრიტერიუმად მოძრაობის სიჩქარეა გამოყენებული.

სადღეისო მდგომარეობით ნიადაგ-გრუნტში სითხეების დინების შესწავლის მიზნით განსხვავებული მეთოდი და მეთოდოლოგიაა გამოყენებული, ხოლო ეფექტურობის დაზუსტების მიზნით მრავალი ექსპერიმენტი და თეორიული კვლევაა გამოყენებული. აქედან გამომდინარე, არსებული კვლევის მასალებით წყალჟონვადობის მახასიათებლების დაზუსტებას აქვს, როგორც საგანმანათლებლო, ისე სამეცნიერო დატვირთვა.

კვლევები, რომელიც ნიადაგების წყალჟონვადობაზეა ორიენტირებული, დაგეგმილია საკვლევო ფაქტორების სიდიდეების კავშირების იმიტაციით და მოქმედი ფაქტორების მოდელების ადაპტაციით მოვლენასთან.

ძირითად შესასწავლ ფაქტორზე მოქმედი კავშირების დამყარება მოვლენის კიბერნეტიკული წარმოდგენით არის მიღებული, ხოლო საძიებო სიდიდეების შესწავლა ცნობილი მეთოდებითა და მეთოდოლოგიის გამოყენებითაა დაგეგმილი.

ნიადაგ-გრუნტებში წყლის სხვადასხვა კატეგორიებად ფორმირების გამო მის ტანში არსებულის გადაადგილების ჰიდრავლიკა განსხვავებული ოპერატიული საშუალებების გამოყენების აუცილებლობას საჭიროებს. ნიადაგის ტანის ფოროვან სივრცეში წყლის გადაადგილება ან მოძრაობის შეწყვეტა ნაკადის მდგომარეობის რღვევასთანაა დაკავშირებული. მოვლენა კრიტიკულობით მაშინ არის გამორჩეული, როცა ნიადაგის მილოვანი სისტემის რადიუსი ბმული წყლის რადიუსის ტოლია.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ნიადაგების ტენის რეგულირების დროს ყურადღებას იპყრობს ისეთი შემთხვევები, როცა გატენიანების წყაროდ მინერალიზებული წყლებია გამოყენებული.

მილოვანი სისტემის რადიუსის ბმული წყლის რადიუსთან ტოლობის განმსაზღვრელ ფაქტორად და მიგრირებული წყლის შემფოთების შესაბამისად, ზემოთ აღნიშნულთან ერთად, ფოროვანი სივრცის გეომეტრიული ცვლილება შეიძლება იქნეს გამოყენებული.

ფილტრაციულ ნაკადში შემფოთების ზონის შეფასების ოპერატიულ საშუალებებად უმეტესწილად კერძო წარმოებულნი დიფერენციალური განტოლებებია გამოყენებული, რომელთა ამოხსნის ოპერატიულ საშუალებებად წნევის, მოცულობის, სიმკვრივის ან სხვა ფაქტორების ცვლილებების ამსახველი დამოკიდებულებებია გამოყენებული.

მიწისქვეშა წყლების შესწავლის სირთულიდან გამომდინარე, ფოროვან სივრცეში მათი ქცევის შეფასების მეთოდოლოგიის შერჩევა უამრავ დაშვებებთანაა დაკავშირებული. უხეშ დაშვებათა შორის ფოროვანი სივრცის საკონტაქტო სიბრტყეში სიჩქარისა და წნევის მნიშვნელობების მუდმივობა და პროცესის აღწერის შემთხვევაში შეიძლება ერთ-ერთად მექანიკის კანონების იგნორირება იყოს მიღებული.

სითხის მოძრაობის მდგომარეობის რღვევის, თავისუფალი ზედაპირის უწყვეტი ან საფეხურებისებრი ფორმით ჩამოყალიბების, განმსაზღვრელ

კრიტერიუმად წყლის ფორმირებული ზედაპირის ამპლიტუდა შეიძლება იყოს მიჩნეული.

როგორც მიწისქვეშა წყლების ჰიდროფიზიკის შესწავლით იკვეთება, ბუნებრივად განსხვავებული ნაკადების ანალიზური მეთოდებით საინჟინრო ოპერატიული საშუალებების გამოყვანის აუცილებლობა ექსპერიმენტულ კვლევებთანაა დაკავშირებული (ნათიშვილი ო, ტულუში გ, ცუცუნაშვილი ო, გიორგაძე ს, 1986).

მდგრადობის რღვევის შესაძლებლობაზე ნათელი წარმოდგენის დროს მეცნიერებათა დარგებიდან, კერძოდ, ქიმიიდან, ფიზიკიდან, ზოოლოგიიდან, ჰიდრომექანიკიდან უამრავი სახის მაგალითი შეიძლება იყოს მოყვანილი.

ერთ-ერთ ასეთ მაგალითად შეიძლება დასახელებული იქნეს ჯერ კიდევ 1992 წელს ა.მ. ლიაპუნოვის მიერ მოცემული და ფორმირებული დიფერენციალურ განტოლებათა ამოხსნის კრიტერიუმები.

როცა სარწყავი წყლის მცირე ამპლიტუდიანი ტალღის ფორმით მოძრაობას აქვს ადგილი, მათი ენერჯის შეფასება მცირე ამპლიტუდის ტალღების თეორიით არის შესაძლებელი, ანალოგიური მიდგომები შეიძლება ადაპტირებული იქნეს ზედაპირული მორწყვის პროცესზე.

მიწისქვეშა სითხის მოძრაობა, როცა არის ნელცვლად დროში და პროფილის სიმრუდის ცვლილება ძალზე მცირეა, ასეთ შემთხვევაში წინააღდეგობის ძალების განსაზღვრა ცნობილი ფორმულების გამოყენებით წარმოებს. შესაბამისად, დიფერენციალურ განტოლებათა ინტეგრირება სირთულეებთანაა დაკავშირებული.

ზედაპირული მორწყვის პროცესის შეფასების სირთულე ხშირად ფართობის მინერალიზებული წყლებით, მორწყვითაც არის გამოწვეული და მათი სტაციონალურობის რღვევის შესაძლებლობა ნიადაგის ზედაპირზე და მასში ჩაჟონვის დროს დინების განსაკუთრებულ შემთხვევებს შეესაბამება. ასეთ პირობებში მყოფი სარწყავი წყალი ხასიათდება რეჟიმების ცვლილებით და ძრობის არამდგრადობით. აღნიშნული მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს სარწყავ პროცესსა და ფართობზე წყლის რესურსების ოპტიმალური გადანაწილების შესაძლებლობაზე.

საექსპერიმენტო-სადიებო ფაქტორის მოქმედთან კომპიუტერული იმიტაცია და ადაპტაცია, სადიებო ფაქტორის მოქმედთან კავშირის დამყარება, საანგარიშო დამოკიდებულების გამოყვანა, შედარება ექსპერიმენტით დაფიქსირებულ სიდიდესთან ცნობილი სტანდარტული მეთოდების გამოყენებითაა დაგეგმილი.

მორწყვის ტექნიკის ელემენტების გაანგარიშების თანამედროვე მოდელები გამონაკლისის გარდა მელიორაციული სისტემების პრაქტიკაში დღესაც ემყარება ფილტრაციის ხაზოვან კანონზე დაყრდნობილ მოდელებს.

ყველა მოდელით ზედაპირული მორწყვის პარამეტრების ფორმულირება ნიადაგ-გრუნტის მინერალური ნაწილაკების შორის საშუალო დიამეტრთანაა დაკავშირებული, რომლის სიდიდე მარცვლების ზომის 20 %-ით არის განსაზღვრული (შავლიაშვილი ლ, კორძაია გ, ინწკირველი ლ, ბუაჩიძე ნ, კუჭავა გ, ნასყიდაშვილი ნ, 2012, გვ. 176-183).

მორწყვის პროცესის სრულყოფილი მოდელის შექმნა და მცენარის დაკნინების გარეშე ბიოლოგიური პროცესების მართვა, ნიადაგ-გრუნტების სპეციფიკური ჰიდროფიზიკური თვისებებისა და ფილტრაციულ-კაპილარული ანომალიების ფორმულირება სრულყოფილი მრავალმხრივი ანალიზის საფუძველზეა შესაძლებელი. აღნიშნული წარმოდგენილი ნიადაგის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებათა კომპლექსთანაა დაკავშირებული.

აღნიშნულის დასტურს რწყვის პროცესის შეფასების საანგარიშო ფორმულებით ერთი და იმავე პირობებისათვის მიღებული საკმაოდ განსხვავებული შედეგები წარმოადგენს, რომელიც ნიადაგის დამუშავების ხარისხით შეიძლება იქნეს ახსნილი.

სარწყავად გამოყენებული წყლის ზედაპირის ფორმირებაში გავლენას ახდენს ფართობის ქანობი, ხორკლიანობა, ნიადაგის ფიზიკურ-ტექნიკური მახასიათებლები, დანაპრალის ხარისხი, მცენარეული საფარი და სხვა. გამოყენებული ზედაპირული მორწყვის შესაბამისად, რომელიც ზოლებად, კვლებში მიშვებით და დაწვიმებით მორწყვის სახეებით არის ცნობილი, შეფასების ოპერატიულ საშუალებებად ჰიდრაულიკური განტოლებებია მოცემული, რომელთა გამოყენების ზღვრების დაზუსტებას მნიშვნელოვანი როლი აქვს მათი ეფექტურობის შეფასებაში.

სარწყავი ფართობებიდან გამომდინარე, მოძრავი ნაკადის ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობა, ზედაპირული ჩამონადენის ფორმირება, ძირითადი ჰიდრომექანიკური და მორფომეტრიული მახასიათებლების გავლენა ნიადაგში წყლის ჩაჟონვასა და ფილტრაციაზე მნიშვნელოვანია რწყვის პროცესის ეფექტურობის შეფასებაში.

3.2. ნიადაგ-გრუნტების წყლოვანი რეჟიმის ჰიდრო და აგრომეტეოროლოგიური ფაქტორები

სადისერტაციო ნაშრომის შესაბამისად, საკვლევ ობიექტად კოლხეთის დაბლობის ერთ-ერთი რეგიონი იქნა შერჩეული, სადაც ეფექტური სამელიორაციო ღონისძიებების შემუშავების მიზნით ექსპერიმენტული კვლევები ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 30-იანი წლებიდანაა დაფიქსირებული.

ამ მიმართულებით მნიშვნელოვან და ნაყოფიერ მეცნიერულ შედეგებს წარმოადგენს საცდელ-სამელიორაციო სადგურის შემდგომში ჩაისა და სუბტროპიკული ინსტიტუტის კოლხეთის ფილიალის, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის, საქართველოს სახელმწიფო აგრარული უნივერსიტეტის ნიადაგმცოდნეობისა და მელიორაციისა და სხვა სამეცნიერო კვლევითი დაწესებულებების მიერ წარმოებული კვლევები. კვლევის პრიორიტეტს სასოფლო-სამეურნეო ეფექტებსა და ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლებაზე სამეცნიერო მიმართულების გავლენა იყო პრიორიტეტი. კლიმატური პირობების მიხედვით საკვლევ ობიექტი მაღალი საშუალო წრიული ტემპერატურით, ატმოსფერული ნალექების სიუხვით, ჰაერის მაღალი შეფარდებითი ტენიანობით, სხვადასხვა სიძლიერისა და მიმართულების ქარებით არის ცნობილი.

კოლხეთის დაბლობში ნალექების საშუალო წლიური რაოდენობა ზღვის სანაპირო ზოლის სამხრეთი ნაწილისათვის შეადგენს 2100-2300 მმ-ს; ცენტრალური ნაწილში - 1600-1800 მმ; ჩრდილოეთ რაიონებში - 1200-1400 მმ; დაბლობის აღმოსავლეთის ნაწილში მისი მნიშვნელობა 1200-1600 მმ-ია. წვიმის ხანგრძლივობა საშუალოდ 4-7 დღე-ღამით მერყეობს, ფიქსირებულია ისეთი

შემთხვევებიც, როცა დაბლობზე წვიმის ხანგრძლივობა 10-12 დღე-ღამითაც არის წარმოდგენილი.

კოლხეთის დაბლობის გატენიანების კოეფიციენტი წელიწადის დროებთანაა დაკავშირებული. შესაბამისად, ზამთარში მისი მნიშვნელობა 2,1-2,5-ის, გაზაფხულზე - 0,9-1,4-ის, ზაფხულში - 0,7-1,8, ხოლო შემოდგომაზე 1,7-2,3-ის ფარგლებშია მოთავსებული.

ცალკეულ მშრალ პერიოდში დაფიქსირებულია ისეთი შემთხვევები, როცა გატენიანების კოეფიციენტის მნიშვნელობა მნიშვნელოვნად მცირდება, ხოლო ტენიან წლებში ადგილი აქვს ისეთ შემთხვევებსაც, როცა ეს მაჩვენებელი 2-ჯერ იზრდება.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ცალკეულ მშრალ წლებში, პერიოდების მიხედვით კლიმატური პირობების ცვლილებებს განსაკუთრებული გავლენა აქვს მელიორაციული საკითხის გადაწყვეტის დროს.

ჰიდროლოგიური ქსელის - მდინარეთა უმრავლესობა დაბლობის გავლით უერთდება შავ ზღვას. აღნიშნულის საფუძველზე მდინარეთა შორის განლაგებულია სასოფლო-სამეურნეო მასივები. ამ მხრივ სადისერტაციო ნაშრომში საცდელად შერჩეული კვლევის ობიექტი განეკუთვნება მდინარეთა ენგურ-ხობს შორის მასივზე განთავსებულ სამელიორაციო ფართობს. მდინარეთა ჰიდროლოგიური რეჟიმი სხვა ფაქტორებთან ერთად ზღვით შექმნილი პირობებითაა განსაზღვრული და დაბლობების მელიორაციულ მდგომარეობასთანაა უშუალოდ დაკავშირებული. აღნიშნულის გავლენა მნიშვნელოვანია ნიადაგების მდგრადობაზე.

კოლხეთის დაბლობის ნიადაგზე პირველი კვლევები მოცემულია დ. გედევანიშვილის ნაშრომში და მის მიერ შემუშავებულია კოლხეთის დაბლობის ნიადაგების კლასიფიკაცია (გუბელაძე დ, ხარაიშვილი ო., 2018) (ნათიშვილი ო, ტულუში გ, ცუცუნაშვილი ო, გიორგაძე ს , 1986).

დაბლობის ნიადაგური საფარი გამორჩეულია სიჭრელით, მელიორაციული ღონისძიებების გატარება სირთულეებთანაა დაკავშირებული. შესაბამისად, საინჟინრო მელიორაციის საკითხების ტექნიკური გადაწყვეტის მაღალი ეფექტების მისაღებად გათვალისწინებული უნდა იქნას კვლევის შედეგებით მიღებული სპეციფიკური თავისებურებანი. კოლხეთის დაბლობის აკუმულაციის ზონაში

ალუვიური ნაფენების გრანულომეტრიული შედგენილობა მრავალფეროვნადაა წარმოდგენილი და მარცვლების სიმსხო მთებთან მიახლოების ზონაში თანდათან იზრდება.

ნიადაგების ტენიანობის განმსაზღვრელ ერთ-ერთ ძირითად ფაქტორად ატმოსფერული ნალექების ინტენსივობა და დროში გადანაწილებაა მიჩნეული.

მელიორაციულ შეფასებასა და რიგი საინჟინრო ღონისძიებების გეგმარებაში უპირატესობა იმ ფაქტორთა სახეებზეა ორიენტირებული, რომელთა საველე პირობებში რაოდენობრივად განსაზღვრა მარტივად არის შეფასებული და უგულვებელყოფილია ინტერესი, რომლებიც განსაკუთრებული სპეციფიკური ანარეკლებითაა წარმოდგენილი.

სადისერტაციო ნაშრომში ზედაპირულ-მოლეკულურ ეფექტების საანგარიშო პარამეტრი წარმოდგენილია განსხვავებული რეოლოგიური ინდექსებით, რაც გარკვეულ ცვლილებას იწვევს, როგორც ჩამონადენის ფორმირებაში, ისე ნიადაგ-გრუნტში ფილტრაციულ-კაპილარული პროცესების ფორმირებაში.

დაბლობის ნიადაგების შესწავლიდან გამომდინარე იკვეთება მათ ტანში წყლის ჟონვადობაზე მოქმედი უამრავი ურთიერთმართვადი ფაქტორი, რომელთა შორის განსაკუთრებულობით გამორჩეულია ძვრის საწყისი წინააღმდეგობა, სიბლანტე, ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტი და სხვა.

ნიადაგში წყალშთანთქმაზე განმსაზღვრელ ფაქტორს მოქმედი ძალური ინტენსივობა, ფოროვანი სივრცის აქსონომეტრია, მისი სტრუქტურული სივრცის რეოლოგია და სხვა მახსიათებლები წარმოდგენს.

სარწყავ-პროდუქტიული წყლების მოცულობა, ხარჯი, წყალჟონვადობა, ფილტრაცია, წყალშთანთქმის შესაძლებლობა სითხის მოცულობით მასასა და სიბლანტესთანაა დაკავშირებული. აქედან გამომდინარე, ფილტრაციის რეინოლდსის რიცხვისა და ჰიდრავლიკურ წინააღმდეგობას შორის კავშირზე მრავალი ექსპერიმენტია ჩატარებული, შესაბამისად, λ ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტის დროს, რეინოლდსის რიცხვის ცვლილების ზღვრები ნიადაგ-გრუნტებისათვის მიღებულია უტოლობით $7,5 \leq Re_r < 9,0$.

ნიადაგით წყლის შთანთქმის შესაძლებლობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ფორებში არსებული ჰაერისა და წყლის აწევის ძალები. ასეთ შემთხვევაში

ნიადაგ-გრუნტში არსებული წყალი გვევლინება, როგორც დისპერგატორი. იგი გარკვეულ გავლენას ახდენს გამკვრივების ჯდომის პროცესზე. წარმოადგენს იონური გაცვლის აქტიურ არეს; მონაწილეობს კოაგულაცია-კრისტალიზაციის რეაქციაში, არის მცენარის საკვები, განმსაზღვრელია მდგრადობის, შებმულობის, თავისუფლების ხარისხის.

ბშირია შემთხვევა მიწათმოქმედებაში, როცა ბუნებრივად არსებული მისი პოტენციალი ვერ პასუხობს მცენარის ზრდა-განვითარების საჭირო პირობებს და ადგილი აქვს, როგორც ჰაერის უკმარისობა-სიჭარბეს, ისე პროდუქტიული წყლით უზრუნველყოფის და დაუკმაყოფილებლობის შემთხვევებს.

დაბლობი მსუბუქი და უსტრუქტურო სახის ნიადაგებითაა გამორჩეული. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია წყლის გრუნტის ნაწილაკებთან შებმულობა. მათ ნიადაგ-გრუნტში კატეგორიების არსებობის შესაფასებლად შეიძლება გამოყენებული იქნეს ა.ფ. ლებედევის, ვ. ი. ბიუქსის, მ.ა. კაჩინსკის, ს.ე. დოლოგვის, ა.ა. როეს შემოთავაზებული მოდელები.

არსებული მდგრადობით ნიადაგ-გრუნტში მის ნაწილაკებზე წყლის ერთზე მეტი შრის არსებობაა დასაბუთებული, რაც ნათლად ადასტურებს პოლიმოლეკულური შრეებისა და წყლის კატეგორიების განსხვავებული სისქეებით არსებობას.

კოლხეთის დაბლობის ნებისმიერი სასოფლო-სამეურნეო ფართობის ნიადაგ-გრუნტის საინჟინრო მელიორაციული მდგომარეობა ტენიანობის მახასიათებლებთანაა დაკავშირებული. მათი სწორად განსაზღვრა შეუძლებელია ნიადაგ-გრუნტში მცენარისათვის მიუწვდომელი და მისაწვდომი პროდუქტიული წყლის სწორი პროგნოზის გარეშე და მიწათმოქმედების აქტუალურ ამოცანად რჩება.

3.3. ნიადაგ-გრუნტების წყალჟონვადობის მახასიათებლები საცდელ-ექსპერიმენტული ფართობის მაგალითზე

სარწყავ მიწათმოქმედებაში მორწყვის ეფექტურობის შეფასების ოპერატიული საშუალებების უმრავლესობა ექსპერიმენტებზე დაყრდნობითაა მიღებული.

სადისერტაციო ნაშრომის საველე ლაბორატორიული კვლევის მიზანს არა მხოლოდ საანგარიშო დამოკიდებულებების გამოყენა და არსებული თეორიული მოსაზრებების შემოწმება, არამედ არსებული სამშენებლო ნორმებისა და წესების დაზუსტების სრულყოფა წარმოადგენს.

სარწყავ მიწათმოქმედებაში ნიადაგის ტენის მართვა და სასოფლო-სამეურნეო კულტურებზე უდანაკარგო მიწოდება ცალკეული ნიადაგის წყალჟონვადობის, გრანულომეტრიის, მდგრადობის შესაძლებლობებზეა დაკავშირებული. ამასთან ერთად სარწყავი ნიადაგის ენერგეტიკას უშუალოდ განსაზღვრავს მისი პოტენციალი.

ექსპერიმენტული კვლევა საცდელ ფართობზე არსებული ნიადაგ-გრუნტის კომპლექსურ შესწავლას, ფიზიკურ სიდედეთა განმსაზღვრელი პარამეტრების დადგენას მიეძღვნა.

დინამიკური პროცესების გათვალისწინებით ექსპერიმენტების კვლევის დროს გამოყენებულია დამატებითი ფაქტორების როლის გავლენა ნიადაგში მიმდინარე პროცესების სპეციფიკურობაზე. შესაბამისად, კვლევის საკითხთა ნუსხა საცდელ პოლიგონზე ნიადაგების საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების შესაბამისი ლითოროგიული ჭრილებიდან აღებული ნიმუშის შესწავლის მასალებზეა დაფუძნებული, როგორც საველე, ისე ლაბორატორიის პირობებში.

სარწყავი მიწათმოქმედების თანამედროვე ტექნიკა, რეალობიდან გამომდინარე, ვერ პასუხობს ფართობზე წყლის თანაბრად განაწილების შესაძლებლობებს და ნიადაგის სიჭრელისა და ზედაპირის დამუშავების ხარისხისაგან გამომდინარე სირთულეებთანაა დაკავშირებული. აღნიშნულს კიდე უფრო ამძაფრებს ზედაპირულ-კაპილარული მოვლენების ანომალურობა და ოპერატიული გაანგარიშების მოდელების შექმნის სირთულე.

სარწყავი მიწათმოქმედების პრაქტიკიდან გამომდინარე, სადღეისო მონაცემებით რწყვის მრავალი სახეობაა აპრობირებული. მათი ეფექტურობა მრავალი ექსპერიმენტით და თეორიული კვლევებითაა განსაზღვრული.

სარწყავ მიწათმოქმედებაში წყლის ფართობზე თანაბარი გადანაწილების და მოძრავი ნაკადის ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის სიდიდეზე ნიადაგის მახასიათებლებისა და ჰიდროფიზიკური მაჩვენებლებით შეფასების მიზნით შერჩეული იქნა სამელიორაციო ფართობი ჩხოროწყუს რაიონ სოფელ მუხურში,

რომლის გეგმა და სამელიორაციო მდგომარეობა ფოტომასალაზეა ასახული. ფოტომასალებიდან გამომდინარე, სარწყავი მიწათმოქმედების სამელიორაციო ამოცანების გადაწყვეტა ეჭვგარეშეა, რის გამოც ყოველი კონკრეტული ექსპერიმენტის წარმოება ერთმანეთისაგან განსხვავებული მეთოდის გამოყენებასთანაა დაკავშირებული. ლითოლოგიური ჭრილების გენეტიკური შრეებიდან აღებული საცდელი ნიმუშების ფიზიკურ-ტექნიკური ჰიდროფიზიკური მახასიათებლების განსაზღვრის მიზნით გამოყენებული იქნა ნიადაგმცოდნეობაში აპრობირებული მეთოდები.

აღნიშნულთან ერთად ნიადაგ-გრუნტების ზოგიერთი მაჩვენებლების განსაზღვრისა და შეფასების დროს ცდები განხორციელდა სპეციალურად კონსტრუქციულ ხელსაწყოზე. კვლევის მიზანს ნიადაგების ჰიდროფილურობის, წყალტევადობის, ფილტრაციის ნაკადის ენერგეტიკაზე წინააღმდეგუნარიანობის შესწავლა და შედეგების რაოდენობრივი სიდიდეების განსაზღვრა წარმოადგენს.

საცდელ ობიექტად შერჩეული სამელიორაციო ფართობებიდან აღებული ნიადაგის ნიმუშები იქნა გამოყენებული. კვლევები ტარდებოდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ნიადაგების ლაბორატორიაში.

ნიადაგ-გრუნტების ფილტრაციულ-კაპილარული მახასიათებლების შესწავლის, ნიადაგის სტრუქტურის ფილტრაციულ მახასიათებლებთან კორელაციის, შემადგენელი ნაწილაკების გადაადგილების, ნიადაგის სტრუქტურის წყლის მოძრაობასა და ჰიდრავლიკურ წინააღმდეგობაზე გავლენის არსებულისაგან განსხვავებულობა, ნაწილაკებს შორის არსებული სიცარიელით სასაზღვრო შრის შევსების, მორწყვის რეჟიმზე აქტიური ფორიანობის გავლენის შეფასების მიზნით გამოყენებული იქნა ჰიდრავლიკურ ღარზე ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევები (Алексев Г.А. , 1971, გვ. 363) (Шенк X , 1972, გვ. 382)

წყალჟონვადობის მახასიათებლებისა და ნიადაგის ფიზიკურ-მექანიკური მუდმივობის დადგენის მიზნით ექსპერიმენტული ფართობის მელიორაციამდე არსებული და ცდისათვის მოსამზადებელი ნიადაგის გამოსაცდელი ნიმუშების ნაკვეთიდან აღების პროცესი და მელიორაციული მდგომარეობით მისი თანამედროვე სახე მოცემულია 3.3.1.-ზე.

ჩვენს მიერ საცდელ პოლიგონზე აღებულ ნიმუშების მიღებული მონაცემების დამუშავებით დადგინდა ნიადაგში წყლის ჩაჟონვა და ფილტრაცია, შესაბამისად განისაზღვრა ფილტრაციის კოეფიციენტი

სურათი 3.3.1



ნიადაგ-გრუნტში წყალჟონვადობა და ფილტრაცია დისპერგაციის ხარისხსა და მინერალოგიურ ჰეტეროგრაფიული შემადგენლობის ტანში წყლის სხვადასხვა სახის კატეგორიების ფორმირების შესაძლებლობებთანაა დაკავშირებული. ნიადაგ-გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებიდან გამომდინარე, მის ტანში წყალჟონვადობის პროცესი მიმდინარე მიკროპროცესების კანონზომიერებასთანაა დაკავშირებული.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, იგი ცალსახა კავშირშია ფილტრაციულ და წყალჟონვადობის მახასიათებლებთან. შესაბამისად, პროცესის რაოდენობრივი შეფასების ინტეგრალური პარამეტრები, რიგ შემთხვევაში, ნიადაგების კატეგორიებთან კავშირებში დიფერენცირებულ შესწავლასთანაა დაკავშირებული. მას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს, როგორც თეორიული, ასევე პრაქტიკული თვალსაზრისით.

საცდელი პოლიგონის აბსოლუტურად მშრალი ნიადაგების ყველა ნიმუშისათვის დამახასიათებელია მოცულობითი წონის მატება, რომლებიც აღებულია 0,7 მ-ის სიღრმის ჭრილიდან. მისი სიდიდის მატება შეიმჩნევა გარკვეულ ტენიანობამდე. აქვე იკვეთება ცვლილების არასწორხაზოვანი სახე და ერთი და იმავე მოცულობითი წონის პირობებში ტენიანობის ერთმანეთისაგან

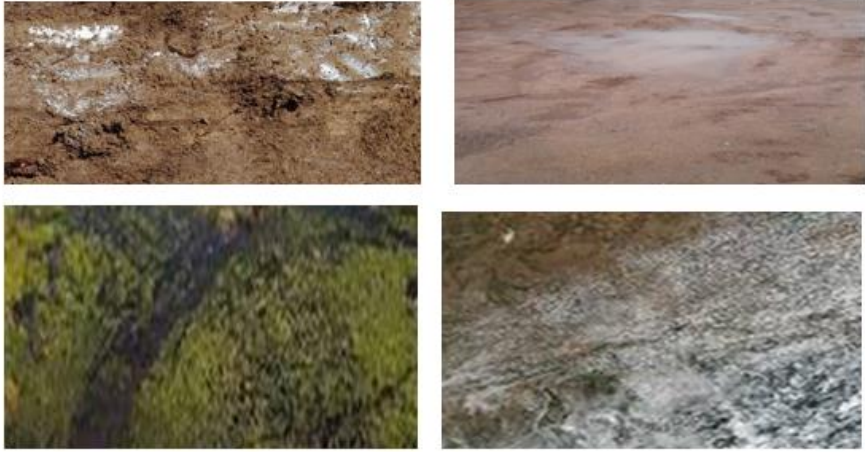
განსხვავებული ორი მნიშვნელობა. აღნიშნული ფორიანობის სხვადასხვა მნიშვნელობაზე მიუთითებს, რაც მოკლებულია ყოველგვარ საფუძველს. თუმცა ასეთი ფაქტის არსებობა არ წარმოადგენს მოულოდნელობას და ერთი და იმავე ტენიანობის პირობებში შესაძლებელია ფოროვანი სივრცის სხვადასხვა წყალშევსებას ჰქონდეს ადგილი. ამიტომ ტენიანობის პირობებში ცდომილების თავიდან აცილების მიზნით მნიშვნელოვანია თუ რომელ მის მნიშვნელობაზეა მოცულობით წონა განსაზღვრული, მაქსიმუმის მარჯვნივ თუ მარცხნივ. წარმოდგენილ პარამეტრს მნიშვნელოვანი როლი აქვს, როგორც განმსაზღვრელ პარამეტრს წყალშევსების ხარისხში. ამასთან ერთად მაღალი ტენიანობის დროს იქმნება ისეთი სურათი, რომ ჩონჩხის მოცულობითი წონა თითქოს მცირდება, რაც სინამდვილეში ასე არ არის და ასეთ მოცულობით წონას არ განსაზღვრავს ფორიანობა. შესაბამისად, ფოროვან სივრცეში მოქცეული წყალი შეიძლება განხილული იქნეს, როგორც ბმული წყლის კატეგორია.

ფილტრაციულ-კაპირალური მახასიათებლების ძირითადი პარამეტრების დადგენა ლაბორატორიულ პირობებში მიმდინარეობდა, სტანდარტული მეთოდის გამოყენებით საცდელი პოლიგონიდან აღებული ნიმუშების საფუძველზე. ყველა ექსპერიმენტი და კვლევა დაკავშირებული ფილტრაციულ პროცესებთან ხორციელდებოდა დარსის მეთოდის გამოყენების საფუძველზე. ნიადაგ-გრუნტების კვლევების პროცესში შეიმჩნეოდა ფილტრაციულ-ხაზოვანი კანონიდან გადახრა. იგი ვერ აკმაყოფილებდა არანიუტონური სითხეებისათვის დამახასიათებელი წინააღმდეგობის კანონის ზღვრებს.

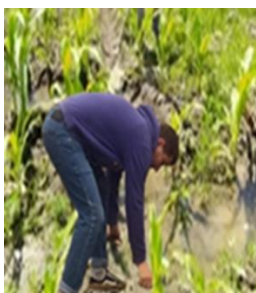
საცდელი პოლიგონიდან ნიადაგების წყალჟონვადობის, ფილტრაციული პროცესების, ზღვრული წყალტევადობის, მაქსიმალური მოლეკულური ტენის, მოცულობითი წონის, გრანულომეტრიის შედგენილობის ლაბორატორიულად განსაზღვრის ფოტომასალა მოცემულია სურათზე 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4, 3.3.5, 3.3.6, 3.3.7, 3.3.8, 3.3.9.

საცდელი ლაბორატორიული ნიმუშების აღება განხორციელდა საცდელ ფართობზე სპეციალურად მოწყობილ შურფზე. შურფზე აღებული ჭრილის ნიმუშების აღწერასა და მოცემულია სიღრმეზე განაწილების სურათი საცდელი პოლიგონის ძველი სახე 3.3.2. (დამლაშებული დაჭაობებული)

სურათი 3.3.2.



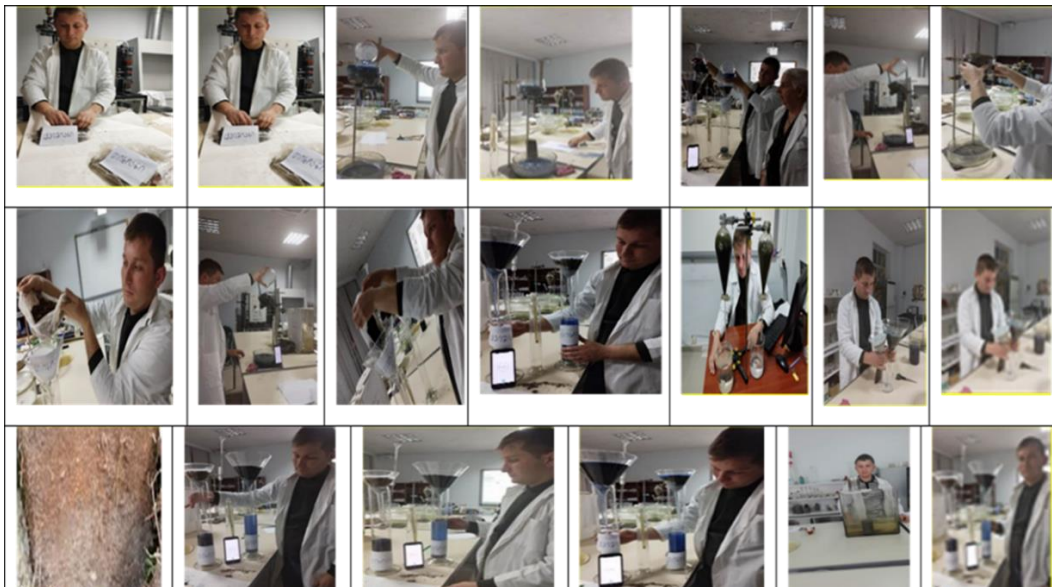
ნაკვეთის მომზადება ერთ წლის შემდეგ - სურათი 3.3.3.



დღეს საცდელი პოლიგონი სურათი 3.3.4.



ჩაჟონვის და ფილტრაციის პროცესი - სურათი 3.3.5.



ნიადაგის ზღვრული წყალტევადობის განსაზღვრა საველე მეთოდით -სურათი 3.3.6.



მაქსიმალური მოლეკულური ტენი - სურათი 3.3.7.



ნიადაგის მოცულობითი წონის განსაზღვრა - სურათი 3.3.8.



ნიადაგის გრანულომეტრიული შედგენილობის განსაზღვრა პიპეტის და საცრების მეთოდით (მშრალი)- სურათი 3.3.9.



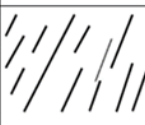
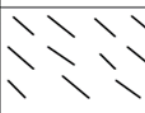


მორფომეტრიული ნიშნით გამოყოფილი შრეები ძირითადად გალულების ხარისხითაა ერთმანეთისაგან განსხვავებული.

წარმოდგენილი ნიადაგების სტრუქტურული თავისებურება მათი მცირე აგრეგატებად დანაწევრებითაა წარმოდგენილი. შესაბამისად, ნიადაგის აგრეგატები და ხვრელები, როგორც წესი, ემსახურებიან წყლის გრავიტაციულ გადაადგილებას.

ცალკეული ელემენტარული ნაწილაკები, რომლითაც იქმნება ნიადაგის ძირითადი მასა, წარმოდგენილია ქვიშა-ქვიშნარით, მსუბუქი თიხნარით და თიხნარით.

ნახ.3.3.1 ფართობზე მოწყობილ შურფზე ნიადაგების ლითოლოგიური ჭრილი

ნიმუშის ადების სიღრმეები (სმ)	ნიადაგების გავრცელების სიღრმეები		პირობითი ნიშანი
0+00 0-16 16-32	0+15 0+40	ქვიშნარი	
		თიხნარი	
32-48 48-64	0+60	თიხნარი	
64-100	0+100	თიხა	

ჭრილებიდან აღებული ნიმუშებზე ჩატარებული იქნა ცდები, რომლის საფუძველზე შედგენილ იქნა ფიზიკურ-ტექნიკური მახასიათებლების კლასიფიკაციური ნიმუშების, კერძოდ, ჰიდროფიზიკური მახასიათებლების ცხრილი 3.3.1.

კვლევები განხორციელდა, როგორც უშუალოდ საველე პირობებში, ისე სტუ-ს ნიადაგების ლაბორატორიაში.

კვლევები მოიცავდა საკვლევი ნიადაგ-გრუნტის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების დადგენას.

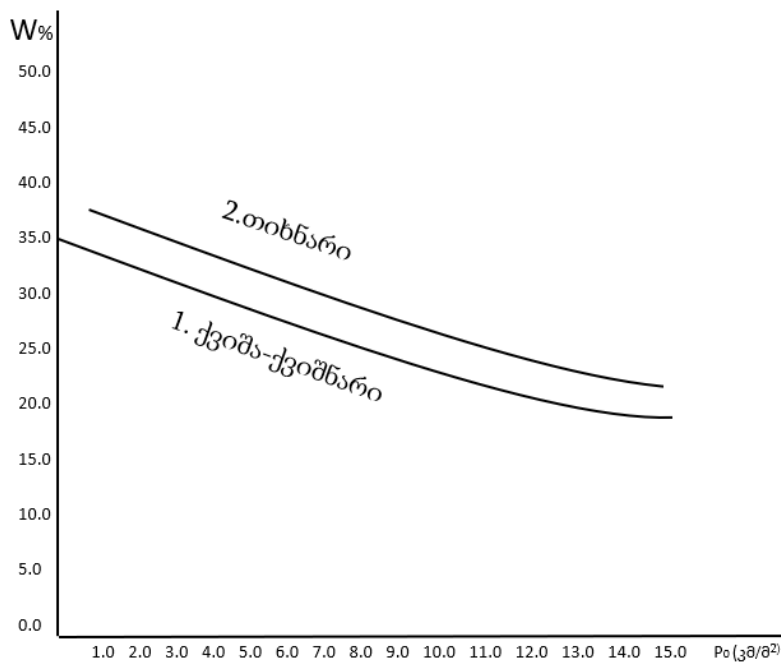
ნიადაგ-გრუნტებში წყლის კატეგორიები მრავალი სახითაა წარმოდგენილი. მათი ნიადაგ-გრუნტებთან შებმულობა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მცენარის ზრდა-განვითარებაზე.

საკვლევი ნიადაგების ლაბორატორიული კვლევის შედეგები ცხრილის სახითაა მოცემული

ცხრილი 3.3.1. - საცდელი ნაკვეთიდან აღებული ნიმუშები ნიადაგების ტექნიკური მახასიათებლების ცხრილი

ნიმუშის აღების სიღრმე სმ	მოცულობით წონა სმ3	კუთრი წონა	მაქსიმალური ტენიანობით %	ფილტრაციის კოეფიციენტი	ზღვრული წყალტევადობა წონით %
0-16	1,12	2,5	14,01	0,000423	4213
16-32	1,28	2,49	15,66	0,00061	3679
32-48	1,31	2,47	13,98	0,00090	3588
48-60	1,34	2,42	11,04	0,000876	3354

გამოწოვის ძალის ტენიანობასთან კავშირის გრაფიკული დამოკიდებულება. ნახაზი 3.3.2.



ნიადაგ-გრუნტის ტიპის, მექანიკური შედგენილობის შესაბამისად წყლის შებმულობის მექანიზმი და ძალები ხასიათდება საერთო კანონზომიერებით. მათი მაჩვენებლები ერთგვარი გარდატეხის ზონით და ზღვრების შუალედი (1-5) კგ/მ²-ის ფარგლებში განთავსებული. ბმული ძალების და ტენიანობის რაოდენობრივი ცვლილება შებმულობის ძალებთან არაპროპორციულ დამოკიდებულებაშია.

ბმულობის ძალების ზრდა წყლის შემცველობის შემცირებასთანაა დაკავშირებული და ფორიანობის, ტენიანობის რაოდენობრივ მაჩვენებლებს შორის განსხვავება შეადგენს $(1 \div 21)\%$ -ს. იგი წარმოადგენს ენერგეტიკულ ტოლფასოვან მახასიათებელს და წყლის კატეგორიებს შორის ზღვრულ მონაკვეთადაა მიჩნეული.

ნიადაგ-გრუნტის მიერ წყლის ენერგეტიკის რაოდენობრივი სიდიდე წყლის სხვადასხვა კატეგორიის ნიადაგ-გრუნტის შებმულობასთანაა დაკავშირებული. ყურადღებას იპყრობს შებმულობის ძალების მრუდები, რომლის გარდატეხვის მიხედვით ხდება მჭიდროდ ბმული წყლის არსებობის შეფასება, რაც ღუნეში გადასვლის ზონით არის განპირობებული. ნიადაგის ტენიანობასა და გამოწოვის დაწნევას შორის კავშირის სურათის ნათლად წარმოდგენის მიზნით საცდელი ნაკვეთიდან აღებული ნიადაგების ტენიანობის მიხედვით მოცემულია ამ სიდიდის გაწოვის ძალებთან დამოკიდებულების გრაფიკები.

მიწათმოქმედებაში ნიადაგების ერთმანეთისაგან დიამეტრულად განსხვავებულობა, მცენარეთა ზრდა-განვითარებაზე ზემოქმედების თავისებურება, ლაბორატორიაში მოვლენის მოდელირება სირთულეებთანაა დაკავშირებული არანიუტონურობის განმსაზღვრელი ფაქტორების ზემოქმედების ანომალურობის გამო. ამასთან ერთად, რწყვის რეგულირების მიზნით შერჩეული მორწყვის სახეები ისეთი პარამეტრებით უნდა იყოს შერჩეული, რომელიც გავლენას არ მოახდენს მიწათმოქმედების წარმართვის შესაძლებლობაზე. ნიადაგების სიჭრელე და სარწყავ მიწათმოქმედებაზე ჰიდროფიზიკის მახასიათებლების გავლენა მიზნობრივი ექსპერიმენტების წარმოების დროს ერთმანეთისაგან განსხვავებული მეთოდის გამოყენებასთანაა დაკავშირებული. სადისერტაციო ნაშრომის დაგეგმილი ლაბორატორიული კვლევები ნიადაგ-გრუნტის ჰიდრო-ფიზიკური მახასიათებლების ირიგაციაზე ზემოქმედების ეფექტურობის შესწავლაზეა ორიენტირებული და მიღებული შედეგებით არსებული საანგარიშო მოდელების სრულყოფას ითვალისწინებს.

ლაბორატორიული კვლევების მე-2 სერია ეფუძნება შესასწავლი γ ობიექტის კიბერნეტიკული წარმოდგენის შავ ყუთს, რომელზედაც მოქმედი ფაქტორები X_1 , X_2 , ..., X_n -ის სახითაა წარმოდგენილი. მათი მნიშვნელობის განსხვავებული

სიდიდით ექსპერიმენტში მონაწილეობის შესაძლებლობის გამო გათვალისწინებულია მსგავსება და უშუალო ზემოქმედება ობიექტზე, რაც თავისთავად ცდების წარმოების მთელ პროცესში მოქმედი ფაქტორის მუდმივი დონის შენარჩუნებაზე მიუთითებს. მისი მართვადობის შესაძლებლობას აადვილებს ისეთ შემთხვევაში, როცა იგი სხვა ფაქტორის ფუნქციას წარმოადგენს (ნათიშვილი ო, ტულუმი გ, ცუცუნაშვილი ო, გიორგაძე ს , 1986) (Алексев Г.А. , 1971) (Шенк X , 1972).

ცდების წარმოების დროს ფაქტორთა ცალკეულ მნიშვნელობებს, რადგან შეესაბამება რეაქცია-გამოძახილი, მისი შეფასების აღწერის მიზნით გამოყენებულია მათემატიკური მოდელი ალგებრული პოლინომების სახით.

$$y = \psi(X_1, X_2, X_3 \dots X_n) \quad (3.3.1.)$$

ალტერნატიული დამოკიდებულების მოდელი ფაქტორებთან კავშირში შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს დამოკიდებულებით

$$y = \varphi(X_1, X_2, X_3 \dots X_n) \quad (3.3.2.)$$

ჩატარებული ექსპერიმენტით შესასწავლი ფაქტორის მათემატიკური მოდელის აგების დროს განმსაზღვრელ ორიენტირად ცდების მინიმალური რაოდენობით წარმოება და მიღებული შედეგების რეალურთან ადეკვატირება უნდა იქნეს გათვალისწინებული.

ექსპერიმენტით მიღებულ შედეგებსა და გამოძახილებს შორის კავშირის დიდი სიმრუდის შემთხვევაში გათვალისწინებულია ფაქტორების ცვლილება-ვარირება.

საანგარიშო სიდიდის ფაქტორებთან კავშირის აღწერის ოპერატიულ საშუალებად მოდელად გამოყენებულია გრაფიკული დამოკიდებულებები, ხოლო საძიებო გამოძახილის სიდიდის შეფასების მიზნით მოდელი

$$\lambda = A(h/d, I/i, V/V_3) \quad (3.3.3.)$$

მოდელებით მიღებული შედეგების ექსპერიმენტულ სიდიდეებთან ადეკვატურობის მიზნით უმცირეს კვადრატთა მეთოდის გამოყენების საფუძველზე სრულფასოვანი საანგარიშო მოდელია წარმოდგენილია.

გამოძახილის საძიებო სიდიდის საშუალო მნიშვნელობა გეგმის V წერტილში

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum_{i=1}^n o\lambda_i}{r_v} \quad (3.3.4.)$$

თავისუფლების ხარისხის 1-ით შემცირებული მნიშვნელობის დროს $f = r_v - 1$ პარალელურ ცდებში, როცა ერთ-ერთი შედეგი, (მაგალითად $(r+1)$ -ის) მნიშვნელოვნად განსხვავდება დანარჩენისაგან, საჭიროა იგი შემოწმდეს რომანოვსკის კრიტერიუმით, რომელიც t -ს სხვადასხვა მნიშვნელობის დროს მოცემულია ცხრილის სახით. დანარჩენ საძიებელ სიდიდეთა საშუალო მნიშვნელობა და დისპერსია განისაზღვრება ფორმულით

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{r} \quad (3.3.5.)$$

$$s^2 \{y\} = \frac{\sum_{i=1}^n (\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{r-1} \quad (3.3.6.)$$

მიღებული ფორმულით გაანგარიშებულ სიდიდეებსა და ექსპერიმენტით მიღებულ შედეგებს შორის გადახრა როცა არ აღემატება 15 %-ს, იგი დასაშვებია საინჟინრო პრაქტიკისათვის.

წარმოდგენილ (3.3.3.) მოდელში:

h/d - სარწყავი წყლის ნაკადის სიღრმის ფარდობა ნიადაგ-გრუნტის ნაწილაკის დიამეტრთან;

$V/V_{\text{გ}}$ - სარწყავი წყლის ნაკადის საშუალო სიჩქარის ფარდობაა ნიადაგში ჩაჟონილი წყლის ფილტრაციის სიჩქარესთან.

I/i -მომრავი ნაკადის ჰიდრავლიკური ქანობის ფარდობაა სარწყავი ფართობის ზედაპირის ქანობთან.

ლაბორატორიული ღარი, რომელზედაც განხორციელდა დაგეგმილი ექსპერიმენტების წარმოება სქემის სახით სურათი 3.3.3.-ზე არის მოცემული.

ჰიდრავლიკური ღარის მონაცემები შემდეგი სახითაა წარმოდგენილი:

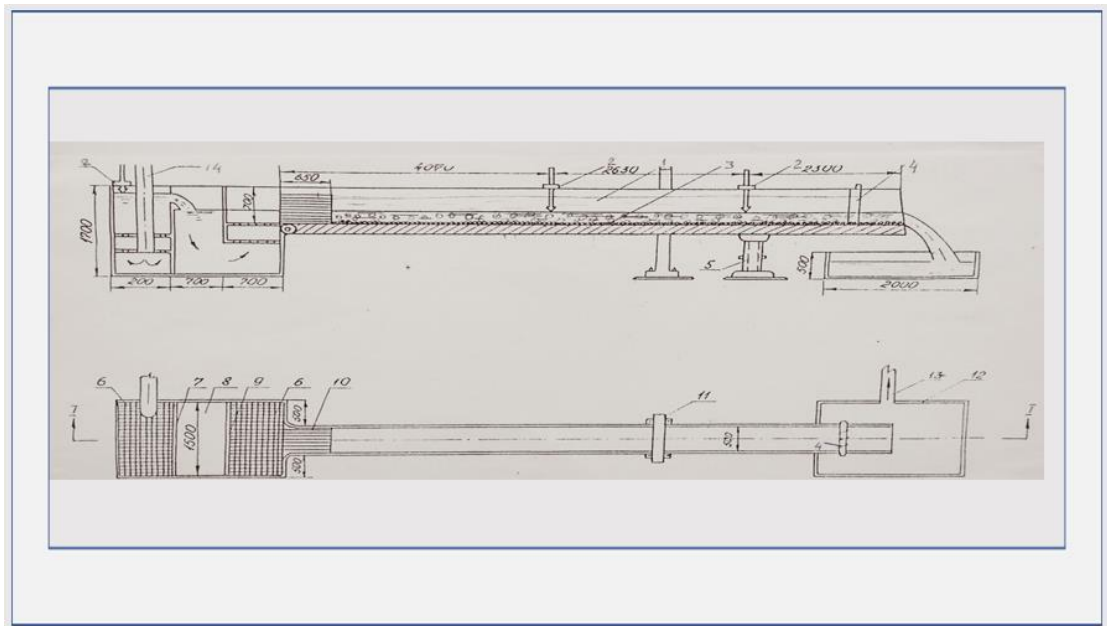
1. ჰიდრავლიკური ღარის სიგრძე $L=9,0$ მ;
2. ჰიდრავლიკური ღარის სიგანე $B=0,5$ მ;
3. ჰიდრავლიკური ღარის სიმაგრე $H=0,7$ მ.

საექსპერიმენტო ღარი, რომელზედაც ხორციელდებოდა ნიადაგ-გრუნტების ექსპერიმენტული გამოცდა, წარმოდგენილი იყო სწორკუთხა კვეთის ფორმით, სიგრძით – 9 მეტრი, სიგანით - 0,5 მეტრი და სიმაღლით - 0,7 მეტრი. ღარის გვერდითი კედლები წარმოდგენილი იყო ორგანული მილით, რომელიც გრუნტის ნაწილაკების გადაადგილებაზე ვიზუალური დაკვირვების საშუალებას იძლეოდა.

ჰიდრავლიკური ღარის მუშაობა წარმოდგენილია შემდეგი პრინციპით: ჰიდრავლიკური ღარის სქემა ნახ.3.3.3. მილი (14)-დან წყლის (6) ენერჯის ჩამქრობი ბადის გავლის შემდეგ სამკუთხა წყალსაშვით (7) გადაედინება (8) რეზერვუარში და (10) დამაწყნარებელი ავზით ხვდება ღარზე, ღარიდან წყლის გადაედინება ხდება (12) რეზერვუარში და ბრუნდება უკან სისტემაში. წყლის დონის გაზრდის დროს მუშა მონაკვეთზე, რომლის სიგრძე შეადგენს 2,63 მეტრს, წყლის დონის გაზრდის მიზნით საწყის და ბოლო მონაკვეთში განთავსებული იყო სპეციალური ნემსები.

წყლის თავისუფალი ზედაპირის დაცემის თავიდან აცილების მიზნით ღარის ბოლოს მოწყობილი იყო ფარი (4), ხოლო ღარის ქანობის ცვლილება ხორციელდებოდა (5) დომკრატის მეშვეობით. ღარის ვიზრაციის გამორიცხვის მიზნით იგი გამაგრებულია (11) შტანგებით. ხარჯის ფიქსაცია ღარზე ხორციელდება (7) წყალსაშვით, რომელიც დაყენებულია ღარის დასაწყისში.

ცდები მიემდგნა ღარის ძირის სიგრძეზე, დაყრილი დახარისხებული ქვიშების გავლენას ჰიდრავლიკურ წინააღმდეგობაზე. ნაწილაკების განლაგება საცდელი ღარის ფუძეზე დიამეტრის მიმდევრობით შემდეგი სახით არის მოცემული $d=0,37 \cdot 10^{-3} \text{ მ}$; $d_2=0,75 \cdot 10^{-3} \text{ მ}$; $d_3=2,45 \cdot 10^{-3} \text{ მ}$; $d_4=4,25 \cdot 10^{-3} \text{ მ}$; $d_5=5,75 \cdot 10^{-3} \text{ მ}$.



ნახ. 3.3.3. 1. ჰიდრავლიკური ღარი; 2. წყლის სიღრმის საზომი ნემსები; 3. დახარისხებული ქვიშის ნაწილაკების დაყრილი ფენა; 4. ჟალუზი; 5. დომკრატი; 6. ენერჯის ჩამქრობი; 7 სამკუთხა წყალსაშვილი; 8. რეზერვუარი; 9. ბადე; 10. დამაწყნარებელი ავზი; 11. შტანგა; 12. წყალგამშვები რეზერვუარი; 13. გამშვები მილი; 14. წყლის მიმყვანი მილი

ექსპერიმენტები ტარდებოდა შემდეგი მიმდევრობით. პირველ რიგში ღარის მთელს სიგრძეზე ეწყობოდა ქვიშის საკვლევო ფენა. მასშტაბის მეშვეობით იზომებოდა ღარის ძირის ქანობი, რის შემდეგ ხდებოდა ღარში წყლის საშუალო სიჩქარის და ჰიდრავლიკური მახასიათებლების განსაზღვრა. ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრილის სახით, ხოლო ცდებით მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილ 3.3.2–ზე.

ცხრილი 3.3.2.- საცდელ ღარზე ჩასატარებელი ექსპერიმენტის საწყისი მონაცემები

N	წყლის სიღრმე ღარში h სმ	სველი პერიმეტრი X სმ	ცოცხალი კვეთის ფართობი სმ ²	ჰიდრაული რადიუსი R სმ	წყლის საშუალო სიჩქარე სმ/წმ	ნიადაგ-გრუნტის მუშადგენელი ნაწილაკების დიამეტრი d 10 ⁻² სმ	ნიადაგ-გრუნტის შორის სისქე H სმ	ფილტრაციული ნაკადის სიჩქარე Vფ 10 ⁻² სმ/წმ	წყლის ზედაპირის ქანობი	ტალღის გავრცელების სიჩქარე სმ/წმ
1	6,8	23,6	0,68	0,34	27,21	0,037	2,0	0,0281	1,5	81,43
2	8,9	27,6	0,89	0,31	31,3	0,037	2,0	0,0281	5,10	98,33
3	6,5	23,0	0,65	0,354	36,50	0,037	2,0	0,0281	2,18	79,81
4	8,5	27,0	0,85	0,312	30,32	0,037	2,0	0,0281	3,38	91,26
5	10,5	21,34	1,05	0,203	36,70	0,037	2,0	0,0281	3,62	101, 43
6	9,7	29,4	0,97	0,303	32, 19	0,0075	2,0	0,0682	2,66	97,97
7	11,7	33,4	1,17	0,285	35,57	0,0075	2,0	0,0682	4,61	97,47
8	5,9	21,8	0,59	0,369	25,26	0,0075	2,0	0,0682	4,61	75,68
9	8,7	27,4	0,87	0,315	30,67	0,0075	3,0	0,0682	10,53	92,00
10	11,1	32,00	1,11	0,29	34,30	0,0075	3,0	0,0682	3,27	102,9
11	8,2	26,40	0,82	0,32	29,78	0,245	2,0	0,321	7,71	89,32
12	11,5	30,0	1, 15	0,28	25,26	0,245	2,0	0,321	11,10	105,78
13	6,1	23,2	0,61	0,38	25,68	0,245	3,0	0,321	6,95	77,04
14	8,5	27,0	0,85	0,38	30,32	0,245	3,0	0,321	10,10	90,96
15	10,5	31,0	1,05	0,317	33,64	0,245	3,0	0,321	11,10	101,07
16	10,5	31,0	1,05	0,295	33,78	0,425	2,0	0,612	9,33	101,10
17	6,5	23,0	0,65	0,354	26,51	0,425	4,0	0,612	11,10	79,53
18	6,1	22,2	0,61	0,361	25,68	0,425	4,0	0,612	17,10	77,04
19	5,4	20,8	0,54	0,385	24,26	0,425	5,0	0,612	19,20	72,48
20	5,6	21,2	0,56	0,38	24,61	0,425	5,0	0,612	21,70	73,83
21	7,5	25,0	0,75	0,333	28,48	0,425	5,0	0,612	21,80	85,44
21	6,9	23,8	0,69	0,345	27,58	0,575	2,0	0,928	7,35	82,74
22	8,6	26,3	0,86	0,306	30,48	0,575	2,0	0,928	14,80	81,44
23	10,4	30,8	1,04	0,296	33,53	0,575	2,0	0,928	11,70	100,59
24	4,9	19,8	0,49	0,404	23,02	0,575	3,0	0,928	8,90	69,05
25	7,6	25,2	0,76	0,330	28,67	0,575	3,0	0,928	25,30	86,00

ცხრილი 3.3.3. - ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის λ კოეფიციენტის ცდებით მიღებული შედეგები

მონაცემები ფარდობით სიდიდეებში			
წყლის ნაკადის სიღრმის შეფარდება ნიადაგ-გრუნტის ნაწილაკის დიამეტრთან h/d	საშუალო სიჩქარის ფარდობა ფილტრაციის სიჩქარესთან V/V _ფ	ჰიდრავლიკური ქანობის ფარდობა ფუძის ქანობთან I/i	ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტი λ
17	18	19	
183,78	971,8	0,0042	0,026
240,54	1111,78	0,0159	0,0234
165,67	946,8	0,0058	0,026
229,73	1082,85	0,00999	0,024
283,78	1310,71	0,0068	0,038
129,73	471,99	0,0091	0,0219
156,00	521,55	0,02095	0,0164
78,67	376,38	0,025	0,0279
116,00	449,70	0,0099	0,024
148,00	520,93	0,0066	0,069
33,26	92,77	0,024	0,025
46,90	109,84	0,0524	0,022
24,89	80,00	0,018	0,025
34,69	94,45	0,0336	0,028
42,85	104,95	0,0487	0,024
24,70	55,19	0,0298	0,022
15,29	43,31	0,030	0,0260
14,35	41,96	0,050	0,028
12,70	39,48	0,048	0,029
13,19	40,21	0,055	0,028
17,64	46,53	0,062	0,055
12,00	29,71	0,0198	0,026
13,85	33,42	0,045	0,024
14,95	36,76	0,021	0,038
18,09			0,040

სარწყავ ფართობზე ნიადაგ-გრუნტების ერთმანეთისაგან განსხვავებულობა წყალჟონვადობაზე ზემოქმედების თავისებურება და მოვლენის ლაბორატორიაში მოდელირება, კვლევის ისეთ მეთოდებთანაა დაკავშირებული, რომლის დროს

სრულფასოვნადაა გათვალისწინებული რწყვის პროცესზე მოქმედი ყველა ფაქტორი და ცვლილების შესაძლებლობა, ამასთანავე ნიადაგის სახეების გავლენა მორწყვის პროცესზე. ნიადაგ-გრუნტების სახესხვაობები წარმოდგენილია ჰიდრაულიკურ ღარში განთავსებული სარწყავი ზედაპირის სახეობების იმიტაციით, რომელიც სრულყოფილად ასახავს ნათურასთან მის სრულ იმიტაციას და პროცესის რეალურთან მიახლოების სრულყოფილ შესაძლებლობას.

ექსპერიმენტის წარმოების დროს გამოყენებული კვლევის მეთოდოლოგია სრულყოფილად ადაპტირებულია რეალურ პროცესთან. მოქმედი შესასწავლი ფაქტორების ცვლილება ექსპერიმენტების წარმოების დროს აღებულია ფარდობით სიდიდეებში. დაგეგმილი კვლევების ამოცანები სარწყავი ფართობის ზედაპირზე მოძრავი წყლის ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტის შესწავლაზე იყო ორიენტირებული.

ცდებით მიღებული 3.3.3. მოყვანილი ექსპერიმენტების საფუძველზე შესწავლილი ფაქტორებით ფუნქციური დამოკიდებულებები წარმოდგენილია განტოლებებით.

$$f(\lambda) = a_1 K^{X_1} \quad (3.3.7.)$$

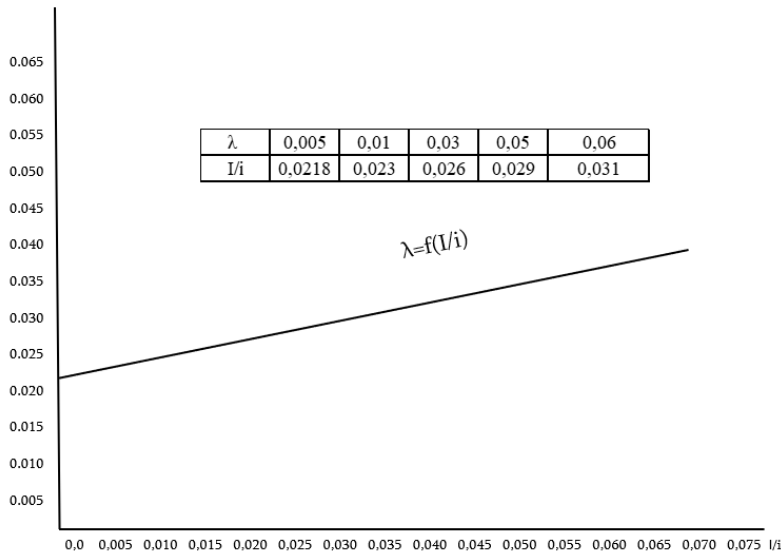
$$f(\lambda) = a_2 K^{X_2} \quad (3.3.8)$$

$$f(\lambda) = a_3 K^{X_3} \quad (3.3.9.)$$

გრაფიკული დამოკიდებულებები, რომელიც წარმოდგენილია ნახ. 3.3.4, 3.3.5, 3.3.6 საანგარიშო მოდელით წარმოდგენილი იქნა ფორმულით

$$\lambda = A a_1 K^{X_1}, a_2 K^{X_2}, a_3 K^{X_3} \quad (3.3.10.)$$

გრაფიკული ილუსტრაციების საფუძველზე გამოყვანილი იქნა საანგარიშო დამოკიდებულებები

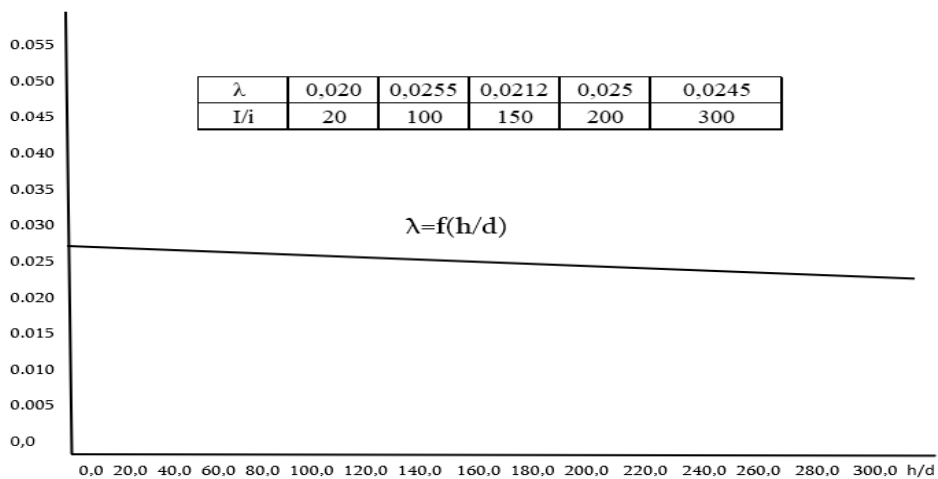


ნახ. 3.3.4. ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის ნაკადის ზედაპირის ქანობისა და ფუძის ქანობის ფარდობით სიდიდეებთან $\lambda = f(I/i)$

ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტის ფუნქციური კავშირი ჰიდრავლიკური ქანობის არხის ფუძის ქანობთან ფარდობასთან კავშირში

$$\lambda = 0,021 + 0,167I/i \quad (3.3.11.)$$

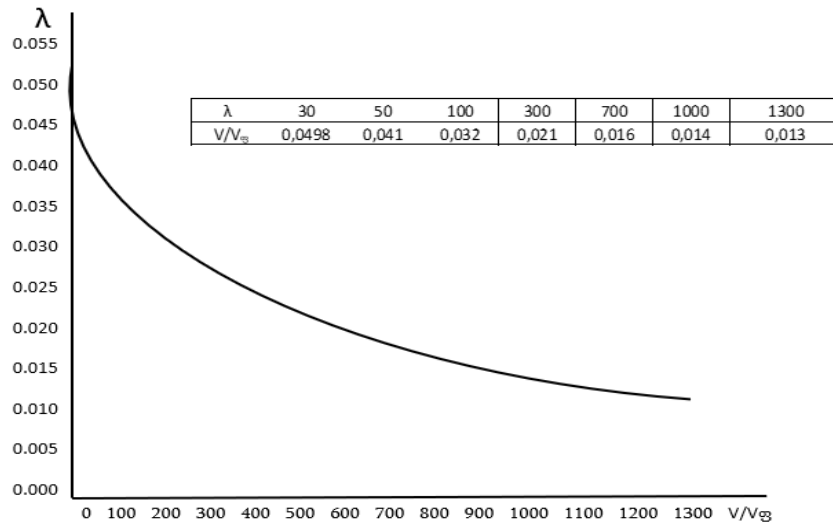
ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტის გრაფიკული კავშირი ნაკადის სიღრმის ნიადაგ-გრუნტის ნაწილების ფარდობასთან კავშირში მოცემულია ნახ. 3.3.5.



ნახ.3.3.5. ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის ნაკადის სიღრმის ნიადაგ-გრუნტის ნაწილაკის ფარდობასთან დამოკიდებულების გრაფიკი

გრაფიკული დამოკიდებულების საფუძველზე ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტის საანგარიშო დამოკიდებულება h/d ფარდობით სიდიდესთან კავშირში

$$\lambda = 0,026 - 0,000005h/d \quad (3.3.12.)$$

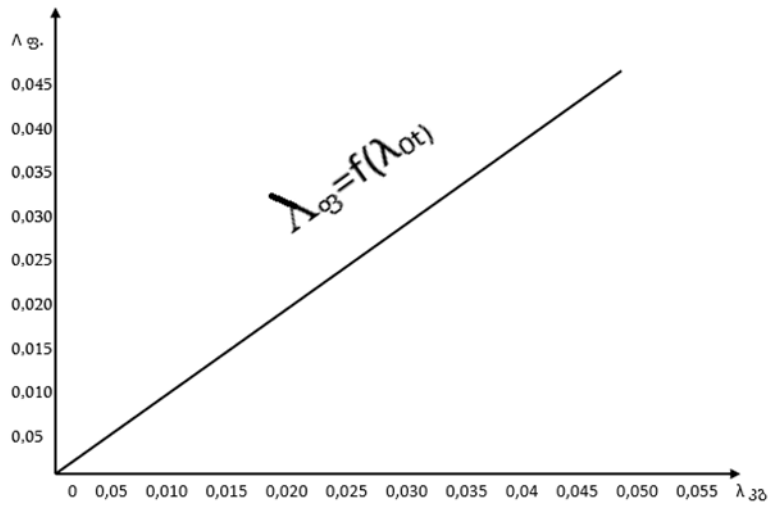


ნახ. 3.3.6. გრაფიკული დამოკიდებულება $\lambda = f(V/V_g)$

$$\lambda = 0,192(V/V_g)^{-0,38} \quad (3.3.13.)$$

გრაფიკებიდან მიღებული დამოკიდებულებების საფუძველზე მათი გარდაქმნებითა და გამარტივებებით სარწყავი ნაკადის ფართობზე მოძრაობის დროს ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტის საანგარიშო დამოკიდებულებას აქვს სახე

$$\lambda = 0,435 \frac{(0,026 - 0,000005h/d)^{0,316} (0,021 + 0,167I/i)^{0,316}}{(V/V_g)^{0,12}} \quad (3.3.14.)$$



ნახ.3.3.7.გრაფიკული დამოკიდებულება $\lambda_g = f(\lambda_{30})$

ფორმულით მიღებული შედეგების ექსპერიმენტებთან შედარების მიზნით ფორმულით მიღებულ შედეგებსა და ექსპერიმენტით მიღებულ მონაცემებს შორის აგებულია გრაფიკული დამოკიდებულება (3.3.7.) რომლის მიხედვით საშუალო კვადრატული გადახრა მოთავსებულია 15 %-ის ზღვრებში და აკამყოფილებს ნორმატივებით გათვალისწინებულ მოთხოვნებს.

დასკვნა

მიღებული შედეგების საფუძველზე დადგენილია კავშირები სარწყავი ზოლების ზომებისა და სარწყავი ნაკადის პოტენციალს შორის სარწყავი ნორმის და მორწყვის ხანგრძლივობის გათვალისწინებით წყლის სრულად გამოყენების შესაძლებლობის მხედველობაში მიღებით. შერჩეულია მოდელები, რომლებიც ითვალისწინებს ფართობზე წყლის მოძრაობის რეჟიმების ცვლილების შესაძლებლობას, სარწყავ მინდვრებზე საჭირო რაოდენობის წყლის მიწოდებას, დარწყავი წყლის თანაბრად გადანაწილებას.

სოფლის მეურნეობაში ბუნებრივად შექმნილი რისკები არსებით გავლენას ახდენს სარწყავ მიწათმოქმედებაზე. წყლის რესურსების არსებული მდგომარეობიდან გამომდინარე, მათი არასწორად ხარჯვა, ირიგაცია–დრენაჟის გამოყენების შემთხვევაში უამრავი ურთიერთმართვადი ფაქტორის შერწყმასთანაა დაკავშირებული, შესაბამისად, აუცილებელია არსებული ოპერატიული საშუალების გამოყენების ზღვრების გაფართოება. ამ მიზნით სარწყავი წყლის დანაკარგების გათვალისწინებით შეფასებულია სარწყავი ფართობიდან წყლის გადინების შესაძლებლობა, კერძოდ, შეფასებულია გადინების სიგრძე და გადინების დრო.

შეფასებულია ფართობზე მოძრავი სარწყავი წყლის თავისუფალი ზედაპირის ფორმების სახე წყლის ხარჯთან, დროსთან, წყალუნვალობასთან, ნიადაგის ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებლებთან. დასაბუთებულია ნიადაგის ფორმებში ბმული წყლის არსებობის შესაძლებლობები და მათი გავლენა სარწყავი მახასიათებლების ცვლილების ზღვრებზე. გამოყვანილია სარწყავ ფართობზე წყლის გადაადგილების და მიგრაციის შესაძლებლობები ნიადაგში არსებულ ბმული წყლის გათვალისწინებით.

სარწყავ ფართობზე წყლის უდანაკარგოდ მიწოდების მიზნით გამოყვანილია მორწყვის ნორმის სრულიად ახალი საანგარიშო დამოკიდებულება სარწყავი წყლის მახასიათებლებთან კავშირში. ანომალურობის გათვალისწინებით დაზუსტებულია მისაწოდებელი სარწყავი წყლის ხარჯის ცვლილების დიაპაზონები და შესაძლებლობები, ხოლო სარწყავ მიწათმოქმედებაში ნიადაგის

ეროზიული შესაძლებლობებიდან გამომდინარე, დაზუსტებულია სარწყავი ხარჯის ფართობზე მისაწოდებელი ნორმის ზღვრები.

დისპერსიულ-ჰიდროფილური სისტემით წარმოდგენილი ნიადაგ-გრუნტის ტანში მიგრირებული წყალი სხვადასხვა ფაქტორის ზემოქმედებით იძენს სპეციფიკურ თვისებებს. შესაბამისად, რთულდება გრუნტში მისი ფილტრაციული შესაძლებლობები, რაც გარკვეულ გავლენას ახდენს როგორც მორწყვის პროცესზე, ისე სარწყავად მისაწოდებელი წყლის ნორმაზე, ამასთან მიწოდებული წყლის ჰიდროლოგია, ჰიდრაულიკა და ნიადაგში ჩაქონილი წყლის მიგრაციის შესაძლებლობები. ნაშრომში შემოთავაზებული მოდელის საფუძველზე დადგენილია ფორიანობის ცვალებადობის შესაძლებლობები და მისი მაქსიმალური სიდიდე. სარწყავად მიწოდებული წყლის ფენის გათვალისწინებით ლამინარული და ტურბულენტური ფილტრაციის შემთხვევისთვის შედგენილია ინოვაციური საანგარიშო მოდელი.

ნიადაგ-გრუნტი, რომელიც სხვადასხვა რიგის მიკრო და მაკრო ზომის ნაწილაკებითაა წარმოდგენილი, თანამედროვე შეხედულებით დისპერსიულ-ჰიდროფილურ-ფოროვან სისტემადაა მიჩნეული. მისი მყარი ნაწილაკების შორისებში წყლის სხვადასხვა კატეგორიის განლაგება განსხვავებული გზით ხდება. როდესაც ნიადაგის ფორები მიკროკაპილარული ზომებითაა წარმოდგენილი, მის ტანში მიგრირებული წყალი იძენს სპეციფიკურ თვისებებს. წყალგამტარი ფორების ხვედრითი ზედაპირისა და სხვა მაჩვენებლის გათვალისწინებით გამოყვანილია საანგარიშო მახსიათებლის ახალი სახეები, კერძოდ, ნიადაგ-გრუნტის ფილტრაციული მაჩვენებლების საანგარიშო დამოკიდებულებები. ფილტრაციულ პროცესებზე წყლის ზემოქმედების გათვალისწინებით მიღებულია რეოლოგიური ინდექსების გავლენა მორწყვის პროცესზე, სარწყავ მიწათმოქმედებაში.

ნიადაგ-გრუნტზე წყლის შებმულობის ხარისხი აფსკურთანაა მჭიდროდ დაკავშირებული. მაღალი ტენიანობიდან დაბალში გადასვლის შემთხვევაში ფესვთა წრფის ბოლოში იგი წარმოადგენს წყლის გადაადგილების უზრუნველყოფის გადამწყვეტ ფაქტორს.

გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა

1. ანჯაფარიძე ი. (1977წ). მელიორაციული ნიადაგმცოდნეობა. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ცენტრალური ბიბლიოთეკა.
2. ბასილაშვილი ც. . (2011). წყლის რესურსები და მათი გამოყენების ძირითადი საკითხები პირველი საერთაშორისო კონფერენცია - კოლხეთის დაბლობის წყლის ეკოსისტემები - დაცვა და რაციონალური გამოყენება. შრომათა კრებული.
3. გაგელიძე ნ. ზაქარიაშვილი ნ. თხელიძე ა... (2019). *საქართველოს ნიადაგური ატლასი*. თბილისი: გამ.საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია.
4. გავარდაშვილი გ, კუხალაშვილი ე, ოდილაშვილი თ, შამათავა შ. (2023 (იმყოფება ბეჭდვაში)). *ნიადაგ-გრუნტის პოტენციალის განმსაზღვრელი პარამეტრებისა და სასოფლო-სამეურნეო ფართობების პროექტირება*. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე.
5. გავარდაშვილი გ. . (2016). *სახელმძღვანელო „ირიგაცია დრენაჟი ეროზია“* . გარემოს დაცვის ეკოცენტრი: საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი.
6. გავარდაშვილი გ. (2016). *ირიგაცია, დრენაჟი, ეროზია*. თბილისი: გამომცემლობა „უნივერსალი“.
7. გავარდაშვილი გ., კუხალაშვილი ე., ოდილაშვილი თ., შამათავა შ. (2023). *სარწყავი ფართობების მორწყვის ნორმები, რეჟიმი ჰიდროლოგიური პარამეტრები*. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე.
8. გიორგაძე ს. ქაცარავა თ. კუხალაშვილი ე. ხარაიშვილი ო. კუპრეიშვილი შ. უნდილაშვილი ნ. (2010). *ჭარბტენიანი მიწების მელიორაცია (დრენაჟი)*. „საზოგადოება ცოდნა“.
9. გუბელაძე დ, ხარაიშვილი ო. (2018). *სტატია ნაკადისა და კალაპოტის ურთიერთზემოქმედება გრუნტის ფილტრაციული მახასიათებლების გათვალისწინებით*. გამომცემლობა საქართველოს განათლებისა და მეცნიერებათა სამინისტრო, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი გარემოს დაცვის ეკოცენტრი, სამეცნიერო შრომათა კრებული.
10. გუბელაძე დ. . (2016). *სარწყავი მიწათმოქმედების განვითარების პერსპექტივები - საერთაშორისო კონფერენცია „ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტების წარმოების თანამედროვე ტექნოლოგიები სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარებისათვის“* . თბილისი: საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემია .
11. გუბელაძე დ. ხარაიშვილი ო. . (2020). *სასოფლო-სამეურნეო ჰიდრომელიორაცია*. სტუ-ს ცენტრალური ბიბლიოთეკა.

12. ვართანოვი მ. (1997). *კოლხეთის დამშრობი სისტემების ექსპლუატაციის ეკონომიკური ეფექტიანობის ამაღლების ძირითადი გზები*.
13. ი. ყრუაშვილი, ე. კუხალაშვილი, ი. ინაშვილი, კ. ბზიავა, გ. ნატროშვილი. (2012). *ფილტრაციის თავისებურებანი ნიადაგ-გრუნტში*. საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთაქ მეურნეობის ინციტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული #67.
14. იორდანიშვილი ი, იორდანიშვილი კ. (2009). *დასავლეთ საქართველოს ბუნებრივი წყლის ძირითადი მარაგის და წყლის რესურსები რესურსების ფორმირებასა და გამოყენების თავისებურებანი*. „უნივერსალი“.
15. კუპრეიშვილი შ., სიჭინავა პ., სუპატაშვილი თ. (2014). *კოლხეთის დაბლობის ტერიტორიების თანამედროვე მდგომარეობის შესწავლა*.
16. ლობჯანიძე ზ. (2009). *ზედაპირული მორწყვის დროს ნიადაგ-გრუნტების წყლის მიერ ეროზიის პროგნოზი*. თბილისი, „დანი“.
17. ლომიშვილი მ. (2021). *ოპტიმალური მორწყვის რეჟიმის პარამეტრების გაანგარიშება საბაზრო ეკონომიკის პირობებში*. თბილისი: საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“.
18. მელაძე გ, მელაძე მ. (2020). *კლიმატის ცვლილება: აგროკლიმატური გამოწვევები და პერსპექტივები აღმოსავლეთ საქართველოში*. „უნივერსალი“.
19. მინდელი კ., გუნთაიშვილი ლ., მაჭავარიანი ნ., კირვალიძე დ., - მინდელი ხ., გამსახურდია ლ. . (2018). *ნიადაგმცოდნეობის პრაქტიკულ - ლაბორატორიული სახელმძღვანელო*. თბილისი.
20. ნათიშვილი ო, ტულუში გ, ცუცუნაშვილი ო, გიორგაძე ს . (1986). *მელიორატორის ცნობანი*. თბილისი: საბჭოთა საქართველო.
21. საქართველოს სამეცნიერო გამოყენებით კლიმატური ცნობარი. (2020). *საქართველოს სამეცნიერო გამოყენებით კლიმატური ცნობარი*. თბილისი.
22. ყრუაშვილი ი., ინაშვილი ი. (2009). *წყლის რესურსების მენეჯმენტი სოფლის მეურნეობაში*. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი.
23. ყრუაშვილი ი., მირცხულავა დ. (2003). *წყლის რესურსების კომპლექსური გამოყენება და დაცვა*. აგრარული უნივერსიტეტი.
24. შავლიაშვილი ლ, კორძაია გ, ინწვირველი ლ, ბუაჩიძე ნ, კუჭავა გ, ნასყიდაშვილი ნ. (2012). *საქართველოს სოფლის მეურნეობის ზოგიერთი პრობლემა კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ფონზე*. N4(83), თბილისი: ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები.
25. შურღაია ვ., კეკელიშვილი ვ., კიკნაძე ხ. (2016). *მიწის ზედაპირიდან ჩაყობილი ატმოსფერული ნალექის არინება კომბინირებული დრენაჟით*. თბილისი: საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო,

- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ც. მირცხულავას წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული.
26. ხარაიშვილი ო. (2018). წყლის საანგარიშო უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯების განსაზღვრის მეთოდოლოგია, სტატია გამომცემლობა საქართველოს განათლებისა და მეცნიერებათა სამინისტრო. სამეცნიერო შრომათა კრებული 73: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ც.მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი გარემოს დაცვის ეკოცენტრი.
 27. ხარაიშვილი ო, შამათავა შ, ლორთქიფანიძე შ. (2022). სამეგრელოს მევენახეობის ქვეზონა-ნიადაგის მოკირიანების საჭიროების განსაზღვრა მჟავიანობის მიხედვით. თბილისი: ჩხოროწყუს მუნიციპალიტეტის სოფელ მუხურში-აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტი ბიზნესტექნოლოგიების ფაკულტეტი, მთის მდგრადი განვითარების ფაკულტეტი, იტერ ვიტის საქართველო მევენახეობის და მეღვინეობის სამეცნიერო კვლევითი ცენტრი.(სტუ) .
 28. ხარაიშვილი ო. ბაიდაური ლ. (2022). სასოფლო სამეურნეო კულტურების მოყვანის აგრიომელიორაციული ღონისძიებები.
 29. ხარაიშვილი ო. გუბელაძე დ. შამათავა შ. (2022). ნიადაგის არეს მჟავე რეაქციის გავლენა ნიადაგში მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიურ პროცესებზე. თბილისი : ქიმიური მელიორაციის მიზნით მჟავე ნიადაგებში კირის მომატებული შეტანა-საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემია.
 30. ხარაიშვილი ო., კუპრეიშვილი შ., ლომიშვილი, მ., სიჭინავა პ. შენგელია ლ. (2022). თესლობრუნვა სარწყავი წყლის მარაგის განსაზღვრით. პარიზი, საფრანგეთი: პირველი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის შრომები „მსოფლიოს სამეცნიერო მოხსენებები“.
 31. ი. ყრუაშვილი, ე.კუხალაშვილი, ი. ინაშვილი, კ.ბზიავა. (2017). ღვარცოფული მოვლენები -რისკი პროგნოზი დაცვა. თბილისი.
 32. Омсарашвили Г.Г., Сахвадзе А.Л. (1979). экспериментальное определение капиллярного потенциала и набухаемости почвы-грунтов. Научные труды.
 33. Пхакадзе П.С. (1973). Определение междренный, расстояния в условиях глинистых почв. Колхида. Вопросы в Грузии.
 34. Абелишвили Г.В., Кереселидзе Д.А. (1971). Некоторые результаты исследований набухаемости глинистых почво-грунтов. Тбилиси: Труды ГрузНИИГиМ, вып. 28.
 35. Аверьянов С.Ф. . (1982). Фильтрация из канала и ее влияние на режим грунтовых вод. «Колос».
 36. Алексеев Г.А. . (1971). Объективные методы выравнивания и нормализация корреляционный. Гиоронетеощам.
 37. Астапов С.В. . (1958). Мелиоративное почвоведение. Сельхозиздат.

38. Биркая А.Ф. . (2003). *Мелиорации болот и заболоченных земель влажных субтропиков.*
39. Ведерников В.В. (1948). *Теория дренажей.* Доклад АН СССР 59, №6,.
40. Веригин Н.Н. (1970). *Методы фильтрационных расчетов гидромелиоративных систем.* «Колос».
41. Волочава М.П. . (1954). *Исследования реологических свойств дисперсных систем.* 16, вып. 3: «Коллаж» Ж. .
42. Гвелесиани Т.Л. (1968). *Анализ основной зависимости для высоты образованной волны в водохранилищах при вертикальном смещении частям их дна в результате тектонических землетрясений.* т.51, №3: Сообщения АН СССР.
43. Гиоргадзе С.А., Хараишвили О.И., Одилавадзе Т.В., Купреишвили Ш.З. (2004). *Определение капиллярного потенциала в почвах-грунтах.* Применение аграрной науки, сб. научных трудов.
44. Гиоргадзе С.И. (1981). *Рациональные пути использования осушаемых почв Колхидской низменности и производственной способности земель и интенсивных системах интенсивных систем земельного дела.*
45. Гольдин Ф.В. . (1975). *Экспериментальная установка по определению силового воздействия потока, В сб. разные селевые процессы и борьба с ними.* М., ВНИИГ, М, вып.4.
46. Гришанин К.В. (1984). *Гидравлическое сопротивление песчаных русл, 2-ая Всесоюзная конференция «Динамика и термика рек, водохранилищ и эстуариев».* Тезисы докладов, т-1, М.
47. Жордания Т.Г., Итриев А.А. (1981). *Пути химической мелиорации тяжелых переувлажненных почв Колхидской низменности.* Сб. Мелиорация земель влажных субтропиков Колхиды.
48. Кацарава Т.Е. (1967). *К вопросу расчета фильтраций через земляные сооружения с учетом начального градиента.* Тбилиси: Труды ГрузНИИГ М., вып.25.
49. Кацарава Т.Е. (1969). *Теоретические и практические аспекты количественного определения капиллярного потенциала.* Тбилиси,; Труды ГрузНИИГиМ, вып. 28.
50. Кацарава Т.Е., Сулава Э.С. (1970). *Учет реологической характеристики при расчете горизонтального дренажа.* 60, №1: Сообщения АН СССР.
51. Кереселидзе В.А. (1972). *К вопросу определения коэффициента фильтраций глинястых грунтов в натуральных условиях.* Тбилиси: ГрузНИИГ и М вопросы гидромелиорации, вып.29.
52. Костяков А.Н. (1960). *Основы мелиораций.* Сельхозиздат.
53. Кулик В.А. (1978). *Инфильтрация воды в почву.* «Колос».
54. Купреишвили Ш.З., Хараишвили О.И. (2015). *Определение расстояний между собирательными каналами.* Проблемы аграрной науки, сб. научных т. XXVIII.

55. Кухалашвили Э. Г. (1961). *К оценке гранулометрических свойств селевого потока*. Тбилиси: Республиканская научная конференция молодых ученых аспирантов на тему - Водохозяйственное строительство и мелиорация Грузии.
56. Лебедев А.Ф. (1936). *Почвенные и грунтовые воды*. Изд-во АН СССР.
57. Маскет Н. (1949). *Течение однородных жидкостей в пористой среде*. Пер. с англ. Гостоптех.
58. Мачарашвили М.Б. . (2003). *Физико-механический механизм формирования капиллярного потенциала в глинистых почвах и грунтах*. Проблемы аграрной науки.
59. Мачарашвили М.Б. . (2008). *Некоторые особенности фильтрационных капиллярных процессов в глинистых грунтах*. Проблемы аграрной науки. Сб. научных тр. XXIV.
60. Мачарашвили М.Б. (2018). *Установление законности движения воды Капилляра с учетом поверхностного эффекта*. Сб. нач.тр., т. XXV: Проблемы аграрной науки.
61. Мичирин Б.Н. (1975). *Энергетика в почвенной влаге*. Л. : Гидрометеиздат.
62. Натишвили О.Г., Тевдорадзе В. И. (2011). *Волны в селях*. М., ООО Издательство «Научмех».
63. Одилавадзе Т.В. (1999). *Об информационном обеспечении управления водными ресурсами сложной оросительной системы*. Доклады ВАСХНИ.
64. Одилавадзе Т.В., Кацарава Т.Е. . (2004). *Определение высоты капиллярного поднятия в гидрофильных пористых телах*. Научные тр. Проблемы аграрной науки.
65. Ребиндер П.А. (1958). *Физико-химическая механика*. «Знание» .
66. Рейнер М. (1965). *Реология*. «Наука».
67. Роде А.А. . (1996). *Основы учения о почвенной влаге*. 663, т.2 с.: Гидрометеиздат.
68. Тищенко А.П. . (2016). *Оперативное управление режимами орошения сельскохозяйственных культур по инструментальному методу*. Научно-практический журнал.
69. Шенк Х . (1972). *Теория инженерного эксперимента*. Перевод с англ. М., мир.
70. Шищенко Р.И. (1959). *Гидравлика глинистых растворов*. Баку: Азнефть Издат.
71. Shamatava Sh. (2023). *Influence of quality indicators of soil fertility on plant growth and development* . Znanstvena misel 4-7, N75.
72. Zotarelli L., Dukes M.D., Romeo C.C., Migliaccio K.W., Morgan K.T. (2020). *Step by step Canculation of the Penman-Monteith Evapotranspiration (FAO-56 Method)*. FAO.
73. E. Kukhalashvili, T. Odilavadze, O.Kharaishvili, Sh.Shamatava. (2022). *Irrigation area of agricultural crops Irrigation mode-Publishe Agency France*. 11-20 N1.

74. E. Kukhalashvili, G. Gavardashvili. Sh. Kupreishvili . (2018). *Expected Risks of Cohesive Debris Flows and Fighting Against Them*. Lanbert. Academic Publishing.
75. Gavardashvili G. Kukhalashvili E, Supatashvili T, Iremashvili I, Qufarashvili I, Bziava K, Natroshvili G . (2019). *Using the Kapra Methodology for analysis of the kritikal state of the Zhinvaly Earth dam and risks*. Fart XVII. Istanbul. Turkey.
76. KANGI M.S.&BANGA S.S. (2013). *Global Agriculture and Climate Change*. Copyright Taylor & Francis Group, LLC ISSN:1542-7528 print/1542-7536 online DOI:10.1080/15427528.2013.845051;2013: Journal of Crop improvement.
77. Kharasihvili O, lomishvili M, Shamatava Sh. (2022). *Determining the amount of water needed to dissolve salt in the soil-Publishe Agency Finland*. 10-11-222, Novemnber,;: Publishe Agency Finland.
78. Kruashvili I, Davitashvili L, Inashvili I, Natroshvili G. (2017). *Determination of water*.
79. Kruashvili I, Inashvili I, Bziava K. Lomishvili M. (2016). *determintion of optimal irrigation rates of agricultural crops under consideration of soil properties and climatic conditions*. Annals of agrarian scientse volume 14.
80. Kukhalashvili E, Kharaishvili O, Shamatava Sh. (2023, Februar 16). Influence of physical and mechanical indicators of soil on plant growth and developmen. 124-130, 2023 N2: Publisher Agency Italy.
81. Kukhalashvili E, Kharaishvili O, Shamatava Sh. (2023). *Melioration indicators of soils of Mukhuri Village in Chkhorotsku Municipality*. April,2023 N2: Publisher Agency Czechia.
82. Kupreishvili Sh, Sichinava P, Lobjanidze Z, Natroshvili G. (2014). *The Influence of bed cross section on the hydraulic elements of flow*. 4th International scientific and technical conference Modern problems of water management, environmental protection, architecture and construction, Dedicated to the 85 anniversary of the water management institute.
83. Natishvili O.G., Gubeladze D.O. . (2018). *Strategy of Irrigation Systems in Georgia. International Scientific and Practical Conference "Modern Scientific Achievements and their Application"*. Dubai: International Academy Journal "Web of Scoular".
84. Pereira L.S., Alves I., Paredes P. (2022). *Crop and Landscape water requirement*. Lisboa: The Institute of Agronomy of Portugal.
85. Qufarashvili L. (2017). *Assessment of contemporary state of salinized soil of the walley*. Tbilisi: VII international scientific and technical conference "Modern problmes of Water Management Environmental Protection, Architecture and Construction.