

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი



**სამეცნიერო შრომათა კრებული  
№67**



ეგზენება სტუ-ს 90 წლის იუბილეს

---

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF GEORGIA  
INSTITUTE OF WATER MANAGEMENT  
OF GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY**

**COLLECTED PAPERS  
№67**

DEDICATED TO THE 90 ANNIVERSARY  
OF GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY

---

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ГРУЗИИ  
ИНСТИТУТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ  
№67**

ПОСВЯЩАЕТСЯ 90 - ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ ГРУЗИНСКОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА



ISSN – 1512 – 2344

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
წყალთა მენეჯმენტის ინსტიტუტი



სამეცნიერო ურომათა კრებული <sup>1</sup> 67

*ექვნება სტუ-ს 90 წლის იუბილეს*

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF GEORGIA  
WATER MANAGEMENT INSTITUTE  
OF GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY

**COLLECTED PAPERS №67**

*Dedicated to the 90 anniversary of Georgian Technical University*

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ГРУЗИИ  
ИНСТИТУТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ №67**

*Посвящается 90 - летию основания Грузинского Технического  
Университета*

თბილისი – Тбилиси – Tbilisi  
2012

მთავარი რედაქტორი: ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფ. გივი გაგარდაშვილი  
მთავარი რედაქტორის მოადგილე: ტექნ. აკად. დოქტორი ინგა ირემაშვილი

**სარედაქციო კოლეგია:**

ვახტანგ თევზაძე (სარედაქციო კოლეგიის თავმჯდომარე), ბილალ აიუბი (აშშ), არონე არმანი (იტალია), ალისტაირ ბორტვიკი (ინგლისი), ემილ ბოურნასკი (ბულგარეთი), რობერტ დიაკონიძე, ნატივ დუდაი (ისრაელი), პაველ ვლასაკი (ჩეხეთი), იუჯინ ვუ (ჩინეთი), ტელმან ზეინალოვი (აზერბაიჯანი), დიმიტრი ზნამენსკი (ბრაზილია), ფარდა იმანოვი (აზერბაიჯანი), ირინე იორდანიშვილი, კო-ფეი ლიუ (ტაივანი), ლორენც კინგი (გერმანია), პეტრე კოვალენკო (უკრაინა), შორენა კუპრეიშვილი (პასუხისმგებელი მდივანი), ვილიბალდ ლოსკანდი (ავსტრია), ალა მაგომედოვა (რუსეთი), დიუშენ მამატკანოვი (ყირგიზეთი), ჯონ მეიჯერი (აშშ), მირალი მოჰამადი (ირანი), ოთარ ნათიშვილი, მარტინ ოვსეპიანი (სომხეთი), კადირ სეიჰანი (თურქეთი), ჰიროში სუვა (იაპონია), ერჟი სობოტა (პოლონეთი), ოვანეს ტოკმაჯიანი (სომხეთი), მიხეილ კუზნეცოვი (რუსეთი), გოვა ჩახაია, სერგეი ჩერნომორეცი (რუსეთი), მიხაილ ჯაბოედოვი (შვეიცარია), რინალდო ჯენევიისი (იტალია), ლასზლო ჰაიდე (ნიდერლანდები), დუგლას ჰამილტონი (კანადა).

კომპიუტერული უზრუნველყოფა: თეიმურაზ ქოჩლაძე

*The collection is published since 1934*

Chief editor: Dr. Prof., Gavardashvili G.V.

Deputy of chief editor: PhD, Iremashvili I.R.

**EDITORIAL BOARD:**

Tevezadze V.I. (chief of editorial board), Ayyub B.M. (USA), Armanini A. (Italy) Borthwick A. (United Kingdom), Bournaski E. (Bulgaria), Diakonidze R.V., Dudai N. (Israel), Vlasak P. (Czech), Genevois R. (Italy), Wu I. (China), Zeynalov T.S. (Azerbaijan), Znamensky D. (Brazilia), Imanov F.A. (Azerbaijan), Iordanishvili I.K., Jaboyedoff M. (Switzerland), King L. (Germany), Kovalenko P. (Ukraine), Kupreishvili Sh.Z. (manager editor), Liu K. (Taiwan), Loiskandl W. (Austria), Magomedova A.V. (Russia), Mamatkanov D.M. (Kyrgyz Republic), Major J.J. (USA), Mohammadi M. (Iran), Natishvili O.G., Hovsepian M.Sh. (Armenia), Seyhan K. (Turkey), Suwa H. (Japan), Sobota E. (Polish), Tokmajian O.V. (Armenia), Kuznetsov M.C. (Russia), Chakhaia G.G., Chernomorec S.S. (Russia), Hayde L. (The Netherlands), Hamilton D. (Canada).

Computer support: T.J. Kochladze

*Сборник издается с 1934 г.*

Главный редактор: Докт. техн. наук, проф. Гавардашвили Г. В.

Заместитель главного редактора: Акад. докт. техн., Иремашвили И. Р.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

Тевадзе В.И. (председатель редакционной коллегии), Аиуб Б.М. (США), Арманин А. (Италия) Бортвик А. (Англия), Боурнаски Е. (Болгария), Диаконидзе Р.В., Джабодедоф М. (Швейцария), Дженовойс Р. (Италия) Дудаи Н. (Израиль), Власак П. (Чехия), Ву И. (Китай), Зеиналов Т.С. (Азербайджан), Знаменский Д. (Бразилия), Иманов Ф.А. (Азербайджан), Иорданишвили И.К., Кинг Л. (Германия), Коваленко П. (Украина), Купреишвили Ш.З. (ответственный секретарь), Лиу К. (Таиван), Лоискандл В. (Австрия), Магомедова А. В. (Россия), Маматканов Д. М. (Кыргизская Республика), Мейджер Дж. (США), Могаммади М. (Иран), Натишвили О.Г., Овсепян М.Ш. (Армения), Сейхан К. (Турция), Сува Х. (Япония), Собота Е. (Польша), Токмаджян О.В. (Армения), Кузнецов М.С. (Россия), Чахая Г.Г., Черноморец С.С. (Россия), Ганде Л. (Нидерланды), Гамилтон Д. (Канада).

Компьютерное обеспечение: Кочладзе Т.Ю.

ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60,  
0162 თბილისი, საქართველო  
წყალთა მენეჯერების ინსტიტუტი  
ტელ: (99532) 222-72-00, 222-40-94  
ფაქსი: (99532) 222-73-00  
ელ. ფოსტა: gwmi1929@gmail.com  
ვებ-გვერდი: http://gwmi.ge

Грузия, 0162 Тбилиси,  
пр. И. Чавчавадзе, 60  
Институт водного хозяйства  
Тел: : (99532) 222-72-00, 222-40-94  
Факс: (99532) 222-73-00  
E-mail: gwmi1929@gmail.com  
Веб-сайт: http://gwmi.ge

I. Chavchavadze av. 60,  
0162 Tbilisi, Georgia  
Institute of water management  
Tel: (99532) 222-72-00, 222-40-94  
Fax: (99532) 222-73-00  
E-mail: gwmi1929@gmail.com  
Website: http://gwmi.ge

---

---

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი - 90

2012 წლის 19-21 სექტემბერს ქ. თბილისში ჩატარდა საერთაშორისო სამეცნიერო ტექნიკური კონფერენცია თემაზე „21 საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები“, რომელიც მიეძღვნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის დაარსებიდან 90 წლის იუბილეს.

კონფერენცია გახსნა უნივერსიტეტის რექტორმა ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორმა, პროფესორმა არჩილ ფრანგიშვილმა (იხ. ფოტო 1, 2). მან ისაუბრა ტექნიკური უნივერსიტეტის 90 წლის იმ დამსახურებაზე და წვლილზე, რომელიც უნივერსიტეტს მიუძღვის ქვეყნის საინჟინრო კადრების მომზადებაში.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი დაარსდა 1922 წლის 16 იანვარს, როგორც თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის პოლიტექნიკური ფაკულტეტი. 1928 წელს მას შეუერთდა 1917 წელს დაარსებული თბილისის პოლიტექნიკური ინსტიტუტის საინჟინრო ფაკულტეტი და ჩამოყალიბდა საქართველოს სახელმწიფო პოლიტექნიკური ინსტიტუტი, რომელიც 1936 წლიდან რეორგანიზებულ იქნა როგორც საქართველოს ინდუსტრიული ინსტიტუტი, 1948 წლიდან – საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტი, ხოლო 1990 წლიდან – საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი ქვეყანაში საინჟინრო მიმართულების წამყვანი უმაღლესი საგანმანათლებლო და სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულებაა, რომელიც საქართველოს კანონმდებლობით განსაზღვრული უმაღლესი განათლების ძირითადი მიზნების შესაბამისად ახორციელებს ღირსეულ ტრადიციებზე, ეროვნულ და საერთაშორისო გამოცდილებასა და ინოვაციებზე დაფუძნებულ უმაღლეს განათლებასა და სამეცნიერო-კვლევებს პიროვნებისა და ქვეყნის კეთილდღეობისათვის.

საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს თავისი ფუნქციონირების 90 წლის მანძილზე პროფესორ-მასწავლებლებისა და ქვეყნის მთავრობის გადაწყვეტილებით მართავდნენ რექტორები: პროფესორები: დავით კანდელაკი – 1928-1936 წწ.; გიორგი გვარჯალაძე – 1936-1936 წწ.; არტემ ბოჯგუა – 1936-1948 წწ.; გრიგოლ ქომეთიანი – 1948-1952 წწ.; გიორგი ზარიძე – 1953-1956 წწ.; რაფიელ დვალი – 1956-1958 წწ.; იოსებ ბუაჩიძე – 1958-1972 წწ.; არჩილ ძიძიგური – 1973-1981 წწ.; თეიმურაზ ლოლაძე – 1981-1988 წწ.; გოჩა ჩოგოვაძე – 1988-1994 წწ.; რამაზ ხუროძე – 1994-2007 წწ.; არჩილ მოწონელიძე – 2007-2008 წწ.; არჩილ ფრანგიშვილი – 2009 წლიდან დღემდე.

2012 წლიდან ტექნიკური უნივერსიტეტი არის უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულება – კერძო სამართლის არასამეწარმეო (არაკომერციული) იურიდიული პირი, რომელიც დაფუძნებულია სახელმწიფოს მიერ საქართველოს მთავრობის 2011 წლის 4 ნოემბრის №411 დადგენილებით და წარმოადგენს საჯარო სამართლის იურიდიული პირის – საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის უფლებამონაცვლეს.

ტექნიკურ უნივერსიტეტში ამჟამად ფუნქციონირებს 8 ფაკულტეტი: სამშენებლო; ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის; სამთო-გეოლოგიის; ქიმიური ტექნოლოგიის და მეტალურგიის; სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის; არქიტექტურის, ურბანისტიკისა და დიზაინის; ბიზნეს-ინჟინერინგის და ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტები.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი მეცნიერული და სასწავლო მიმართულებებით აქტიურად თანამშრომლობს სამშენებლო



ფაკულტეტთან, სადაც ფუნქციონირებს 3 სასწავლო დეპარტამენტი: საინჟინრო მექანიკის, სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის და ჰიდროინჟინერიის.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის რექტორის პროფესორ არჩილ ფრანგიშვილის დავალებით და მისი აქტიური მხარდაჭერით აგროინჟინერიის მიმართულებით წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში დამუშავდა პროგრამების მთელი ციკლი ჰიდრომელიორაციის მიმართულებით (პროფესიული, ბაკალავრიატის, მაგისტრატურისა და დოქტორანტურის), რომელმაც წარმატებით გაიარა სახელმწიფო აკრედიტაცია და პირველად ტექნიკურ უნივერსიტეტში განხორციელდა აგროინჟინერიის პროფილით პროფესიული კადრებისა და სტუდენტთა მომზადება.

ბოლო წლებში ტექნიკურ უნივერსიტეტში წარმატებით ხორციელდება სტუდენტზე ორიენტირებული პროფესიული უმაღლესი, საბაკალავრო, სამაგისტრო და სადოქტორო საგანმანათლებლო პროგრამები, მასში ჩართული მოდულებით და თემატიკით. თითოეული პროგრამა მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს ფაკულტეტების მომავალს, ბაზარს შესთავაზებს კონკურენტუნარიან საინჟინრო კადრს, რომელიც კომპეტენტურ სიტყვას იტყვის ქვეყნის ეკონომიკისა და სოფლის მეურნეობის განვითარების საქმეში, ამის საფუძველი გახდება დანერგილი სიახლეები.

ამჟამად სამშენებლო ფაკულტეტზე სასწავლო და პროფესიული საგანმანათლებლო პროგრამები მაქსიმალურად არის დაახლოებული საზღვარგარეთის მოწინავე ქვეყნების უნივერსიტეტებში მიმდინარე პროგრამებთან. რაც მიიღწევა ამ უნივერსიტეტებთან პარტნიორული თანამშრომლობის საშუალებით. შექმნილია სრულიად თანამედროვე ევროპული, ამერიკული და კანადური საგანმანათლებლო სტანდარტების მიხედვით და ითვალისწინებს დასაქმების როგორც ეროვნული, აგრეთვე საერთაშორისო ბაზრის მოთხოვნებს. ხორციელდება სწავლება თანამედროვე ინოვაციური და შეფასების ობიექტური მეთოდების გამოყენებით და უზრუნველყოფილია ლაბორატორიული და ექსპერიმენტალური ამოცანების შესასრულებლად აუცილებელი კომპიუტერული პროგრამებით.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დირექცია, სამეცნიერო საბჭო და მეცნიერ-თანამშრომლები გულითადად ულოცავენ საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს დაარსებიდან 90 წლის იუბილეს და მის რექტორატს, ადმინისტრაციას, პროფესორ-მასწავლებლებსა და ახალგაზრდა მეცნიერებს უსურვებენ ნაყოფიერ პედაგოგიურ და მეცნიერულ მუშაობას ქვეყნის საინჟინრო კადრების მომზადების მამულიშვილურ საქმეში.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სახელით  
ინსტიტუტის დირექტორი

გივი გავარდაშვილი  
ტექნიკის მეცნიერებათ დოქტორი,  
პროფესორი

---

---

## GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY - 90

On September 19-21, 2012 in Tbilisi conducted International Scientific Technical conference on the theme: "The main paradigms of 21<sup>st</sup> century science and technology development", which dedicated to the 90 anniversary of Georgian Technical University foundation.

The conference was opened by rector of university Doctor of Technical Sciences, professor Archil Prangishvili (see photo 1, 2). He spoke about merit and contribution of Technical University during 90 years, which university carriage to prepare engineering staff of country.

Georgian Technical University was founded on 16 January 1922, as poly technical faculty of Georgian state university. In 1928 joined its engineering faculty of Tbilisi poly technical Institute founded in 1917 and formed Georgian State Polytechnical Institute, which since 1936 was reorganized as Georgian Industrial Institute, since 1948 – Georgian Polytechnical Institute, and since 1992 – Georgian Technical University.

Georgian Technical University is leader high education and scientific- research facility of engineering direction in country, which according to main goals of high education determined by Georgian legislation carries out high education based on the worthy traditions, national and international experience and innovations and scientific researches for welfare person and country.

During 90 years by decision of professors-teachers and government of country Georgian Technical University manage by rectors: Davit Kandelaki – 1928-1936; Giorgi Gvardjaladze – 1936-1936; Artem Bojgua – 1936-1948; Grigol Qometiani – 1948-1952; Giorgi Zaridze – 1953-1956; Raphiel Dvali – 1956-1958; Ioseb Buachidze – 1958-1972; Archil Dzidziguri – 1973-1981; Teimuraz Loladze – 1981-1988; Gocha Chogovadze – 1988-1994; Ramaz Khurodze – 1994-2007; Archil Motsonelidze – 2007-2008; Archil Prangishvili – since 2009.

Since 2012 Technical University is high education institution – Private Law (Non-commercial) legal entity, which is founded by republic with resolution of Georgian government 4 November 2011 #411 and represents assignable of public law legal entity – Georgian Technical University.

In Technical University are functioning 8 faculty: faculty of Civil Engineering, faculty of Power Engineering and Telecommunication, faculty of Mining and Geology, faculty of Chemical Technology and Metallurgy, faculty of Architecture, Urban Planning and Design, faculty of Informatics and Control Systems, faculty of Transportation and Mechanical Engineering, Business-Engineering faculty.

Water Management Institute of Georgian Technical University collaborates with scientific and education direction to faculty of Civil Engineering, where are functioning 3 education departments: engineering mechanics, civil and industrial engineering and hydro engineering.

On the instruction of rector of Georgian Technical University Archil Prangishvili and his active supporting in Water Management Institute treated whole cycle of programs on the hydro reclamation direction (Professional, bachelor's, master's and doctoral), which successfully passed the state accreditation and first in Technical University implemented to prepare professional staffs and students with agro engineering profiles.

Recently in Technical University successfully carry out professional high, bachelor's, master's and doctoral educational programs oriented to students, with modules and themes involved in it. Each program importance determine future of faculty, the market will offer competitive engineering staff, which competitive ought to country's economical and agricultural development, base of this will became established news.

Currently on the faculty of civil engineering educational and professional programs are maximally close to programs running in the leading universities in foreign countries. This will be achieved through partnership with these universities. This is created according to European, American and Canadian standards and regards requires as local also international employment market. The studying is carried out by use modern, innovation and objective methods of evaluation and is provided with computer programs necessary for performance laboratory and experimental tasks.

The board of Water Management Institute of Georgian Technical University, scientific council and scientific workers warmly congratulated the Technical University celebrates its 90 years anniversary and its, administration, faculty – teachers and young scientists wish a fruitful pedagogical and scientific work in patriotic work of preparing engineering staffs.

On behalf of the Water Management Institute of Georgian Technical University director of Institute

**Givi Gavardashvili**  
**Doctor of Technical Sciences, Professor**

---

---

## ГРУЗИНСКОМУ ТЕХНИЧЕСКОМУ УНИВЕРСИТЕТУ – 90 ЛЕТ

19-21 сентября 2012 г. в Тбилиси состоялась Международная научно-техническая конференция на тему «Основные парадигмы развития науки и технологий XXI века», посвященная 90-летию основания Грузинского Технического Университета.

Конференцию открыл ректор Университета доктор технических наук, профессор Арчил Прангишвили (фото 1, 2). Ректор доложил о заслугах Технического Университета в деле подготовки инженерных кадров страны.

Грузинский Технический Университет был основан 16 января 1922 г. (в то время Политехнический факультет Тбилисского Государственного Университета). После присоединения к нему в 1928г. инженерного факультета Тбилисского Политехнического Института основанного в 1917г, Университет стал называться Грузинским Государственным Политехническим Институтом. В 1936г. Институт был реорганизован в Грузинский Индустриальный Институт, в 1948 году в Грузинский Политехнический Институт, а в 1990 году в Грузинский Технический Университет.

Грузинский Технический Университет – ведущая учебная организация страны, осуществляющая на основе инновационных программ в области высшего образования, подготовку высококвалифицированных инженерных кадров.

На протяжении 90 летнего функционирования Грузинский Технический Университет возглавляли ректоры: Д. Канделаки (1928-1936 гг.); Г. Гварджаладзе (1936 г.); А. Боджгуа (1936-1948 гг.); Г. Кометиани (1948-1952 гг.); Г. Заридзе (1953-1956 гг.); Р. Двали (1956-1958 гг.); И. Буачидзе (1958-1972 гг.); А. Дзидзигури (1973-1981 гг.); Т. Лоладзе (1981-1988 гг.); Г. Чоговадзе (1988-1994 гг.); Р. Хуродзе (1994-2007 гг.); А. Моцонелидзе (2007-2008 гг.); А. Прангишвили с 2009 г. по сей день.

Являясь правопреемником юридического лица публичного права, с 2012 года, в соответствии с постановлением Правительства Грузии (№411 от 4 ноября 2011 г.) Грузинский Технический Университет приобретает статус некоммерческого юридического лица частного права.

В настоящее время в Университете функционирует 8 факультетов: строительный; энергетики и телекоммуникаций; горной геологии; химических технологий и металлургии; транспорта и машиностроения; архитектуры, урбанистики и дизайна; бизнес-инженеринга, информатики и систем управления.

Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета активно сотрудничает со строительным факультетом в научном и учебном направлениях. На факультете функционирует 3 научных департамента: инженерной механики, гражданского и промышленного строительства и гидроинженерии.

По поручению и активной поддержке ректора Грузинского Технического Университета профессора А. Прангишвили в Институте Водного Хозяйства разработан цикл программ гидромелиорации (профессиональная, бакалавриат, магистратура, докторантура), которые успешно прошли государственную аккредитацию и впервые в Техническом Университете легли в основу подготовки профессиональных кадров агроинженерного профиля.

В последние годы в Техническом Университете успешно выполняются просветительские, высшие профессиональные, бакалавриатские, магистрантские и докторские программы; каждая программа четко определяет будущее факультета, предлагает конкурентоспособные инженерные кадры, способные сказать свое веское слово в деле развития экономики и сельского хозяйства страны.

В настоящее время учебная и профессиональная программа строительного факультета максимально приближена к текущим программам университетов ведущих стран мира, что достигнуто посредством партнерского сотрудничества с этими университетами. Созданы современные просветительские стандарты с учетом европейских, американских и канадских просветительских стандартов, которые предусматривают рабочие места с учетом как национальных, так международных требований. Учебная программа проведения лабораторных и экспериментальных исследований осуществляется на базе современных инновационных компьютерных программ.

Дирекция, Ученый совет и научные сотрудники Института Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета сердечно поздравляют Технический Университет с 90-летним юбилеем и желают ректору Университета, администрации, профессуре и молодым ученым плодотворной педагогической и научной деятельности во благо подготовки инженерных кадров страны.

От имени Института Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета директор института

**доктор технических наук, профессор  
Гиви Гавардашвили**



ფოტო 1. ტექნიკური უნივერსიტეტის რექტორი პროფესორი არჩილ ფრანგიშვილი, კონფერენციის გახსნისას

Photo 1. Rector of Technical University professor Archil Prangishvili, At the open of conference

Фото 1. Ректор Технического Университета профессор А. Прангишвили, открытие конференции



ფოტო 2. საიუბილეო კონფერენციის სარეკლამო პოსტერი

Photo 2. Jubilee conference advertisement poster

Фото 2. Рекламный постер юбилейной конференции

## ОРГАНИЗАЦИЯ БЕТОННЫХ РАБОТ И РАБОЧИХ ШВОВ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Атанесян В.А., Галстян Г.Ш., Токмаджян Л.В.

E-mail: *info@ysuac.am*

Ереванский государственный университет архитектуры и строительства  
Республика Армения г. Ереван 375009, ул. Теряна 105.

### ВВЕДЕНИЕ

С развитием монолитного домостроения возникает необходимость решения некоторых технологических и организационных вопросов возведения монолитных сооружений [1].

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Возможны следующие четыре метода организации работ при возведении монолитных сооружений с использованием щитовых опалубок:

- комплексный метод, при котором продольные и поперечные стены на каждой захватке бетонируют одновременно;
- комплексный метод с совмещенным графиком трех специализированных бригад (звеньев), при котором бетонирование стен ведут на трех захватках одновременно: на первой происходит твердение бетона, на второй захватке укладывают бетонную смесь в опалубку, на третьей монтируют арматуру;
- комплексный метод с совмещенным графиком одной бригады (звена), при котором бетонирование стен на ярусе ведут непрерывным потоком (фактически, не разбивая ярус на захватки) от одного торца до другого, распалубливая и переставляя опалубку по мере того, как бетон набирает распалубочную прочность;
- отдельный метод, при котором на каждой захватке бетонируют все продольные стены, а затем – все поперечные.

Технологическое преимущество при прочих равных условиях имеет метод отдельного возведения продольных и поперечных стен [2].

Комплексный метод имеет ряд органических недостатков: в рабочем положении щиты образуют замкнутые ячейки, имеют определенные размеры, поэтому необходим комплект щитов различной длины, соответствующей каждому частному значению длины стены; комплект включает большое количество марок щитов; для обеспечения распалубки щитов, образующих в рабочем положении замкнутые ячейки, необходимо включать в комплект дистанционные и доборные вставки, и угловые элементы. Помимо увеличения номенклатуры комплекта и дополнительных трудозатрат, связанных с их установкой и демонтажем, использование угловых элементов и вставок приводит к неплоскостности стен, образованию выступов “ступенек” в местах примыкания углового элемента и вставок к щиту. Для устранения этих дефектов необходима насечка поверхности стен на этих участках и оштукатуривание, что значительно увеличивает затраты на возведение стен. Отдельный метод лишен этих недостатков, благодаря чему он получил преимущественное распространение за рубежом. Однако в Армении он ни разу не применялся в связи с нерешенностью

## ОРГАНИЗАЦИЯ БЕТОННЫХ РАБОТ И РАБОЧИХ ШВОВ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

---

проблемы конструкции пересечения стен. Особенно ответственным этот узел является в условиях сейсмике.

Таким образом, основной проблемой является вопрос организации рабочих швов. [3].

При возведении монолитных стен необходимость в устройстве рабочих швов может возникнуть в следующих случаях:

- в местах пересечений стен при раздельном методе возведения;
- в местах пересечений наружных и внутренних стен, бетонируемых с применением разных составов, классов и типов бетонов при комплексном методе возведения;
- в конце захватки;
- в любом месте стены при вынужденном прекращении бетонирования по организационным причинам (конец смены, обеденный перерыв, задержка подачи бетона и т.д.).

В принципе, способ устройства рабочего шва в стене должен обеспечить монолитную связь старого и нового бетонов и возможность устройства рабочего шва в любом месте стены при смонтированной опалубке.

Способ должен, по возможности, исключать технологическое армирование стены.

Практика применения щитовой опалубки связана с серьезными нарушениями основных правил образования рабочих швов при укладке монолитного бетона. Послойная укладка бетона четкими горизонтальными слоями с вертикальными рабочими швами является одним из основных условий обеспечения однородности и заданных свойств бетона в конструкциях здания, даже при применении единого класса бетона.

Некоторые строительные организации при строгом соблюдении принципа послойной укладки разбивают формовочную полость протяженной стены на ряд отдельных отсеков (емкость 1,5...2м<sup>3</sup>), разделяя их специальным устройством в виде рамки из арматурных прутков диаметром 4 - 6мм, на которую натянута арматурная сетка. Рамку привязывают к арматуре стены вязальной проволокой. Недостатком такого решения являются непроизводительные потери арматуры. Кроме того, бетонирование можно прерывать не в любых, а лишь в некоторых, заранее заданных, точках. Такие же сетки применяются за рубежом и для образования швов в местах пересечения стен. Такое решение неоднократно использовалось при возведении стен методом скольжения для разделения легкого и тяжелого бетонов наружной и внутренней стены.

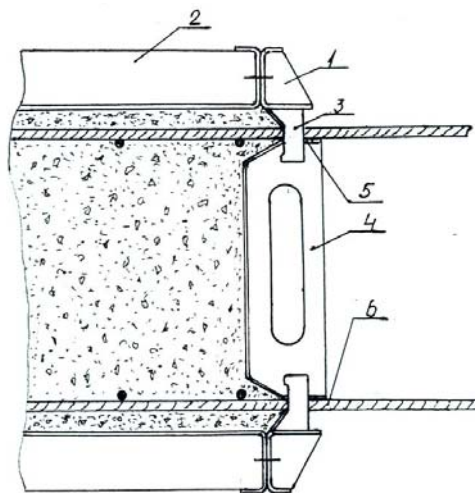
В Румынии пересечение стен при раздельном методе возведения осуществляется следующим образом. Если вначале бетонируются продольные стены, то в тех местах, где должны пересечься поперечные стены (в Т-образных и крестообразных узлах), оставляются проемы на верхней или нижней половине высоты стены (в основном, на верхней половине). В дальнейшем, арматуру поперечных стен связывают с вертикальной арматурой, входящей в проем продольных стен и одновременно бетонируют поперечные стены и проемы. В результате, связь между стенами в узлах получается на половине их высоты. Если вначале бетонируются поперечные стены, то в местах их пересечения с продольными стенами (в Т-образных и угловых узлах), прутья горизонтальной арматуры сгибаются, оставаясь в бетоне, а при бетонировании продольных стен эти концы выпрямляются и связываются с арматурой. Чтобы связь между стенами была обеспечена не только арматурой, болгарские строители в местах соединения стен оставляют вертикальный паз в заранее возведенной стене, куда загибают арматуру. Таким образом, при бетонировании создается шпоночная связь. Указанный способ создания рабочих швов предназначен только для узлов соединений стен. Создание проемов на стенах, а также работа по сгибанию и выпрямлению арматуры вызывают дополнительные трудности.

В строительной практике применяют способ организации вертикальных рабочих швов с помощью дополнительного торцевого борта, который представляет собой щит (шириной с толщину

стены), закрепленный на штангах, проходящих сквозь обычный (стационарный) торцевой борт. Дополнительный борт может вдвигаться на штангах вглубь формовочной полоски на расстояние до 1,5-2 м; регулируя тем самым длину стены. На стационарном торцевом борту в местах прохождения штанг имеются замки (обычно клиновые), жестко фиксирующие их положение. Такая система принята, в частности, в переставных опалубках фирмы “Утинор” (Франция). Недостатками ее являются:

- ограниченность зоны, в которой может быть установлен дополнительный борт;
- необходимость установки дополнительного борта в процессе монтажа щитов в заранее назначенном месте; в дальнейшем он может перемещаться только в пределах расстояния между стяжками (1,2-1,5 м), если этому не препятствует арматура;
- невозможность использования дополнительного борта для образования швов в местах пересечения стен;
- дополнительный борт может быть использован только при армировании стены отдельными плоскими или объемными каркасами;
- при армировании сетками борт перерезает горизонтальную арматуру.

По аналогам, предложенным немецкими строителями (фирма РЕPI), для организации рабочих швов нами использованы нестандартные дополнительные щиты (рис. 1), которые соединены с основными щитами и по высоте снабжены несколькими пластинчатыми ручками. В полость стены установлены трапециевидные вставки, на торцах которых имеются пазы, куда входят ручки дополнительного щита. По щели, образованной между вставкой и дополнительным щитом, проходят горизонтальные арматуры стены. Щель, по необходимости, закрывают гидроизоляционной лентой, прикрепленной к дополнительному щиту. После удаления щита и вставки в стенах образуются углубления, создающие шпоночное соединение между стенами.

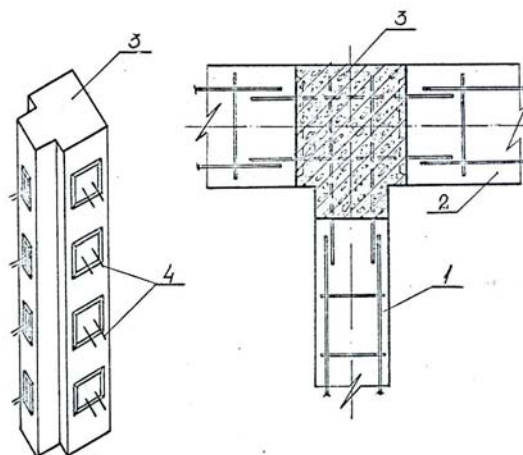


**Рис. 1. Образование рабочего шва с помощью трапециевидной вставки:**  
1 – щит дополнительный; 2 – щит основной; 3 – ручки; 4 – вставка трапециевидная;  
5 – паз на вставке; 6 – арматура

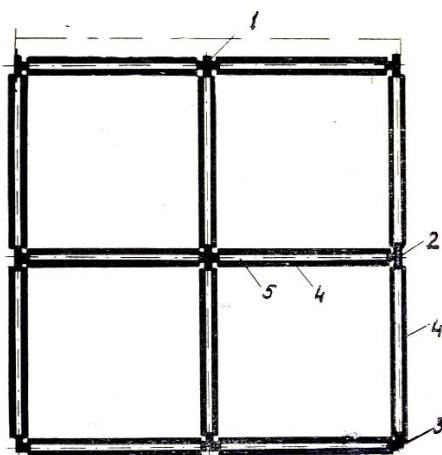
В местах пересечения стен образование вертикальных рабочих швов можно осуществить с помощью сборных железобетонных вставок (шпонок), снабженных арматурными выпусками (рис 2). Соответственно форме пересечения стен устанавливают вставки крестообразные, Т-образные и угловые (рис. 3). Эти вставки выверяют, упирают на них опалубочные щиты и производят бетонирование. После отвердения бетона демонтируют опалубки и укладывают на стены междуэтажные перекрытия. Предлагается применять вставки высотой min в 2 этажа, при этом в последующих этажах опалубки, устанавливая на перекрытие нижележащего этажа, упирают на

## ОРГАНИЗАЦИЯ БЕТОННЫХ РАБОТ И РАБОЧИХ ШВОВ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

выступающие, уже установленные вставки. При необходимости, сборные вставки наращивают по высоте. Так как они имеют высоту в несколько этажей, а толщина их ребер равна толщине возводимых стен, то после упора опалубочных щитов автоматически обеспечивается соосность изготавливаемых стен и их вертикальность. Тем самым, полностью исключается выверка опалубочных щитов и дополнительные мероприятия, предназначенные для обеспечения соосности стен. Единственным недостатком данного решения являются затраты на изготовление и монтаж вставок.



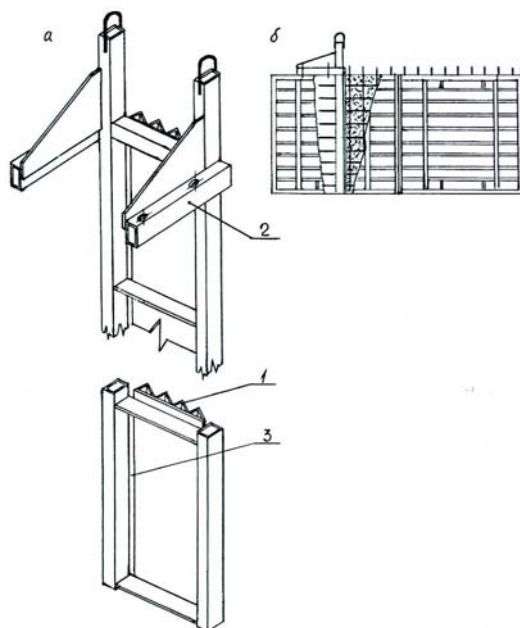
**Рис. 2. Образование рабочего шва с помощью сборных железобетонных вставок:**  
1 – поперечная стена; 2 – продольная стена; 3 – сборная вставка; 4 – выпуск арматуры



**Рис. 3. Пример размещения сборных вставок и опалубочных щитов в плане:**  
1 – крестообразные сборные вставки; 2 – “Т”-образные сборные вставки;  
3 – угловые сборные вставки; 4 – опалубочные щиты; 5 – стены

Для создания вертикальных рабочих швов предлагается также использовать переставной борт (рис. 4), представляющий собой щит шириной с толщину стены, снабженный шпонкообразователями из уголков, щелями для пропуска арматуры, а также двумя кронштейнами для навешивания на щиты. Щели, как и в предыдущем варианте, можно закрывать гидроизоляционной лентой. Переставной борт может устанавливаться в любом месте стены и в местах пересечения стен, в этом и состоит его основное преимущество. Для удаления переставного борта от стены его слегка поднимают краном и, наклоня, освобождают от выпусков арматуры.





**Рис. 4. Образование рабочего шва с помощью переставного борта: а – общий вид переставного борта в аксонометрии; б – установка переставного борта в опалубку.  
1 – шпонкообразователь; 2 – кронштейн с отверстием для крепления к щиту;  
3 – щель для пропуска арматуры**

Данный способ является универсальным и может быть применен при любом варианте армирования стен. В результате его применения образуется грань шва со шпонками и выпусками арматуры. Прочность и жесткость шпоночных соединений такого типа многократно проверена в полносборном строительстве.

## ВЫВОДЫ

1. В процессе возведения монолитных стен при любом варианте организации работ необходимо обеспечить возможность устройства организованных рабочих швов.
2. Образование рабочего шва с помощью трапециевидной вставки можно рекомендовать в торцах стен с арматурными выпусками при вынужденном прекращении бетонирования по организационным причинам.
3. Предложение использовать в местах пересечения стен сборные железобетонные вставки высотой min в 2 этажа, кроме образования рабочих швов, приводит к упрощению работы с опалубкой.
4. Образование рабочего шва с помощью переставного борта позволяет образовать грань вертикального шва со шпонками и выпусками арматуры в любых местах стен с минимальными затратами.

## Литература:

1. **Галстян Г.Ш.** Бетоны на природных заполнителях Армении для монолитного строительства //СП(б): изд. ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2009, 207с.
2. **Байков В. Н., Сигалов Э.Е.** Железобетонные конструкции //М: “Стройиздат”, 1991, 767 с.
3. **Евдокимов Н.И.** Технология монолитного бетона и железобетона //М 1980, 334 с.

**ზღვრული დატვირთვის მეთოდის გამოყენება ღერძსიმეტრიული დატვირთვის შემთხვევაში**

**თამაზ ბაციკაძე, ნუგზარ მურღულია, ჯუმბერ ნიუარაძე**

**E-mail: [tbacikadze@gtu.ge](mailto:tbacikadze@gtu.ge)**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მ. კოსტავას ქ. 68, 0175, ქ. თბილისი, საქართველო

**შესავალი**

ღერძსიმეტრიული დატვირთვების მოქმედებისას სხეულში წარმოქმნილი დაძაბული მდგომარეობის ანალიზის ჩასატარებლად მიემართავეთ ზღვრული დატვირთვების მეთოდს, რომლის გამოყენებითაც ადრეც ვწყვედით ამოცანებს, მაგ. ბრტყელი დეფორმაციების ამოცანებს [1]. წინამდებარე ამოცანა გაცილებით ძნელია, რადგან შესასწავლი ღერძსიმეტრიული დაძაბული მდგომარეობა აღიწერება ზედა შეფასების თეორემის შესაბამისი ანალიზური გამოსახულებებით, რომლებიც ამ პრობლემისადმი მიძღვნილ შრომათა უმეტესობაში რთული სახისაა [2] და ამიტომაც კერძო ამოცანების ამოხსნისათვის მოუხერხებელი. აქ წარმოდგენილია უფრო მოხერხებული მიდგომა, რომელიც შედარებით გვიადვილებს ანალოგიური ამოცანების გადაწყვეტას.

**ძირითადი ნაწილი**

**ძირითადი განტოლებები (შტამპის შემთხვევა)**

იდეალურად ხისტპლასტიკური სხეულისათვის ზედა შეფასების კინემატიკური თეორემის შესაბამის განტოლებას აქვს სახე [3]:

$$\int_{S_0} T_i du_i dS_0 + \int_{S_T} T_i du_i^* dS_T \leq \int_V \sigma_{ij}^* ds_{ij}^* dV + \sum \int_{S_j} K |dv^j| dS_j^* \quad (1)$$

სადაც, პირველი შესაკრები პლასტიკური დეფორმაციის შესაბამისი ძალების მიერ, მათივე მიმართულებით გამოწვეული გადაადგილებების ნაზრდზე შესრულებული მუშაობაა. მუშაობის ეს ნაზრდი არის სწორედ ის სიდიდე, რომელიც უნდა განისაზღვროს. მეორე შესაკრები – კონტაქტის ზედაპირზე წარმოშობილი ხახუნის დაძლევაზე შესრულებული მუშაობის ნაზრდი.

პირველი შესაკრები უტოლობის მარჯვენა მხარეს განსაზღვრავს პლასტიკური დეფორმაციების მუშაობის ნაზრდს, რომელიც სხეულის დეფორმირებაზე მუშაობის შესრულებისას განიბნევა. სიმბოლოები ვარსკლავებით გვიჩვენებს, რომ  $d\varepsilon_{ij}^*$  პლასტიკური დეფორმაციისათვის გამოთვლილი ნაზრდია და არა კინემატიკურად შესაძლო, ფიქტიურად არჩეული სიჩქარეთა ველისათვის გამოთვლილი. მეორე შესაკრები წარმოადგენს პლასტიკურ დეფორმირებაზე შესრულებული მუშაობის ნაზრდს, რომელიც სიჩქარეთა შესაძლო წყვეტებზე იფანტება.

მარჯვენა მხარის პირველი შესაკრები შეიძლება გამარტივდეს იმ მასალებისათვის, რომლებიც მიზეხის პლასტიკურობის პირობასა და ლევი-მიზეხის დენადობის კანონს ექვემდებარება. გამოვიყენოთ შესაბამისი გამოსახულებები [4]:

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 6K^2 \quad (2)$$

$$dW_p = \bar{\sigma} \cdot d\epsilon^p \quad (3)$$

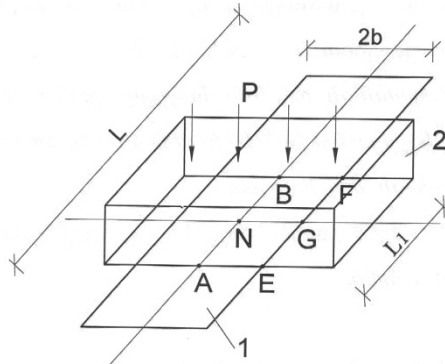
აქ  $W_p$  სრული მუშაობაა შესრულებული პლასტიკურ დეფორმირებაზე;  $\bar{\sigma}$  - ძაბვათა ინტენსიობა,  $K$  - დენადობის ძაბვა ძვრის დროს. მივიღებთ [5]:

$$\int_V \sigma_{ij}^p ds_{ij}^p dV = \int_V \bar{\sigma}^p ds_{ij}^p dV = y \int_V ds_{ij}^p dV. \quad (4)$$

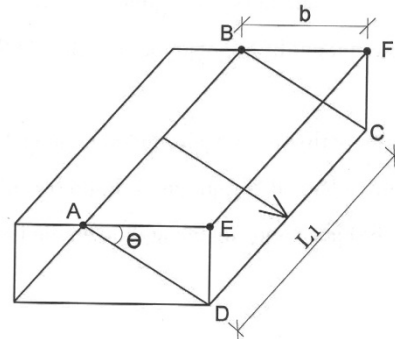
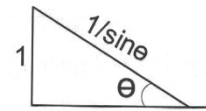
განვიხილოთ დეფორმირების ორი სქემა:

### დეფორმირების პირველი სქემა

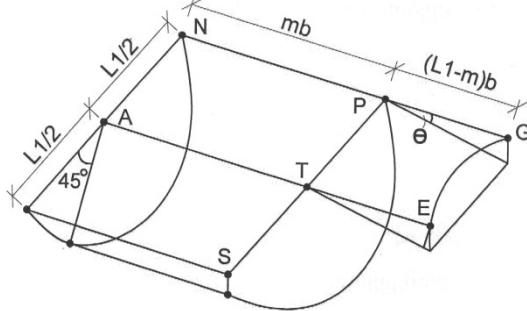
პირველ ნახაზზე ნაჩვენებია ხისტი ტვირთი, რომელიც ერთეულოვანი სიჩქარით ეშვება  $2b$  – სიგანის ნამზადზე. ტვირთის სიგანე არის  $L$ , ნამზადის სიგრძე  $L(L \geq l)$ . ვივარაუდოთ, რომ ტვირთი იწვევს ნამზადის დეფორმირებას. მაგალითისათვის განვიხილოთ ორი ბლოკი  $ABF$  და  $EDC$ , რომლებიც გადაადგილდება დახრილ სიბრტყეზე, მაგ.  $ADCB$ -ზე (ნახ. 2). ზედაპირი  $ABFE$  ხახუნის გარეშე გადაადგილდება ნამზადის კიდისაკენ. სიჩქარეთა ჰოდოგრაფი ნაჩვენებია ნახ. 3-ზე. დეფორმირებისას საშუალო ხვედრითი  $\bar{p}$  ძაბვის ზედა შეფასება, რომელსაც მოძრავი ტვირთი ქმნის, გამოითვლება შემდეგი თანაფარდობიდან:



ნახ. 1



ნახ. 2



ნახ. 3

$$\bar{p}lb \cdot 1 = K \left( S_{ABCB} \frac{1}{\sin\theta} + 2 \frac{S_{AED}}{\sin\theta} \right) \quad (5)$$

გამარტივების შემდეგ

$$\frac{\bar{p}}{K} = \frac{2}{\sin 2\theta} + \frac{n}{\cos\theta} \quad (6)$$

სადაც  $n = \frac{b}{l}$ ,

$\theta$ -ს მნიშვნელობა, რომელიც  $\frac{\bar{p}}{K}$  ფარდობის მინიმუმს შეესაბამება, განისაზღვრება გამოსახულებიდან:

$$n \cdot \sin^3 \theta + 2 \sin^2 \theta - 1 = 0 \quad (7)$$

მოცემული  $n$ -თვის შესაბამისი  $m$ -ისა და  $\frac{\bar{p}}{K}$ -ს მნიშვნელობები განისაზღვრება განტოლებებიდან:

$$n(1 - m) \cdot \sin^3 \theta - 2 \sin^2 \theta + 1 = 0 \quad (8)$$

და

$$m = \frac{1}{n} \left( 1.571 \cos \theta - \frac{0.5}{\sin \theta} \right) \quad (9)$$

რიცხვითი შედეგები მოცემულია ცხრილებში 1 და 2:

**ცხრილი 1**

$n$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$m$	2.992	1.496	0.997	0.748	0.598	0.499	0.437	0.374	0.332	0.299

**ცხრილი 2**

$m$	1	0.748	0.598	0.499	0.427	0.374	0.332	0.299
$\frac{\bar{p}}{K}$	14.502	13.534	13.096	12.908	12.678	12.94	13.072	13.238

### დეფორმირების მეორე სქემა

განიერი თხელი ფირფიტებისა და ნამზადისათვის ზედა შეფასების უფრო ზუსტად განსაზღვრა შეიძლება, თუ ნახ. 4-ზე ნაჩვენები სქემით ვიხელმძღვანელებთ:

$$\begin{aligned} \bar{p} \cdot b \frac{l}{2} \cdot 1 = & \left\{ \left( 1 + \frac{\pi}{2} \right) 2K \frac{l}{2} b m + \left[ \frac{l^2}{8} + \frac{1}{2} \left( \frac{l}{2\sqrt{2}} \right)^2 \frac{\pi}{2} \right] K \sqrt{2} + \right. \\ & \left. + \frac{(1-m)b}{\cos \theta \sin \theta} \cdot \frac{l}{2} \cdot K + \frac{(1-m^2)b^2 \cdot \tan \theta \cdot K}{2 \sin \theta} \right\} \quad (10) \end{aligned}$$

ტოლობის მარჯვენა მხარის პირველი შესაკრები წარმოადგენს იმ სიჩქარეს, რომლითაც სრულდება მუშაობა ორ სამკუთხედსა და სექტორში; მეორე შესაკრები განსაზღვრავს ენერჯის დისიპაციის სიმძლავრეს **PQRSTU** სიბრტყეში, ხოლო მესამე და მეოთხე შესაკრებები, როგორც წინა შემთხვევაში, ასახავს ბლოკის განივ გადაადგილებას. (8)-ის გამარტივებით მივიღებთ:

$$\frac{\bar{p}}{2K} = (2 + \pi m) + \frac{\sqrt{2}}{16n} (4 + \pi) + \frac{(1-m)}{\sin \theta \cos \theta} + \frac{n(1-m)^2}{\cos \theta} \quad (11)$$

შევარჩიოთ  $m$  და  $\theta$  ისე, რომ ფარდობა  $\frac{\bar{p}}{K}$  მოცემული  $n$ -სათვის იყოს მინიმალური. აღნიშნულს ექნება ადგილი, თუ  $\theta \approx 37,2^\circ$ , რაც სამართლიანი იქნება ყველა  $m$ -სათვის, თუ  $m \approx 1 - \frac{1.22}{n}$ .

---

### დასკვნა

დეფორმირების შედგენილ ორ სქემაზე დაყრდნობით მიღებულია გამოსახულებები, რომლებითაც განისაზღვრება  $\frac{E}{K}$  ფარდობათა მნიშვნელობები, სადაც  $\bar{P}$  შტამპზე მოსული განაწილებული დატვირთვის ინტენსიობაა,  $K$  ნამზადში აღძრული ძვრის ძალა. განტოლებებში, გარდა ფიქსირებული  $n$  გეომეტრიული პარამეტრისა, ცვლადებად შედის ტვირთის დაცურების პროპორციის  $m$  მაჩვენებელი ნამზადის  $b$  სიგანეზე და  $\theta$  ნამზადის დაცურების კუთხე. მოცემული  $n$ -სათვის ექსტრემუმის პირობებით შერჩეულია ისეთი  $m \approx 1 - \frac{1.92}{n}$  და  $\theta \approx 37,2^\circ$ , რომლებიც განსაზღვრავს  $\frac{E}{K}$  -ს მინიმალურ მნიშვნელობას.

### ლიტერატურა

1. ბაციკაძე თ., მურღულია ნ., ნიჟარაძე ჯ. მართკუთხა ფილების ზიდვის უნარის განსაზღვრა განივი ღუნვის დროს. "მეცნიერება და ტექნოლოგიები". №10-12, 2008 წ.
2. Тимошенко С.П. и Войнович-Кригер С. Пластинки и Оболочки. Изд. "Наука", Москва, 1966.
3. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. Москва, 1975.
4. Johnson W. Upper Bounds to the load for the Transfers Bending of flat Rigid – Perfectly Plastic Plates. Inst. Science. 11, 913.
5. Calladine C.H. Large Deflection Theory of Plates. "Engineering Plasticity", p. 93. 1966.



## THE PROGRAM SOFTWARE TO CREATE UNITED DATABASE OF BLACK SEA ECOLOGICAL CHARACTERISTICS

Anna Gavardashvili

E-mail: [ecocenter1985@gmail.com](mailto:ecocenter1985@gmail.com)

Ecocenter for Environmental Protection  
Varketili-3, 2 m/r, Bul.29-a, App.17. 0163, Tbilisi, GEORGIA

*The study was carried out by the financial support of the  
“Black Sea Scientific Network” (UP-GRADE BS-SCENE, contract # 226592)*

### INTRODUCTION

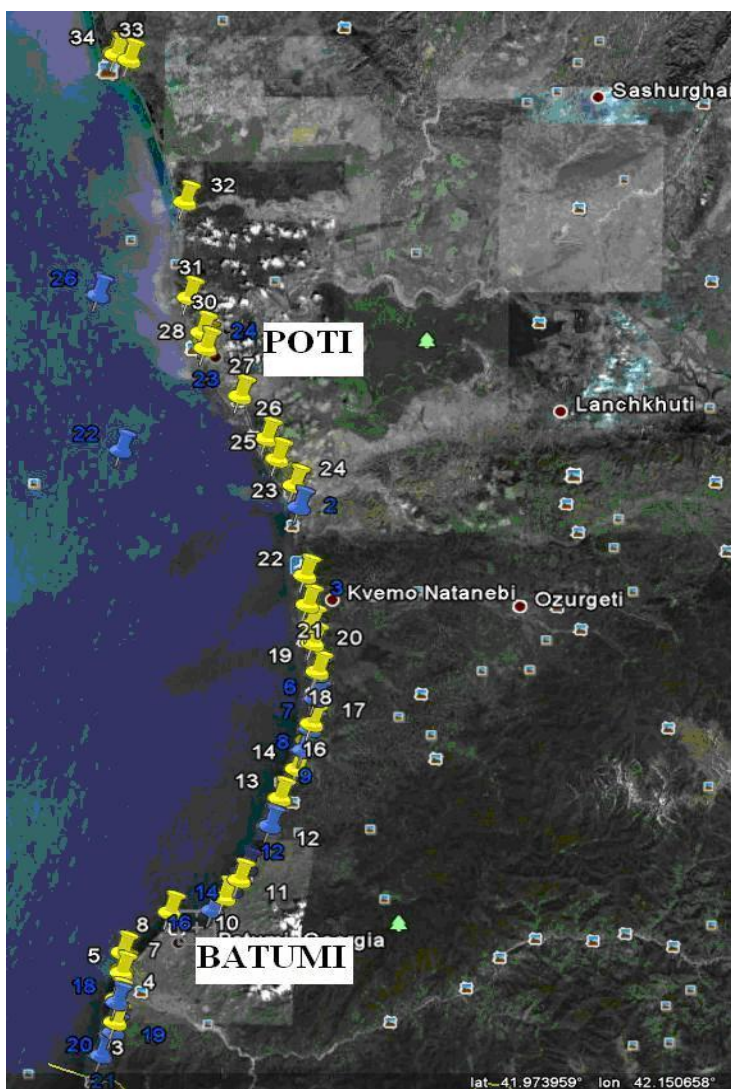


Fig. 1. The geographical location of the samples taken from the Black Sea coastal zone with GPS

The ecological state of the Black Sea, which washes the shores of six countries (Bulgaria, Romania, Ukraine, Russia, Georgia and Turkey), depends on the quality of the water of the rivers flowing into the Black Sea basin and infrastructure of the mining industry, agriculture and transport (sea ports, terminals, motor and railway mains). The ecological environment of the Black Sea is also much influenced by the great amount of hydrogen sulfide, with its surface starting at the depth of 200 m from the Black Sea surface, according to the famous Russian scientist N. Zelinskyi [1, 2].

As it is known, the ecological environment of the Black Sea much depends on bacteria, amount of oxygen in the water, salinity and air and sea temperatures. The layer wise stratification of the Black Sea salinity, density and temperature hampers the vertical movement of the Sea and enrichment of deep waters with oxygen. Therefore, particular attention should be paid to the study of the layer of the Black Sea (with the depth of 100 m), where photosynthesis is active and makes for the vitality of the Sea flora and fauna [1, 3, 4]. We are collecting and formatting marine data (chemical, physical and biological) according to established procedures by use of some Computer Programs: MIKADO,

NEMO, ODV and DIVA, which created specially for marine data by MARIS (MARINE INFORMATION SERVICE). Below are each program characteristic (see Fig. 1) [4].

## 1. THE ESTIMATION OF COMPUTER PROGRAMS TO CREATE UNITED DATABASE OF BLACK SEA

Access to marine data is of vital importance for marine research and a key issue for various studies, from the climate change prediction to off shore engineering.

The marine observing system is highly fragmented: in the countries bordering the European seas of the partnership, more than 600 scientific data collecting laboratories from governmental organizations and private industry have been identified. They collect data by using various sensors on board of research vessels, submarines, fixed and drifting platforms, airplanes and satellites, to measure physical, geophysical, geological, biological and chemical parameters, biological species etc. The collected data are neither easily accessible, nor standardized. They are not always validated and their security and availability have to be insured in the future.

SeaDataNet brings together a unique group of major institutes and marine data centers from countries bordering the North-East Atlantic, and its adjacent seas: the Mediterranean, the Black Sea, the Baltic, the North Sea and the Arctic: **The Research and Technical Developments activities (RTD)** develop the SeaDataNet Virtual Data Centre to get the on line integrated access to qualified, compatible and coherent meta-data, data sets and products: the **technical development** activities will make the distributed system operationally robust and state-of-the-art Pan-European infrastructure, the **scientific data products development** will contribute to the data quality control protocol, insure the overall functioning of the system and serve a larger community of users.

**MIKADO** is a software tool, written in Java, which enables data centers to prepare XML metadata files for the SeaDataNet directories EDMED, CSR, EDMERP, CDI and EDIOS. Data centers can prepare XML entries manually or can generate XML entries automatically by interfacing with local databases. MIKADO also enables data centers to manage XML entries as a local collection (see Fig.2).

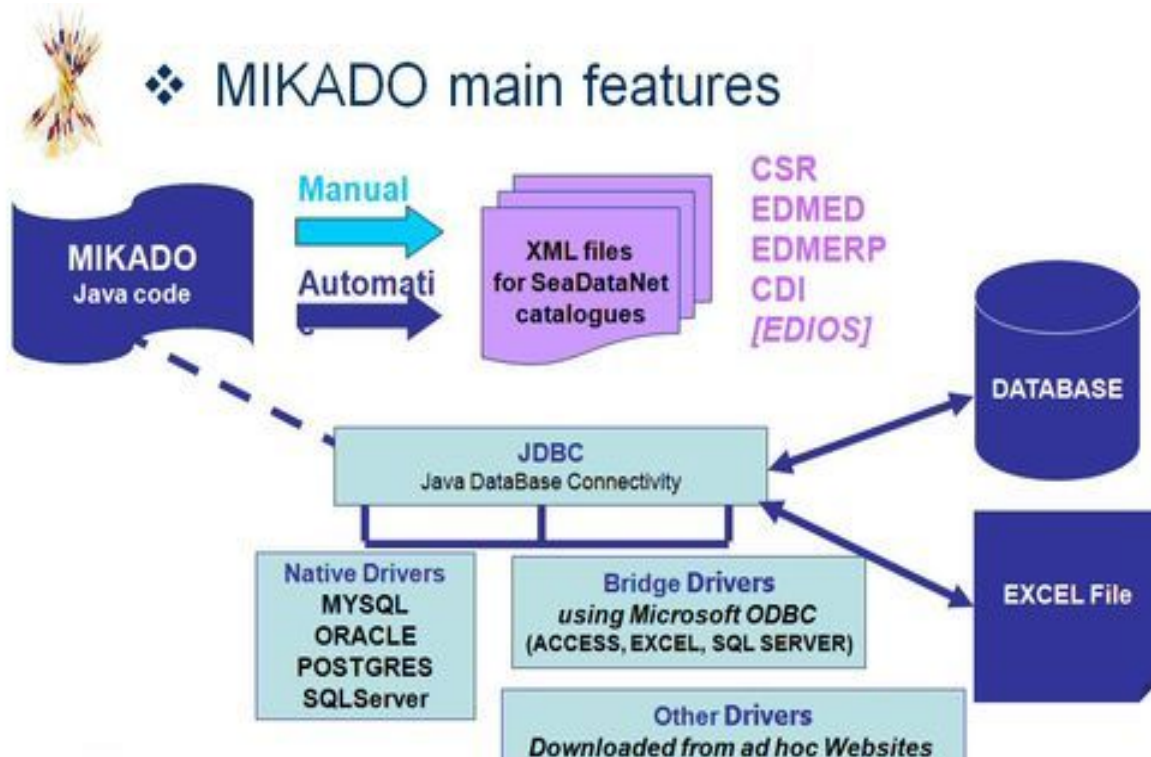


Fig. 2. MIKADO main features

## THE PROGRAM SOFTWARE TO CREATE UNITED DATABASE OF BLACK SEA ECOLOGICAL CHARACTERISTICS

As part of the SeaDataNet CDI V1 services, data sets are accessible to users via download services. Data sets are then delivered in **common data transport formats**, which interact with other SeaDataNet standards (Vocabularies, Quality and SeaDataNet analysis & presentation tools (**ODV**, **DIVA**)).

Depending on their local data management configuration, data centers might be required to pre-process their in-house data files from their own formats to the SeaDataNet data formats. To support data centers for this conversion, SeaDataNet is providing NEMO software as a useful tool (written in java). NEMO enables conversion from any type of ASCII format to the SeaDataNet ODV and Medatlas ASCII formats. NEMO makes use of the Common Vocabularies and EDMO directory. The latter are each time synchronised by online connections to the respective Web Services on user demand (see Fig.3).

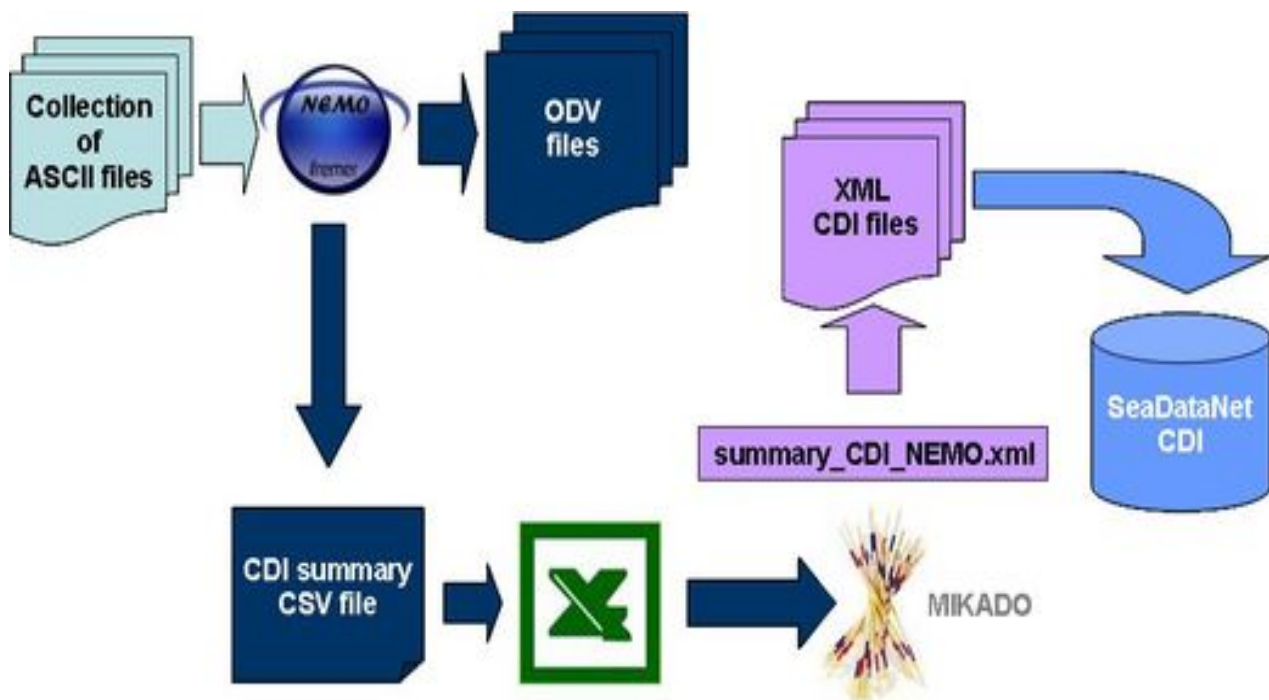
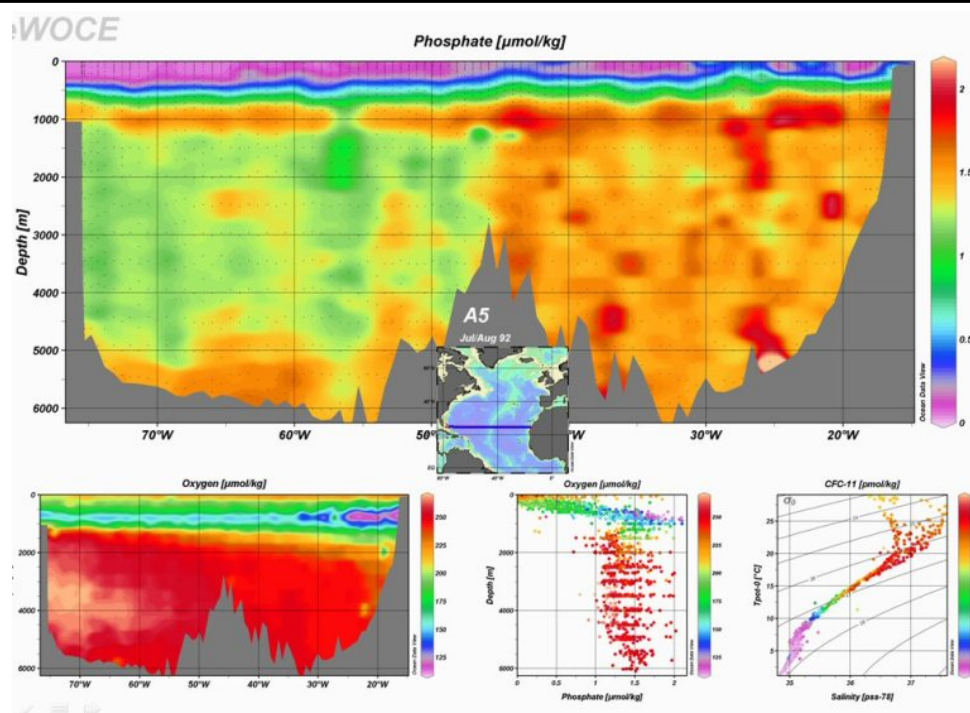


Fig. 3. NEMO main features

**ODV** SeaDataNet has adopted the freely available Ocean Data View (ODV) software package as its fundamental data analysis and visualization software. ODV provides interactive exploration, analysis and visualization of oceanographic and other geo-referenced profile or sequence data. It is available for all major computer platforms and currently has more than 20,000 registered users. ODV has a very rich set of interactive capabilities and supports a very wide range of plot types. This makes ODV ideal for visual and automated quality control. The latest release overcomes many limitations of previous versions and now supports more flexible metadata models, an unlimited number of variables and custom quality flag schemes, and fit for loading and aggregating data sets in the SeaDataNet ODV ASCII format.

The ODV software is also being used in SeaDataNet for producing generic data products for each of the regional seas for various variables. The DIVA software tool (**Data-Interpolating Variational Analysis**) allows to spatially interpolate (or analyze) those observations on a regular grid in an optimal way. As a part of SeaDataNet, the DIVA method has been integrated into ODV, and the integration greatly facilitates the usage of DIVA. Features supported by the ODV/DIVA integration include proper treatment of domain separation due to land masses and undersea ridges or seamounts and the realistic estimation of water mass properties on both sides of the divides. This is important in areas, such as the Kattegat, with many islands separated by narrow channels (see Fig.4).





**Fig. 4. View of visualization of depend concentration of phosphate on the depth of the sea**

In practice, in-situ measurements can be sparse and heterogeneously distributed. The DIVA software tool (Data-Interpolating Variational Analysis) allows to spatially interpolate (or analyze) those observations on a regular grid in an optimal way. The analysis is performed on a finite element grid allowing for a spatial variable resolution and a good representation of the coastline and isobaths. As some areas covered in the European seas have complex coastlines, the finite-element grid of DIVA will be able to adequately resolve those.

It is also possible to compute error maps for the gridded fields which reflect the accuracy of the observations and their distribution. This allows to assess the reliability of the gridded fields and to objectively identify areas with poor coverage. In an approach similar to the generalized cross-validation, the value of the gridded fields without taking a particular observation into account can also be computed. By comparing this analyzed value with the observations, one can establish how consistent one particular observation is with the remaining dataset. This information can be used by the data centers to identify bad data.

The DIVA software can also load the data sets, prepared via the MEDATLAS QC software and other in-house QC systems. The command line interface of DIVA allows for batch processing of large data sets.

Users, planning to perform repeated and advanced analysis including error estimated and quality control on large data sets, can download the standalone version of DIVA and install it on a local computer. This is the version used for regional product preparation (see Fig.5).

The ODV4 and MedAtlas ASCII formats have been extended with a SeaDataNet semantic header. The ODV4 format can be used directly in the popular Ocean Data View (ODV) analysis and presentation software package, which is being upgraded as part of SeaDataNet. International cooperation has been agreed between SeaDataNet, the CF community and UNIDATA for a common NetCDF format (Core Data Model – CDM) for the oceanographic and meteorological domains, including a semantic header. This will lead to results on the longer term.

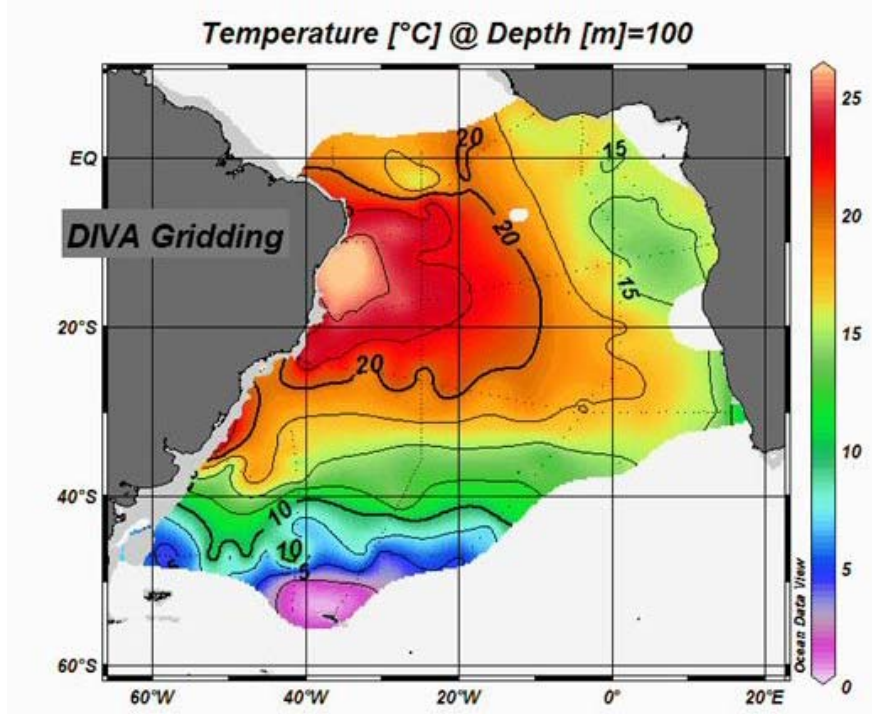


Fig. 5. View of visualization of depend concentration of temperature on the depth of the sea

## CONCLUSION

The main ecological parameters of Black Sea modeling is possible taking into account of field-recognition-scientific works carried out by scientific-workers of Water Management Institute of the Georgian Technical University and Ecocenter for Environmental Protection and treated data by computer programs: MIKADO, NEMO, ODV and DIVA. Received results give us possibility to estimate ecological conditions of Black Sea.

## REFERENCE

1. **Bilashvili K., Elizbarashvili M., Tsivtsivadze N** – Ecology of See. Tbilisi, 2009, University, 238 p. (in Georgian).
2. **Bilashvili K., et. Al** – „The Black Sea. – New Challenges: Complex socio-economic and ecological problems and solutions”. Currents, ORF, San Francisco, USA, p. 11-14 Autumn 1999.
3. **Gavardashvili G.V., Chakhaia G., Diakonize R., Tsulukize L., Supatashvili T.** – The Results and Analysis of Studies Carried out in 2011 in the Black Sea Water Area within the Boundaries of Georgia. 3<sup>rd</sup> Bi-annual BS Scientific Conference and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference. Odessa, Ukraine, 1-4 November, 2011. pp. 205.
4. **Gavardashvili G.V., Chakhaia G., Diakonize R., Tsulukize L., Supatashvili T.** – The Investigation of the Black Sea Coastal Zone Within the Boundaries of Georgia. 2<sup>nd</sup> International Scientific-Technical Conference „The Modern Problems of Environmental Protection, Architect and Construction”. Tbilisi-Kobuleti, Georgia, 2012, pp. 23-29.

**ქალაქ ყვარლის მოსახლეობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის  
მიზნით მდინარე დურუჯის კალაპოტში 2012 წლის მაისის თვეში  
ბანსორციელეზული სავალე კვლევის შედეგები**

**გივი გავარდაშვილი**  
E-mail: *givi\_gava@yahoo.com*  
*ecocenter1985@gmail.com*

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
გარემოს დაცვის ეკოცენტრი  
ქ. თბილისი, ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60

**შეჯამება**

საქართველოს პრეზიდენტის ადმინისტრაციის დავალებით (2008 წლის 20 ნოემბრის წერილი №3/29) მდ. დურუჯის წყალშემკრებ აუზში ფორმირებული დვარცოფებისაგან ქ. ყვარლის დამცავი და სტიქიის სალიკვიდაციო ღონისძიებების დასახვის მიზნით სსიპ<sup>\*)</sup> წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში შეიქმნა კომისია ჩემი ხელმძღვანელობით (ინსტიტუტის ბრძანება №მეცნ. 10, 2008 წლის 28 ნოემბერი). კომისიის მუშაობაში მონაწილეობას იღებდნენ საქართველოში დარგის ცნობილი მეცნიერ-სპეციალისტები. კომისიამ მუშაობა დაიწყო სამი მიმართულებით: 1 – საინჟინრო ტექნიკურ-ეკოლოგიური მიმართულება; 2 – სამრეწველო ტექნოლოგიური მიმართულება და 3 – ადგილობრივი ინფრასტრუქტურის განვითარების მიმართულება; კომისიას დაევადა კომისიას 2008 წლის 31 დეკემბრამდე წარმოდგინა მოსაზრებები აღნიშნული პრობლემის გადასაწყვეტად სათანადო ღონისძიებების ნუსხა, საპროექტო მოცემულობებითა და შესაბამისი საორიენტაციო ხარჯთაღრიცხვით.

კომისიის დასკვნა გაეგზავნა პრეზიდენტის ადმინისტრაციას განსახილველად. ქვემოთ წარმოდგენილია ძირითადი მიმართულებები შესაბამისი საორიენტაციო ხარჯთაღრიცხვით:

**1.1. ქ. ყვარლის მოსახლეობის მდ. დურუჯის დვარცოფებისგან დამცავი კომპლექსური ღონისძიებების საორიენტაციო ხარჯთაღრიცხვა მიმართულებების მიხედვით**

**I. საინჟინრო-ტექნიკური და ეკოლოგიური მიმართულება**

- მდ. დურუჯის მარცხენა ნაპირზე არსებული მიწის ნაპირდამცავი კედლის რეაბილიტაცია გამჭოლი რკინაბეტონის კონსტრუქციითა და მაღალი ხარისხის მიწაყრილის მოწყობით – 1 მლნ ლარი;
- მდ. დურუჯის კალაპოტის ტრანზიტულ ნაწილში ტრამპლინის ტიპის 3 ბარაჟის მოწყობა (სამეცნიერო-სარეკონსტრუქციო საპროექტო სამუშაოები – 0.5 მლნ ლარი, ტრამპლინის ტიპის ბარაჟების აშენება – 2.5 მლნ ლარი) – 3 მლნ ლარი;
- მდ. დურუჯის სათავეებთან ფიტომელიორაციული და სატყეო-სამელიორაციო ღონისძიებების განხორციელება – 1.5 მლნ ლარი;
- ორგანიზაციულ-სამეურნეო ღონისძიებების უზრუნველყოფა – 0.5 მლნ ლარი.

<sup>\*)</sup> სსიპ – საჯარო სამართლის იურიდიული პირი.

ქ. ყვარლის მოსახლეობის მდ. ღურუჯის ღვარცოფებისგან დამცავი კომპლექსური ღონისძიებების საორიენტაციო ხარჯთაღრიცხვის ჯამურმა ღირებულებამ შეადგინა 6 მლნ ლარი.

## II. სამრეწველო ტექნოლოგიური მიმართულება

- ღვარცოფული მასის გატანა (20 მლნ მ<sup>3</sup>) – 14 მლნ ლარი;
- სამშენებლო მასალის მომზადება (ცემენტის წარმოების აწყობა) – 1.3 მლნ ლარი (წლიური მოცემა – 260 000 ლარი);
- კერამიკული მასალის მომზადება (კერამიკის, ღვინის ბოთლების, კერამიკული ბუხრების, დეკორატიული აგურის, კრამიტის, თბოსაიზოლაციო მასალის წარმოება და ა.შ.) – 0.5 მლნ ლარი.

სამრეწველო ტექნოლოგიური მიმართულების ჯამურმა ღირებულებამ შეადგინა 15.8 მლნ ლარი.

## III. ადგილობრივი ინფრასტრუქტურის განვითარების მიმართულება

- ინფრასტრუქტურის განვითარება (გურჯაანი-ყვარელი 24 კმ-იანი რკინიგზის გაყვანა) – 68.81 მლნ ლარი;
- მდ. ღურუჯის კალაპოტში სამშენებლო-საექსპლუატაციო 6 კმ სიგრძის, 6 მ სიგანისა და 0.24 მ სისქის საუბნო მოასფალტებული გზის გაყვანა – 250 000 ლარი;
- მდ. ღურუჯის ზემო წელში (სათავესთან), შუა წელსა და ქ. ყვარელში 3 თანამგზავრული მეტეოროლოგიური სადგურის მოწყობა – 80 000 ლარი;
- ქ. ყვარლის მოსახლეობის ღვარცოფული საშიშროებისაგან დასაცავად გამაფრთხილებელი თანამედროვე სისტემების მდინარის კალაპოტში დაყენება – 50 000 ლარი;
- მდ. ღურუჯის შესახებ სამეცნიერო-დოკუმენტური ფილმის გადაღება – 50 000 ლარი;
- მოსახლეობაში ეკოგანათლების გავრცელება (ბროშურების, პროსპექტების გამოცემა) – 100 000 ლარი.

ადგილობრივი ინფრასტრუქტურის განვითარებისათვის სულ საჭიროა 69.34 მლნ ლარი.

## ძირითადი ნაწილი

### 1. მდ. ღურუჯის კალაპოტის თანამედროვე მდგომარეობა და სტიქიის საწინააღმდეგო პრევენციული ღონისძიებები

მდ. ღურუჯის წყალშემკრებ აუზში ჩამდინარე აქტიური ეროზიულ-ღვარცოფული ხასიათის ხეების ეროზიული ღრანტეების მდგომარეობის შეფასებისათვის, სავსე კვლევებისა და აერო-კოსმოსური გადაღებების დეშიფრირების საფუძველზე მიღებულ იქნა დამოკიდებულება, რომლითაც იანგარიშება მთის ფერდობის ეროზიის კოეფიციენტი (E) [1, 2]:

$$E = [0,58 + 1,40 (F_1 / F_0)] \cdot (t / T)^{0,21}, \quad (1)$$

სადაც,  $F_1$  არის მდინარის წყალშემკრებ აუზში ეროზირებული ფართობი (კმ<sup>2</sup>);

$F_0$  – მდინარის მთლიანი წყალშემკრები აუზის ფართობი (კმ<sup>2</sup>);

t – საკვლევი დროის ინტერვალი (წელი);

T – მთლიანი დაკვირვების პერიოდი (ჩვენს შემთხვევაში T = 30 წელს).

(1) – დამოკიდებულების პრაქტიკაში გამოყენების ზღვრებია:

$$0,061 \leq (F_1 / F_0) \leq 0,24; \quad 0,1 \leq (t / T) \leq 1,0; \quad (2)$$

**გივი გაგარდაშვილი**

(1) დამოკიდებულების გაანგარიშებულ იქნა მდ. დურუჯის წყალშემკრებ აუზში მთის ფერდობების ეროზიის კოეფიციენტის მნიშვნელობები შესაბამისი დაზიანების ხარისხის მხედველობაში მიღებით, რომელთა რიცხოვრივი მანვენებლებიც მოცემულია ცხრილში (ცხრილი 1).

2000-2010 წწ. მდ. დურუჯის სათავეებში, ე.წ. “შავი კლდეზე” (იხ. სურ. 1), ცალკეულ ადგილებში დაფიქსირდა ღარებისა და ხრამების ქსელის ინტენსიურობა სიხშირით 15-20 მ, რაც ცნობილი ინგლისელი პროფესორის რ. მორგანის [3,5] კლასიფიკაციით შეესაბამება ეროზიის მე-7 კლასს, რომლის დროსაც ეროზიის ინტენსიურობა მეტია 500 ტ/ჰა-ზე წელიწადში.



**სურ. 1. შავი კლდე მდ. შავი დურუჯის სათავეებში**

რაც შეეხება 1 ცხრილში დამყარებულ კავშირს მთის ფერდობის ეროზიის კლასსა და ეროზიის კოეფიციენტს შორის, იგი შეფასებულია პროფესორ რ. მორგანის შკალის მიხედვით [5, 8].

**ცხრილი 1**

**მდ. დურუჯის წყალშემკრებ აუზში მთის ფერდობის ეროზიის კოეფიციენტისა და ეროზიის კლასის მნიშვნელობები [8, 9]**

№	მდინარის დასახელება	ეროზიის კოეფიციენტის მნიშვნელობები				ეროზიის კლასი (2010 წ.)	ეროზიის ინტენსიურობა წელიწადში (ტ / ჰა)
		1980 წ.	1990 წ.	2000 წ.	2010 წ.		
1	ნახეჩის ხევი	0,077	0,080	0,195	0,207	მეორე	2-5
2	სამალის ხევი	0,050	0,061	0,072	0,171	მეორე	2-5
3	სალესავეის ხევი	0,30	0,45	0,68	0,75	მესამე	5-10
4	უთხოვარის ხევი	0,84	0,92	0,98	1,00	მეოთხე	10-50
5	მშრალი გორის ხევი	0,76	0,94	1,00	1,05	მეოთხე	10-50
6	სავეფხო გორის წყალი	0,82	0,96	1,11	1,15	მეოთხე	10-50
7	წიფელ გორის წყალი	0,83	0,99	1,21	1,23	მეხუთე	50-100
8	დურუჯის სათავეები (შავი კლდე)	1,00	1,45	1,95	2,01	მეექვსე	100-500



1949 წელს ქ. ყვარლის დასაცავად აგებული 7,5 კმ სიგრძისა და 7 მ სიმაღლის კედელი ფაქტობრივად ამორტიზებულია და ქალაქს რიგ მონაკვეთებში მხოლოდ მიწაყრილის ზეინულია იცავს.

პიკეტზე (პკ) 33 – 38 – დამცავი კედლის ამ 500 მეტრიან უბანზე 2004 და 2006 წლებში აგებულ იქნა 4 მ სიმაღლის გაბიონი, რომელიც ამჟამად მთლიანად დეარცოფული გამონატანითაა ამოვსებული და გაზაფხულის წყალდიდობების შემთხვევაში კატასტროფა გარდაუვალი იქნება. ამდენად, საჭიროა სასწრაფოდ გატარდეს დროებითი ღონისძიება და აიგოს ორი მეტრის სიმაღლის გაბიონი 2250 მ<sup>3</sup> მოცულობით (სურ. 2).



სურ. 2. მდ. დურუჯის კალაპოტი პიკეტზე (პკ) 33-38.  
(2012 წლის 14 მაისი)

პკ 57–66 – დამცავი კედლის ამ მონაკვეთზე 1998 წელს ნაწილობრივ შეკეთებულ იქნა მდინარის მიერ დანგრეული მონაკვეთი. კედლის ტანში მთელ სიგრძეზე ამოსულია დიდი ზომის სხვადასხვა ჯიშის ხე-მცენარეები, რის გამოც კედელი მასიურად დანგრეული და გადაქცეულია. ამასთან, იგი მრავალ ადგილას წყლის ნაკადის მიერ გამორეცხილია და მოსალოდნელია მისი მთლიანად ჩამოქცევა. ამ 900-მეტრიან მონაკვეთზე აღდგენითი სამუშაოებია ჩასატარებელი, წინააღმდეგ შემთხვევაში გაზაფხულის ციკლური მცირე სიმძლავრის წყალდიდობაც კი საშიში იქნება [4, 10, 11, 12, 13] (სურ. 3).



სურ. 3. მდ. დურუჯის კალაპოტი პიკეტზე 66  
(2012 წლის 14 მაისი)

პკ 57-73 – დამცავი კედლის ამ მონაკვეთზე ამოსულია დიდი ზომის ხეები და კედლის ქვედა ნაწილი მრავალ ადგილას წყლისაგან საგანგაშო ზომებით გამორეცხილია. საჭიროა კედლის გაწმენდა ნარგავებისაგან და გამორეცხილი ადგილების აღდგენა (სურ. 4).



სურ. 4. მდ. დურუჯის კალაპოტი პკ 57 - 73.  
(2012 წლის 14 მაისი)

პკ 57 - 75 – ეს არის მდ. დურუჯის ღვარცოფული ნაკადების დარტყმის მთავარი მიმართულება. 2006 წელს საგზაო დეპარტამენტმა ამ მონაკვეთის 160 მ-ზე მოაწყო სამი მეტრის სიმაღლის გაბიონის დამცავი დამბა მომავალი დაშენების პერსპექტივით. მისი ორი მეტრით ამაღლებისა და 200 მეტრამდე გასაგრძელებლად საჭიროა დამატებით მოეწყოს 1590 მ<sup>3</sup> მოცულობის გაბიონი (სურ. 5)



სურ. 5. მდ. დურუჯის კალაპოტი პკ 75.  
(2012 წლის 14 მაისი)



სურ. 6. მდ. დურუჯის კალაპოტში მუშაობისას. მარჯვნიდან, თ. ნაზრიშვილი, გ. გაგარდაშვილი და ლ. წულუკიძე (2012 წლის 14 მაისი)

ქ. ყვარლის და ქ. თელავის შემაერთებელ გზაზე, მდ. დურუჯის ხიდთან კალაპოტი ნატანისაგან მთლიანად შევსებულია. ნაპირსამაგრი ფილები ზოგან გადავსებულია, ზოგან კი წადებულია წყალდიდობებისას. გადაუდებლად საჭიროა ხიდის ჩრდილოეთით 500 მ-ზე და სამხრეთით 200 მ-ზე კალაპოტის გაწმენდა დაახლოებით 70 ათ. მ<sup>3</sup> მოცულობის ნატანისაგან [6].

**ქალაქ ყვარლის მოსახლეობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის  
მიზნით მდინარე ღურუჯის კალაპოტში 2012 წლის მაისის თვეში  
ბანხორციელებული სავალე კვლევის შედეგები**

მდ. ღურუჯის მდ. ალაზანთან შესართავიდან 2 კმ-ის მანძილზე ზევით კალაპოტი მთლიანად გადავსებულია და წყალი გადაედინება სავარგულებსა და მეცხოველეობის ფერმების მიმდებარე ტერიტორიაზე [7, 10].

მდინარემ უკვე მიიტაცა 80 ჰა-ზე მეტი სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების ტერიტორია და საშიშროებაა დაიკარგოს ასეულობით ჰექტარი სავარგული. მდინარის კალაპოტის ნაწილობრივ აღსადგენად საჭიროა 2 კმ სიგრძეზე დაახლოებით 120 ათ. მ<sup>3</sup> ნატანის გატანა [13].

ზემოაღნიშნული პრობლემები მოითხოვს ოპერატიულად გადაჭრას. ისინი სისტემატურად წარმოიშობა შემდგომში სხვა მონაკვეთებზეც, თუ არ დაიწყო მდინარის კალაპოტის მასიური გაწმენდა, რაც არსებულ მდგომარეობას საგრძნობლად გააუმჯობესებს და უარყოფითი ხასიათის შედეგების რაოდენობაც საგრძნობლად შემცირდება.

**2. ქ. ყვარლის მოსახლეობის მდ. ღურუჯის ღვარცოფებისა და  
დაცვის ღონისძიებათა კომპლექსური სქემა**

ჯერ კიდევ XIX საუკუნის ბოლოსა და XX საუკუნის დასაწყისიდან დაფიქსირებულია ქ. ყვარლის დასახლებულ პუნქტზე ღვარცოფული (ქვა-ტალახოვანი) ნაკადების დამანგრეველი ზემოქმედება. აღნიშნული პერიოდიდან დღემდე ღვარცოფული გამონატანის მოცულობა ქალაქის დასავლეთით მდებარე მდ. ღურუჯის კალაპოტსა და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, 20 მლნ მ<sup>3</sup>-ს შეადგენს. ცალკეულ ადგილებში ღვარცოფული გამონატანის ნიშნული მდინარის კალაპოტში ქალაქის დამცავი კედლის მიღმა 20-25 მეტრით მაღლაა ვიდრე სამოსახლო ტერიტორიები [1, 2, 3]. ეს პროცესი კალაპოტში დღესაც გრძელდება (ცხრილი 2) [2, 9].

ცხრილი 2

**მდინარე ღურუჯის ღვარცოფის მიერ ტრანსპორტირებული  
ღვარცოფული მასის თანხვედრის მაჩვენებლები [2]**

№	ღვარცოფის გაელის წელი	ღვარცოფის ხარჯი $Q_{max}$ (მ <sup>3</sup> /წმ)	ღვარცოფის გაელის ხანგრძლიობა $T$ (წმ)	ღვარცოფის მოცულობა - $W$ (მ <sup>3</sup> )		ცდომილება (%)
				საველე მონაცემები	ფორმულით [1] $W = 0,138 \cdot T^{1,52} \cdot Q_{max}^{0,73}$	
1	2	3	4	5	6	7
1	1899	434,8	1380	600024	689361	12,9
2	1906	2000,0	900	1 800000	1096675	39,6
3	1947	1666,6	960	1 599936	1058926	33,8
4	1949	370,4	1620	600048	782448	23,3
5	1956	253,2	900	227880	242579	6,1
6	1957	199,2	960	191232	224600	14,8
7	1961	159,6	900	143640	173197	17,1
8	1961	210,0	660	138600	132055	4,7
9	1961	740,0	1560	1 154400	1224423	5,7
10	1961	250,0	2160	540000	909388	40,6
11	1963	172,0	960	165120	201774	18,2
12	1963	132,0	420	55440	47341	14,6



გივი გაგარდაშვილი

ცხრილი 2 (გაგრძელება)

1	2	3	4	5	6	7
13	1963	703,0	1740	1 223220	1 392487	12,2
14	1963	144,0	840	120960	144673	16,4
15	1963	73,0	420	30660	30722	0,2
16	1963	470,0	3300	1 551000	2 745691	43,5
17	1963	103,0	180	18540	10896	41,2
18	1963	1244,0	720	895680	552387	38,3
19	1963	443,0	1380	611340	698827	12,5
20	1963	288,0	300	86400	50172	41,9
21	1963	150,0	360	54000	41115	23,8
22	1963	262,0	720	188640	177167	6,1
23	1963	446,0	360	160560	91091	43,3
24	1963	205,0	900	184500	207926	11,3
25	1963	82,0	300	24600	20053	18,5
26	1963	62,0	1020	63240	105050	39,8
27	1973	200,6	900	180540	204658	11,8
28	1976	240,2	840	201768	210185	4,0
29	1977	167,6	720	120672	127863	5,6
30	1981	264,0	1200	316800	387263	18,2
31	1982	458,0	300	137400	70394	48,7
32	1983	229,0	720	164880	160585	2,6
33	1984	162,0	960	155520	193142	19,5
34	1986	282,0	720	203040	186942	7,9
35	1986	160,0	1500	240750	377177	36,2
36	1986	321,0	900	288900	288454	0,2
37	1990	114,0	1200	136800	209785	34,8
38	1992	330,2	1500	495300	640086	22,6
39	1997	221,1	1080	239868	289889	17,3
40	1999	333,3	1500	500000	644477	22,4

საგანგაშო ის არის, რომ ეროზიულ-დვარცოფული პროცესების ინტენსივობა კი არ იკლებს, არამედ მატულობს კიდევ და თუ დროულად არ იქნა მიღებული ქმედითი ღონისძიებები, არის იმის საშიშროება, რომ დასახლებული პუნქტის მოსახლეობის ნაწილი აღმოჩნდეს ამ სტიქიური მოვლენის მსხვერპლი.

შექმნილი მდგომარეობიდან გამოსვლის გზები მოითხოვს ფართომასშტაბიანი კომპლექსური ხასიათის ქვემოთ დასახლებული სამუშაოების ჩატარებას, რომლებიც უნდა ითვალისწინებდეს შემდეგი ღონისძიებების განხორციელებას, რისთვისაც გამოყენებულ უნდა იქნეს დვარცოფული გამონატანის შემცირების ყველა ჩვენს ხელთ არსებული უმნიშვნელო შესაძლებლობებიც კი.

## დასკვნა

### 1. ზოგადი ხასიათის დასკვნები და რეკომენდაციები

- უნდა განხორციელდეს ღონისძიებები როგორც ღვარცოფის წარმოშობის მიზეზების, ისე ღვარცოფის გავლის შედეგების წინააღმდეგ.
- საჭირო იქნება არსებული სამეცნიერო კვლევების სრულყოფა და ახლის შემუშავება შესაბამისი საპროექტო სამუშაოების სრულყოფასთან ერთად.
- მთელი ეს სამუშაოები მოითხოვს სერიოზული ფინანსური და მატერიალური სახსრების მიზანმიმართულ მობილიზაციას და ისინი მომავალშიც ორიენტირებული უნდა იყოს გადებული ხარჯების თუ მთლიანად არა, ნაწილობრივ ამოღებაზე მაინც;
- ზემოთ მითითებული თითოეული პოზიცია წარმოადგენს ცალკეულ მიმართულებას, რომლებიც ურთიერთკავშირში უნდა იყოს და მოითხოვს სერიოზულ შესწავლასა და დამუშავებას მათი რენტაბელობის გათვალისწინებით;
- ქალაქის დაცვის სამუშაოები საჭიროებს მოკლე, საშუალო და გრძელვადიანი დეტალური კალენდარული გეგმის შემუშავებას ცალკეულ პოზიციათა სპეციფიურობის გათვალისწინებით;
- თითოეული ზემოთ მითითებული პუნქტის სისრულეში მოყვანა მოითხოვს განსაზღვრულ დროს, პროფესიონალურ მიდგომასა და სათანადო დაფინანსებას;
- პროექტის რეალიზაცია მნიშვნელოვანი ოდენობის თანხების მოზიდვასთან იქნება დაკავშირებული, მაგრამ არა იმაზე მეტის, რასაც მოითხოვს ათი ათასობით ადამიანის სიცოცხლისა და სხვა მატერიალური ფასეულობების (ქინძმარაულის ვენახების, ისტორიული ძეგლებისა და სხვა მნიშვნელოვანი ობიექტების) გადარჩენა;
- პროექტის დაფინანსება ეტაპობრივად და იმ ოდენობით უნდა განხორციელდეს, რასაც მოითხოვს ობიექტის უსაფრთხოება.

### 2. ქალაქ ყვარლის მოსახლეობის დაცვის ღონისძიებები

#### მოვლენის მიზეზებთან ბრძოლის მეთოდები

- ღვარცოფის წარმოშობის მთავარი კერის – შავი კლდის (სურ. 1) ეროზირებადი ზედაპირი დამუშავებულ უნდა იქნეს ცემენტის ხსნარის ან გრუნტის სხვა გამამკვრივებელი საშუალებებით, რათა შემცირდეს ღვარცოფწარმოშობის ამ კერის აქტიური ნგრევა;
- გადაუდებლად და უწყვეტად უნდა ხორციელდებოდეს მდინარის სათავეში სატყეო-სამელიორაციო სამუშაოები, რაც საგრძნობლად შეამცირებს ზედაპირულ ეროზიულ პროცესებს.
- შავი ღურუჯის კალაპოტიდან თეთრი ღურუჯის შესართავამდე და ქვევით უნდა აიგოს გამჭოლი ტიპის სხვადასხვა სიმაღლის კაშხლების კასკადი ზედა ბიეფში მყარი ღვარცოფული გამონატანის აკუმულირების მიზნით. კაშხლების ასაგებად უნდა შეირჩეს ისეთი კვეთები, რომლებიც ნაგებობების მინიმალური სიმაღლის პირობებშიც კი დააკავენ მაქსიმალური ოდენობის მყარ ჩამონადენს. ამით ღვარცოფის ჰიდროგრაფის პიკი მოიხსნება და საგრძნობლად შემცირდება მისი დამანგრეველი ზემოქმედების ძალა.
- ეროზიულ ღრანტებს და აუზის სხვა სენსიტიურ უბნებთან მისასვლელად შესაძლებელია მოეწეოს საავტომობილო და საბაგირო გზები და, თუ საჭიროება იქნა, ვიწრო-ლიანდაგიანი რკინიგზაც კი, როგორც ეს კეთდება მსოფლიოს ანალოგიურ რეგიონებში.

---

---

**მოვლენის შედეგებთან ბრძოლის მეთოდები**

- სასურველია მდინარის მარცხენა სანაპიროს გასწვრივ ზემო უბნებზე ნაპირდამცავი კედლების ამაღლება ღვარცოფის შესაძლო გადმოდინების აღკვეთის მიზნით;
- მდ. დურუჯის გამოტანის კონუსიდან რეგულარულად უნდა ხდებოდეს ღვარცოფული ჩამონადენის გატანა წინასწარ შერჩეულ ადგილებში გარემოსათვის ნაკლები ზიანის მიყენების გათვალისწინებით;
- მიზანშეწონილია მდინარის გამოტანის კონუსზე გაწმენდითი სამუშაოების წარმოება, რაც მოითხოვს სპეციალური მექანიზმების (თვითმცლელების, ექსკავატორების, ბულ-დოზერების, ლენტური ტრანსპორტიორების, და ა.შ.) გამოყენებასა და ამ სამუშაოების ოპერატიული და გრძელვადიანი სქემების დამუშავებას;
- მდინარის მყარი ჩამონატანის გატანის არსებული სქემა - მისი განთავსება მდინარის მარცხენა ნაპირის კედელთან - კონტროლოდუქტიულია, ვინაიდან ღვარცოფის ბუნებიდან გამომდინარე მას შეუძლია ადვილად გადალახოს ეს წინააღმდეგობა, რადგან იგი ხასიათდება მოძრაობის მიღებული მიმართულების შენარჩუნებითა და განსაზღვრული სიმაღლის კედლის გადალახვის უნარით;
- ნარიყის კონუსზე ღვარცოფული გამონატანის უსაფრთხო ადგილებში განთავსების მიზნით მიზანშეწონილია განხორციელდეს მდინარის ქვედა უბანზე არსებული სანაპირო კედლების ამაღლება. ამ გზით შესაძლებელია გამონატანის რაღაც ნაწილის უსაფრთხო განთავსება ამ ხელოვნურად შექმნილ სივრცეში.

**ორგანიზაციულ-სამეურნეო ხასიათის ღონისძიებები**

- ღვარცოფის მოსალოდნელი გავლის შემთხვევაში უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს მოსახლეობის ოპერატიული ინფორმირება ანუ მოსალოდნელი საშიშროების დროულად მაუწყებლობის მექანიზმის შემუშავება;
- გამოყენებულ იქნეს ღვარცოფის პროგნოზირების ყველა არსებული მეთოდი, მათ შორის აკადემიკოს ც. მირცხულავას რეკომენდაცია [11], რომელიც დამყარებულია საიმედოობის თეორიის საფუძვლებზე და ღვარცოფულ კერებში დაგროვილი ღვარცოფული მასალის ოდენობის ფიქსირებაზე, მის ძვრაზე კრიტიკული მდგომარეობის შეფასების მიზნით;
- მოსახლეობაში ახსნა-განმარტებითი სამუშაოების ჩატარება ღვარცოფის მოსალოდნელი გავლის შემთხვევაში ქცევების შესახებ.

**ღვარცოფული გამონატანის შესაძლო გამოყენება სახალხო მეურნეობაში (უტილიზაცია)**

- შემუშავდეს ღონისძიებები ღვარცოფული გამონატანის უტილიზაციისათვის: ვენახისათვის სასუქის სახით გამოყენება, სამშენებლო მასალად გამოყენება, კერამიკული ნაკეთობების დამზადება, მშენებლობისათვის თბოსაიზოლაციო, აგრეთვე მოსაპირკეთებელი ფილების დამზადება რელიეფდანაწევრებული ტერიტორიების მოსაშენდაკებლად, საავტომობილო გზების მშენებლობაზე და ა.შ., რითაც ჩანაცვლდება იმპორტირებული სხვადასხვა სახის სამშენებლო მასალები, უფრო მეტიც - ჩვენი ქვეყანა შესაძლებელია გახდეს ამ სახეობის სამშენებლო მასალის ექსპორტიორიც კი.

---

## ლიტერატურა

1. **გავარდაშვილი გ.ვ.** – Разработка схем расположения противоселевых сооружений на горных реках. Труды международной конференции по теме эрозионно-селевые явления и некоторые смежные проблемы. Труды института Грузгидроэкологии. Тбилиси, 2001, с. 33 – 39.
2. **გავარდაშვილი გ.ვ.** – მდინარე დურუჯის აუზში ეროზიულ-დვარცოფული პროცესების პროგნოზირება და მათი საწინააღმდეგო ახალი საინჟინრო-ეკოლოგიური ღონისძიებები. “მეცნიერება” თბილისი, 2003, 116 გვ.
3. **გავარდაშვილი გ.ვ., Чахая Г. Г., Цулукидзе Л. Н.** – Оценка эрозионно-селевых явлений в бассейнах рек Терек, Белая Арагви и Дуруджи. В кн.: Защита народнохозяйственных объектов от воздействия селевых потоков. (Материалы Международной конференции по селям). Новочеркасск – Пятигорск, 2003, с. 22- 24.
4. **გავარდაშვილი გ.ვ., ჩახაია გ.გ.** – საქართველოს ძირითადი დვარცოფული ტიპის მდინარეთა აუზების ტიპოლოგია და მათი შეფასება. წიგნში – “წყალსამეურნეო და ჰიდრომელიორაციული ობიექტების მდგრადობა საიმედოობა და ეკოლოგიური უსაფრთხოება” საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის “ჰიდროეკოლოგიის” ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული, თბილისი 2005, გვ. 12 – 19.
5. **გავარდაშვილი გ.ვ.** – Прогнозирование эрозионных процессов в бассейне реки Дуруджи. Труды Международной конференции – Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Пятигорск, 2008, с. 270-273.
6. **გავარდაშვილი გ.ვ.** - Определение максимальных расходов селевых потоков на реке Дуруджи. Труды Международной конференции – Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Пятигорск, 2008, с.274-277.
7. **გავარდაშვილი გ.ვ.** – Современное экологическое состояние бассейна р. Дуруджи. //Экологические системы и приборы. Москва, 2008, с. 51-55.
8. **გავარდაშვილი გ.ვ.** - ბუნებრივი და ტექნოგენური კატასტროფების მთის ლანდშაფტების უსაფრთხოების ღონისძიებები. თბილისი, გამომცემლობა „უნივერსალი“, 2011, 237 გვ.
9. **Gavardashvili G.V., Ayyb B.M.** - The Field Investigation of Erosion and Debris Flow Processes in Catchment Basin of the Duruji River. 5th International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation, Mechanics, Prediction and Assessment. Padua, ITALY - 14-17 June 2011. pp. 63-71.
10. **გაგოშიძე მ.ს.** – Селевые явления и борьба с ними. Тбилиси, 1970, 385 с.
11. **Мирцхулава Ц.Е.** – Оценка частоты появления селей катастрофического характера. // Гидротехническое строительство, 1998, №5, с. 16-19.
12. **ნატიშვილი ო.გ., ტევადзе ვ.ი.** – Селевые явления. Тбилиси, «Мецნიერება», 1994, 205 с.
13. **Церетели Э.Д., Бердзенишвили Д.П., Таташидзе З.И., Челидзе Т.Д., Тавелишвили ო.გ., Херхеулидзе Г.И., ტევადзе ვ.ი.** - Особенности формирования катастрофических селей в бассейне р. Дуруджи и безопасность г. Кварели. Эрозионно-селевые явления и некоторые смежные проблемы. Труды международной конференции. Тбилиси, 2001, с. 229-235.

**ცხრილით მოცემული მრავალცვლადიანი ფუნქციის ანალიზური  
სახით ჩაწერის და ექსპერიმენტის დაბეზმვისა და ჩატარების მათემატიკური  
მოდელების მეთოდი**

ირაკლი გორჯოლაძე<sup>1</sup>, ნათია გორჯოლაძე<sup>2</sup>, ხატია გორჯოლაძე<sup>1</sup>

E-mail: *khatia\_g@yahoo.com*

1) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მ. კოსტავას ქ. №77, ქ. თბილისი, საქართველო

2) შპს “იუ-ჯი-თი”  
ი. ჭავჭავაძის გამზ. №17ა, ქ. თბილისი, საქართველო

**შესავალი**

ვიხილავთ  $n \geq 2$  ცვლადზე დამოკიდებულ  $u(x, y, z, t, \dots, v, l, \omega, \tau)$  ცხრილით მოცემულ ფუნქციას, რომლის ცვლადების დონეებია შესაბამისად  $\alpha, \beta, \mu, \delta, \dots, \gamma, \sigma, \rho, \lambda$  (მივიღოთ, რომ  $\alpha \geq \beta \geq \mu \geq \delta \geq \dots \geq \sigma \geq \rho \geq \lambda$ ). ფიქსირებული ინდექსებია:  $c, s; d, k; p, q; \dots, a, b, m, g; u \in R^n$ .

შემოვიღოთ მრავალცვლადიანი ფუნქციის რანგის ცნება. დავიწყოთ უმარტივესი შემთხვევით:  $n=2$ . ვთქვათ,  $u(x, y)$  ფუნქცია მოცემულია 1-ლი ცხრილით. მისი ელემენტებით შევადგინოთ  $U = (u_{ij})$  მატრიცა და ვუწოდოთ მას ფუნქციის მნიშვნელობათა მატრიცა. მისი რანგი აღვნიშნოთ  $r$ -ით.

**განსაზღვრა 1.** თუ  $r < \beta$ , მაშინ  $r$ -ს ვუწოდოთ ორცვლადიანი ფუნქციის რანგი. მაგალითად,  $F = ma$  ფუნქციის რანგი არის 1, ხოლო  $\sin(x+y)$ -სა - 2.

$u(x, y, z)$  სამცვლადიან ფუნქციაში ერთ-ერთი ცვლადის დაფიქსირებით მიღებული დანარჩენ ორ ცვლადზე დამოკიდებულებების რანგები შესაბამისად აღვნიშნოთ  $r_x, r_y, r_z$ -ით.

**განსაზღვრა 2.**  $r_x, r_y$  და  $r_z$  რიცხვებს შორის უდიდესს ვუწოდოთ სამცვლადიანი ფუნქციის რანგი. ანალოგიურად განისაზღვრება ოთხ და უფრო მეტ ცვლადზე დამოკიდებული ფუნქციის რანგი.

**ცხრილი 1**

$y \backslash x$	$y_1$	$y_2$	$\cdot$	$y_j$	$\cdot$	$y_d$	$\cdot$	$y_k$	$\cdot$	$y_\beta$
$x_1$	$u_{11}$	$u_{12}$	$\cdot$	$u_{1j}$	$\cdot$	$u_{1d}$	$\cdot$	$u_{1k}$	$\cdot$	$u_{1\beta}$
$x_2$	$u_{21}$	$u_{22}$	$\cdot$	$u_{2j}$	$\cdot$	$u_{2d}$	$\cdot$	$u_{2k}$	$\cdot$	$u_{2\beta}$
$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$
$x_i$	$u_{i1}$	$u_{i2}$	$\cdot$	$u_{ij}$	$\cdot$	$u_{id}$	$\cdot$	$u_{ik}$	$\cdot$	$u_{i\beta}$
$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$
$x_c$	$u_{c1}$	$u_{c2}$	$\cdot$	$u_{cj}$	$\cdot$	$u_{cd}$	$\cdot$	$u_{ck}$	$\cdot$	$u_{c\beta}$
$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$
$x_s$	$u_{s1}$	$u_{s2}$	$\cdot$	$u_{sj}$	$\cdot$	$u_{sd}$	$\cdot$	$u_{sk}$	$\cdot$	$u_{s\beta}$
$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$
$x_\alpha$	$u_{\alpha 1}$	$u_{\alpha 2}$	$\cdot$	$u_{\alpha j}$	$\cdot$	$u_{\alpha d}$	$\cdot$	$u_{\alpha k}$	$\cdot$	$u_{\alpha \beta}$

**შენიშვნა 1.** მივიღოთ, რომ ქვემოთ განხილული ყველა ფუნქცია ელემენტარულია.

[1] ნაშრომში დავამტკიცეთ შემდეგი თეორემა: თუ  $n \geq 2$  ცვლადზე დამოკიდებული  $u(x, y, z, t, \dots, v, l, \omega, \tau)$  ფუნქციის რანგი არის 1, მაშინ მისი მათემატიკური მოდელია

$$u = f(x)\varphi(y)\eta(z)\xi(t)\cdots\zeta(v)\psi(l)w(\omega)\theta(\tau) \quad (1)$$

ხოლო ანალიზური სახის დამდგენი ფორმულა –

$$u = u_{dpq\dots abmg}(x)u_{cdp\dots abmg}(y)u_{cdq\dots abmg}(z)\cdots u_{cdpq\dots amg}(l)u_{cdpq\dots abg}(\omega) \times \\ \times u_{cdpq\dots abm}(\tau):u_{cdpq\dots abmg}^{n-1} \quad (2)$$

როცა  $n=2$ , მაშინ (1) და (2) ასეთ სახეს იღებს:

$$u(x, y) = f(x)\varphi(y), \quad (3)$$

$$u(x, y) = u_d(x)u_c(y)/u_{cd}. \quad (4)$$

როცა  $n=3$ , მაშინ

$$u(x, y, z) = f(x)\varphi(y)\eta(z), \quad (5)$$

$$u(x, y, z) = u_{dp}(x)u_{cp}(y)u_{cd}(z)/u_{cdp}^2. \quad (6)$$

(2)-ით გამოსახულ კანონზომიერებას **ნამრავლის კანონი** ვუწოდებთ.

$\det U_r$  სიმბოლოთი აღვნიშნოთ  $U$  მატრიცის ელემენტებით შედგენილი  $r$  რიგის დეტერმინანტი. ერთ-ერთი სტრიქონი (სვეტი) გამოვაკლოთ დანარჩენ სტრიქონებს (სვეტებს) და მაკლები სტრიქონი (სვეტი) შევცვალოთ ერთეულოვანი სტრიქონით (სვეტით). მიღებულ დეტერმინანტს ვუწოდებთ **სხვაობ-ერთეულოვანი დეტერმინანტი** და აღვნიშნოთ ის  $\det \bar{U}_r$ -ით.

**განსაზღვრა 3.** თუ  $u$  ფუნქციის  $U$  მნიშვნელობათა მატრიცის ელემენტებით შედგენილი  $r+1$  რიგის სხვაობ-ერთეულოვანი დეტერმინანტებიდან ერთი მაინც განსხვავებულია ნულისგან, ხოლო  $r$  რიგისა კი ყველა ნულის ტოლია და, თუ  $r < \beta$ , მაშინ  $r$ -ს ვუწოდებთ  $u$  ფუნქციის **ხაზიანი რანგი** და აღვნიშნოთ ის  $\bar{F}$ -ით.

### პირითაღი ნაწილი

[2] ნაშრომში დავამტკიცეთ შემდეგი თეორემა: თუ  $n \geq 2$  ცვლადზე დამოკიდებული  $u(x, y, z, t, \dots, v, l, \omega, \tau)$  ფუნქციის ხაზიანი რანგი არის 2, მაშინ მისი მათემატიკური მოდელია

$$u = f(x) + \varphi(y) + \eta(z) + \xi(t) + \cdots + \zeta(v) + \psi(l) + w(\omega) + \theta(\tau), \quad (7)$$

ხოლო ანალიზური სახის დამდგენი ფორმულა –

$$u = u_{dpq\dots abmg}(x) + u_{cdp\dots abmg}(y) + u_{cdq\dots abmg}(z) + \cdots + u_{cdpq\dots amg}(l) + u_{cdpq\dots abg}(\omega) + \\ + u_{cdpq\dots abm}(\tau) - (n-1)u_{cdpq\dots abmg} \quad (8)$$

როცა  $n=2$ , მაშინ (1) და (2) ასეთ სახეს იღებს:

$$u(x, y) = f(x) + \varphi(y), \quad (9)$$

$$u(x, y) = u_d(x) + u_c(y) - u_{cd}. \quad (10)$$

როცა  $n=3$ , მაშინ

$$u(x, y, z) = f(x) + \varphi(y) + \eta(z), \quad (11)$$

$$u(x, y, z) = u_{dp}(x) + u_{cp}(y) + u_{cd}(z) - u_{cdp}^2. \quad (12)$$

(8)-ით გამოსახულ კანონზომიერებას ჯამის კანონი ვუწოდებთ.

[3] ნაშრომში განვიხილეთ ცხრილით მოცემული  $u(x, y, z, t)$  ოთხცვლადიანი ფუნქციის (ცხრილი 2) ის შემთხვევა, როცა მისი რანგი 2. მივიღეთ ფუნქციის ანალიზური სახის დამღებნი ფორმულა,

$$u(x, y, z, t) = \{u_d(x, z, t)[u_c(y, z, t)u_{sk}(z, t) - u_s(y, z, t)u_{ck}(z, t)] - u_k(x, z, t)[u_c(y, z, t)u_{sd}(z, t) - u_s(y, z, t)u_{cd}(z, t)] : [u_{cd}(z, t)u_{sk}(z, t) - u_{ck}(z, t)u_{sd}(z, t)], \quad (13)$$

რომელშიც შემავალი სამცვლადიანი ფუნქციები ბმულებით გამოითვლება შემდეგი ფორმულებით:

$$u_d(x, z, t) = \{u_{dp}(x, t)[u_{cd}(z, t)u_{sdq}(t) - u_{sd}(z, t)u_{cdq}(t)] - u_{dq}(x, t)[u_{cd}(z, t)u_{sdp}(t) - u_{sd}(z, t)u_{cdp}(t)]\} : [u_{cdp}(t)u_{sdq}(t) - u_{cdq}(t)u_{sdp}(t)], \quad (14)$$

$$u_k(x, z, t) = \{u_{kp}(x, t)[u_{ck}(z, t)u_{skq}(t) - u_{sk}(z, t)u_{ckq}(t)] - u_{kq}(x, t)[u_{ck}(z, t)u_{skp}(t) - u_{sk}(z, t)u_{ckp}(t)]\} : [u_{ckp}(t)u_{skq}(t) - u_{ckq}(t)u_{skp}(t)], \quad (15)$$

$$u_c(y, z, t) = \{u_{cp}(y, t)[u_{cd}(z, t)u_{ckq}(t) - u_{ck}(z, t)u_{cdq}(t)] - u_{cq}(y, t)[u_{cd}(z, t)u_{ckp}(t) - u_{ck}(z, t)u_{cdp}(t)]\} : [u_{cdp}(t)u_{ckq}(t) - u_{cdq}(t)u_{ckp}(t)], \quad (16)$$

$$u_s(y, z, t) = \{u_{sp}(y, t)[u_{sd}(z, t)u_{skq}(t) - u_{sk}(z, t)u_{sdq}(t)] - u_{sq}(y, t)[u_{sd}(z, t)u_{skp}(t) - u_{sk}(z, t)u_{sdp}(t)]\} : [u_{sdp}(t)u_{skq}(t) - u_{sdq}(t)u_{skp}(t)], \quad (17)$$

ცხრილი 2

t	z	z <sub>l</sub>						.	z <sub>p</sub>						.	z <sub>q</sub>						.
	y x	y <sub>l</sub>	.	y <sub>d</sub>	.	y <sub>k</sub>	.	.	y <sub>d</sub>	.	y <sub>k</sub>	.	.	.	y <sub>d</sub>	.	y <sub>k</sub>	.	.			
t <sub>l</sub>	x <sub>l</sub>	u <sub>l111</sub>	.	u <sub>l1d11</sub>	.	u <sub>l1k11</sub>	.	.	u <sub>l1dp1</sub>	.	u <sub>l1kp1</sub>	.	.	.	u <sub>l1dq1</sub>	.	u <sub>l1kq1</sub>	.	.			
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
	x <sub>c</sub>	u <sub>cl11</sub>	.	u <sub>cd11</sub>	.	u <sub>ck11</sub>	.	.	u <sub>cdp1</sub>	.	u <sub>ckp1</sub>	.	.	.	u <sub>cdq1</sub>	.	u <sub>ckq1</sub>	.	.			
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
	x <sub>s</sub>	u <sub>sl11</sub>	.	u <sub>sd11</sub>	.	u <sub>sk11</sub>	.	.	u <sub>sdp1</sub>	.	u <sub>skp1</sub>	.	.	.	u <sub>sdq1</sub>	.	u <sub>skq1</sub>	.	.			
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
t <sub>e</sub>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
	x <sub>c</sub>	u <sub>cl1e</sub>	.	u <sub>cd1e</sub>	.	u <sub>ck1e</sub>	.	.	u <sub>cdpe</sub>	.	u <sub>ckpe</sub>	.	.	.	u <sub>cdqe</sub>	.	u <sub>ckqe</sub>	.	.			
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
	x <sub>s</sub>	u <sub>sl1e</sub>	.	u <sub>sd1e</sub>	.	u <sub>sk1e</sub>	.	.	u <sub>sdpe</sub>	.	u <sub>skpe</sub>	.	.	.	u <sub>sdqe</sub>	.	u <sub>skqe</sub>	.	.			
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			

ცხრილი 2 (გაგრძელება)

$t_h$	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
	$x_c$	$u_{c11h}$	.	$u_{cd1h}$	.	$u_{ck1h}$	.	.	.	$u_{cdph}$	.	$u_{ckph}$	.	.	.	$u_{cdqh}$	.	$u_{ckqh}$	.	.	
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	$x_s$	$u_{s11h}$	.	$u_{sd1h}$	.	$u_{sk1h}$	.	.	.	$u_{sdph}$	.	$u_{skph}$	.	.	.	$u_{sdqh}$	.	$u_{skqh}$	.	.	
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

ხოლო ორცვლადიანი ფუნქციებისთვის გვაქვს შემდეგი ფორმულები:

$$u_{dp}(x, t) = \{u_{dpe}(x)[u_{cdp}(t)u_{sdph} - u_{sdp}(t)u_{cdph}] - u_{dph}(x)[u_{cdp}(t)u_{sdpe} - u_{sdp}(t)u_{cdpe}]\} : \\ : (u_{cdpe}u_{sdph} - u_{cdph}u_{sdpe}), \quad (18)$$

$$u_{dq}(x, t) = \{u_{dpe}(x)[u_{cdq}(t)u_{sdqh} - u_{sdq}(t)u_{cdqh}] - u_{dph}(x)[u_{cdq}(t)u_{sdqe} - u_{sdq}(t)u_{cdqe}]\} : \\ : (u_{cdqe}u_{sdqh} - u_{cdqh}u_{sdqe}), \quad (19)$$

$$u_{kp}(x, t) = \{u_{kpe}(x)[u_{ckp}(t)u_{skph} - u_{skp}(t)u_{ckph}] - u_{kph}(x)[u_{ckp}(t)u_{skpe} - u_{skp}(t)u_{ckpe}]\} : \\ : (u_{ckpe}u_{skph} - u_{ckph}u_{skpe}), \quad (20)$$

$$u_{kq}(x, t) = \{u_{kpe}(x)[u_{ckq}(t)u_{skqh} - u_{skq}(t)u_{ckqh}] - u_{kph}(x)[u_{ckq}(t)u_{skqe} - u_{skq}(t)u_{ckqe}]\} : \\ : (u_{ckqe}u_{skqh} - u_{ckqh}u_{skqe}), \quad (21)$$

$$u_{cp}(y, t) = \{u_{cpe}(y)[u_{cdp}(t)u_{ckph} - u_{ckp}(t)u_{cdph}] - u_{cph}(y)[u_{cdp}(t)u_{ckpe} - u_{ckp}(t)u_{cdpe}]\} : \\ : (u_{cdpe}u_{ckph} - u_{cdph}u_{ckpe}), \quad (22)$$

$$u_{cq}(y, t) = \{u_{sqe}(y)[u_{cdp}(t)u_{ckqh} - u_{ckq}(t)u_{cdph}] - u_{cqh}(y)[u_{cdq}(t)u_{ckqe} - u_{ckq}(t)u_{cdqe}]\} : \\ : (u_{cdqe}u_{ckqh} - u_{cdqh}u_{ckqe}), \quad (23)$$

$$u_{sp}(y, t) = \{u_{spe}(y)[u_{sdp}(t)u_{skph} - u_{skp}(t)u_{sdph}] - u_{sph}(y)[u_{sdp}(t)u_{skpe} - u_{skp}(t)u_{sdpe}]\} : \\ : (u_{sdpe}u_{skph} - u_{sdph}u_{skpe}), \quad (24)$$

$$u_{sq}(y, t) = \{u_{sqe}(y)[u_{sdp}(t)u_{skqh} - u_{skq}(t)u_{sdph}] - u_{sqh}(y)[u_{sdq}(t)u_{skqe} - u_{skq}(t)u_{sdqe}]\} : \\ : (u_{cdqe}u_{ckqh} - u_{cdqh}u_{ckqe}), \quad (25)$$

$$u_{cd}(z, t) = \{u_{cde}(z)[u_{cdp}(t)u_{cdqh} - u_{cdq}(t)u_{cdph}] - u_{cph}(z)[u_{cdp}(t)u_{cdqe} - u_{cdp}(t)u_{cdpe}]\} : \\ : (u_{cdpe}u_{cdqh} - u_{cdph}u_{cdqe}), \quad (26)$$

$$u_{sd}(z, t) = \{u_{sde}(z)[u_{sdp}(t)u_{sdqh} - u_{sdq}(t)u_{sdph}] - u_{sdh}(z)[u_{sdp}(t)u_{sdqe} - u_{sdp}(t)u_{sdpe}]\} : \\ : (u_{sdpe}u_{sdqh} - u_{sdph}u_{sdqe}), \quad (27)$$

$$u_{ck}(z, t) = \{u_{cke}(z)[u_{ckp}(t)u_{ckqh} - u_{ckq}(t)u_{ckph}] - u_{ckh}(z)[u_{ckp}(t)u_{ckqe} - u_{skp}(t)u_{ckpe}]\} : \\ : (u_{ckpe}u_{ckqh} - u_{ckph}u_{ckqe}), \quad (29)$$



$$u_{sk}(z, t) = \{u_{ske}(z)[u_{skp}(t)u_{sdqh} - u_{skq}(t)u_{skph}] - u_{skh}(z)[u_{skp}(t)u_{skqe} - u_{skq}(t)u_{skpe}]\} : (u_{skpe}u_{skqh} - u_{skph}u_{skqe}). \quad (30)$$

[4] ნაშრომში განვიხილეთ ორცვლადიანი ფუნქციის შემდეგი სახის მათემატიკური მოდელები, რომელთაც ჩვენ რაციონალურ-მაჩვენებლიანი ხარისხის შემცველი მათემატიკური მოდელები ვუწოდებთ ( $\lambda = const \in \mathcal{Q}$ ):

$$u(x, y) = \left[ \sum_{v=1}^r f_v(x) \varphi_v(y) \right]^\lambda, \quad (31)$$

$$u(x, y) = \left[ \sum_{v=1}^{r-1} f_v(x) \varphi_v(y) + g(x) \right]^\lambda, \quad (32)$$

$$u(x, y) = \left[ \sum_{v=1}^{r-1} f_v(x) \varphi_v(y) + \psi(y) \right]^\lambda, \quad (33)$$

$$u(x, y) = \left[ \sum_{v=1}^r f_v(x) \varphi_v(y) + a \right]^\lambda, \quad (34)$$

$$u(x, y) = \left[ \sum_{v=1}^{r-2} f_v(x) \varphi_v(y) + g(x) + \psi(y) \right]^\lambda, \quad (35)$$

$$u(x, y) = \left\{ \prod_{v=1}^{r'-1} [f_v(x)]^{\varphi_v(y)} + a \right\}^\lambda, \quad (36)$$

$$u(x, y) = \left\{ \prod_{v=1}^{r'-1} [f_v(x)]^{\varphi_v(y)} g(x) + a \right\}^\lambda, \quad (37)$$

$$u(x, y) = \left\{ \prod_{v=1}^{r'-1} [f_v(x)]^{\varphi_v(y)} \psi(y) + a \right\}^\lambda, \quad (38)$$

$$u(x, y) = \left\{ \prod_{v=1}^{r'-2} [f_v(x)]^{\varphi_v(y)} g(x) \psi(y) + a \right\}^\lambda, \quad (39)$$

სადაც:  $a = const \in \mathcal{R}$ ,  $f_v, \varphi_v, g, \psi$  ელემენტარული ფუნქციებია, ხოლო  $r$  და  $r'$  გარკვეული მატრიცების რანგებია.

(31)-(39) მოდელებიდან ყოველი მათგანისთვის დადგენილი გვაქვს მამოწმებელი კრიტერიუმი და ერთ-ერთი სახის მოდელის მაგალითზე ჩამოყალიბებულია საძიებელი ფუნქციის ანალიზური სახით ჩაწერის მეთოდი.

[5] ნაშრომში განვიხილეთ შემდეგი სახის ე.წ. კომბინირებული მათემატიკური მოდელები:

$$u(x, y) = \left[ \sum_{v=1}^r f_v(x) \varphi_v(y) \right]^\lambda + b, \quad (40)$$

$$u(x, y) = \left[ \sum_{v=1}^{r-1} f_v(x) \varphi_v(y) + g(x) \right]^\lambda + b, \quad (41)$$

$$u(x, y) = \left[ \sum_{v=1}^{r-1} f_v(x) \varphi_v(y) + \psi(y) \right]^\lambda + b, \quad (42)$$

$$u(x, y) = \left[ \sum_{v=1}^r f_v(x) \varphi_v(y) + a \right]^\lambda + b, \quad (43)$$

$$u(x, y) = \left[ \sum_{v=1}^{r-2} f_v(x) \varphi_v(y) + g(x) + \psi(y) \right]^\lambda + b, \quad (44)$$

$$u(x, y) = \left\{ \prod_{v=1}^{r'-1} [f_v(x)]^{\varphi_v(y)} + a \right\}^\lambda + b, \quad (45)$$

$$u(x, y) = \left\{ \prod_{v=1}^{r'-1} [f_v(x)]^{\varphi_v(y)} g(x) + a \right\}^\lambda + b, \quad (46)$$

$$u(x, y) = \left\{ \prod_{v=1}^{r'-1} [f_v(x)]^{\varphi_v(y)} \psi(y) + a \right\}^\lambda + b, \quad (47)$$

$$u(x, y) = \left\{ \prod_{v=1}^{r'-2} [f_v(x)]^{\varphi_v(y)} g(x) \psi(y) + a \right\}^\lambda + b, \quad (48)$$

სადაც  $\lambda = const \in Q$ ,  $a = const \in R$ ,  $b = const \in R$ ,  $f_v, \varphi_v, g, \psi$  ელემენტარული ფუნქციებია, ხოლო  $r$  და  $r'$  გარკვეული მატრიცების რანგები.

(40)-(48) მოდელებიდან ყოველი მათგანისთვის დადგენილი გვაქვს მამოწმებელი კრიტერიუმი და ერთ-ერთი სახის მოდელის მაგალითზე ჩამოყალიბებულია საძიებელი ფუნქციის ანალიზური სახით ჩაწერის მეთოდი.

[6] და [7] ნაშრომებში განვიხილეთ შესაბამისად ორ- და სამფაქტორიანი ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და ჩატარების მათემატიკური მოდელების მოდელი, რომელიც დაფუძნებულია მრავალცვლადიანი ფუნქციის რანგის შემოღებასა და ცხრილით მოცემული ორ- და სამცვლადიანი ფუნქციების ანალიზური სახით ჩაწერის მათემატიკური მოდელების მეთოდების გამოყენებაზე. ვიცით რა ორ და სამცვლადიანი ფუნქციების მრავალი სახის მათემატიკური მოდელების მამოწმებელი კრიტერიუმები, კლასიკური ექსპერიმენტისგან განსხვავებით, თავიდანვე ცდებს ვატარებთ ისეთი თანმიმდევრობითა და ოდენობით, რომელიც საჭიროა საძიებელი ფუნქციის უმარტივესი მოდელის დასადგენად. ცხადია, რთული მოდელების შემთხვევაში, გარკვეული მიზანშეწონილობით ვზრდით ცდების ოდენობას.

**ცხრილი 3**

x \ y	2	4	6	8	10
	1	2	3	4	5
1			10		
2	5		25		45
3			50		
4			85		
5	26	78	130	182	234
6			185		
7	50		250		450

(3) მოდელის მაგალითზე გავეცნოთ მისი შესაბამისი ფუნქციის ანალიზური სახით ჩაწერის მექანიზმს.

ვთქვათ,  $x$  და  $y$  ცვლადების მნიშვნელობები მოცემულია მე-3 ცხრილში. გვინდა დავადგინოთ  $u(x, y)$  ფუნქციის ანალიზური სახე.

დავუშვათ, ჩავატარებთ 4 ცდა და გავიგეთ  $u_{21} = 5$ ,  $u_{23} = 25$ ,  $u_{51} = 26$ ,  $u_{53} = 130$ . ადვილად მივიღებთ:

$$\begin{pmatrix} 5 & 25 \\ 26 & 130 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 5 \\ 26 & 130 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 26 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \Rightarrow r=1.$$

შემოწმების მიზნით ჩავატარეთ კიდევ 5 ცდა და გავიგეთ:  $u_{25} = 45$ ,  $u_{55} = 234$ ,  $u_{71} = 50$ ,  $u_{73} = 250$ ,  $u_{75} = 450$ . გამოვთვალოთ შემდეგი მატრიცის რანგი:

$$\begin{pmatrix} 5 & 25 & 45 \\ 26 & 130 & 234 \\ 50 & 250 & 450 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 5 & 9 \\ 26 & 130 & 234 \\ 50 & 250 & 450 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 26 & 0 & 0 \\ 50 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \Rightarrow r=1.$$

შეგვიძლია მივიღოთ, რომ საძიებელი ფუნქციის რანგი არის 1, ამიტომ მის მათემატიკურ მოდელს აქვს (3) სახე, ხოლო ანალიზური სახის დამდგენი ფორმულა მოიცემა (4) ფორმულით.

$u_d(x)$  და  $u_c(y)$  ფუნქციების გასაგებად საჭიროა ვიცოდეთ ერთი სტრიქონისა და ერთი სვეტის ყველა ელემენტი. შევარჩიოთ  $c=5$  და  $d=3$ . ჩავატარეთ დამატებით 6 ცდა და გავიგეთ:  $u_{c2} = u_{52} = 78$ ,  $u_{c4} = u_{54} = 182$ ,  $u_{1d} = u_{13} = 10$ ,  $u_{3d} = u_{33} = 50$ ,  $u_{4d} = u_{43} = 85$ ,  $u_{6d} = u_{63} = 185$ . მე-3 სვეტისა და მე-5 სტრიქონის ელემენტებით დავადგინეთ  $u_d(x) = u_3(x) = 5(x^2 + 1)$ ,  $u_5(y) = 26(y - 1)$ ,  $u_{cd} = u_{53} = 130$ . შევიტანოთ ეს გამოსახულებები (4)-ში და მივიღებთ:

$$u(x, y) = 5(x^2 + 1)26(y - 1)/130 = (x^2 + 1)(y - 1).$$

უცნობი სიდიდის ანალიზური სახით ჩასაწერად დაგვჭირდა  $4 + 5 + 6 = 15$  ცდა. კლასიკური ექსპერიმენტის მიხედვით უნდა ჩავატარებინა  $\alpha \cdot \beta = 7 \cdot 5 = 35$  ცდა.

**შენიშვნა.** ცდის შედეგად მიღებული  $u$ -ს მნიშვნელობები შემთხვევითი სიდიდეებია, ამიტომ ექსპერიმენტის მთელი პროცესი უნდა შეფასდეს ალბათობის თეორიისა და მათემატიკური სტატისტიკის ცნობილი მეთოდებით.

ინფორმაციის მოწოდების მიზნით, გვინდა აღვნიშნოთ შემდეგი: რადგან საძიებელი ფუნქციის გასაგებად დიფერენციალური განტოლებების ამოხსნის ფურიეს მეთოდის საფუძველს წარმოადგენს უცნობი ფუნქციის არგუმენტების ერთცვლადიან ფუნქციათა ნამრავლის სახით წარმოდგენა, ამიტომ ამ მეთოდის გამოყენების მამოწმებელ კრიტერიუმი არის ფუნქციის რანგის ერთთან ტოლობა. იგივე ითქმის განზომილებათა ანალიზის მეთოდის გამოყენების შესახებაც.

## დასკვნა

ნაშრომის რეზიუმეში ჩამოთვლილი საკითხები მითითებულ ლიტერატურაში დაწვრილებით არის შესწავლილი: დადგენილია მათემატიკური მოდელების მამოწმებელი კრიტერიუმები და შესაბამისი ფუნქციის ანალიზური სახით ჩამწერი ფორმულები. მოყვანილია კონკრეტული მაგალითები.

### ლიტერატურა

1. გორჯოლაძე ი., გორჯოლაძე ნ. მრავალცვლადიანი ფუნქციის არგუმენტების ერთცვლადიან ფუნქციათა ნამრავლისა და ხარისხის სახის მათემატიკური მოდელების მამოწმებელი კრიტერიუმები //„მექანიკის პრობლემები“, 3(32), 2008, თბილისი, გვ. 65-68 (ინგლ).
2. გორჯოლაძე ი., გორჯოლაძე ნ. მრავალცვლადიანი ფუნქციის არგუმენტების ერთცვლადიან ფუნქციათა ჯამის სახის მათემატიკური მოდელების მამოწმებელი კრიტერიუმი //„მექანიკის პრობლემები“, 4(33), 2008, თბილისი, გვ. 52-58 (ინგლ).
3. გორჯოლაძე ი., გორჯოლაძე ნ. ცხრილით მოცემული ორრანგიანი ოთხი ცვლადის ფუნქციის ანალიზური სახის დამდგენი ფორმულები //„მექანიკის პრობლემები“, 1(34), 2009, თბილისი, გვ. 106-112 (ინგლ).
4. გორჯოლაძე ნ., გორჯოლაძე ი. ორცვლადიანი ფუნქციის რაციონალურ მაჩვენებლიანი ხარისხის შემცველი მათემატიკური მოდელები //„სტუ-ს სამეცნიერო შრომები“ 13(457), 2005, თბილისი, გვ. 9-13.
5. გორჯოლაძე ი., გორჯოლაძე ნ. ორცვლადიანი ფუნქციის კომბინირებული მათემატიკური მოდელები //„სტუ-ს სამეცნიერო შრომები“ 11(459), 2006, თბილისი, გვ. 137-141.
6. გორჯოლაძე ი., გორჯოლაძე ნ. ორფაქტორიანი ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და ჩატარების მათემატიკური მოდელების მეთოდი //„მექანიკის პრობლემები“, 1(34), 2009, თბილისი, გვ. 48-51 (ინგლ).
7. გორჯოლაძე ი., გორჯოლაძე ნ. სამფაქტორიანი ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და ჩატარების მათემატიკური მოდელების მეთოდი //„მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, 11-3, 2009, თბილისი, 23-27 გვ.

## АНТРОПОГЕННЫЕ ПРИЧИНЫ НАВОДНЕНИЙ

**К.З. Дадвани**

Email: *keta.d@mail.ru*

Институт водного хозяйства Грузинского технического университета  
пр. И. Чавчавадзе, 60, г. Тбилиси, Грузия

### ВВЕДЕНИЕ

По оценкам ООН до 10% территории многих стран подвержено периодическим наводнениям и затоплениям. Для Бразилии эта территория составляет 300 тыс. км<sup>2</sup> (3,5%), России – 500 тыс. км<sup>2</sup> (3,0%), США – 280 тыс. км<sup>2</sup> (7,6%) [1].

Учитывая, что на этих территориях проживают десятки миллионов людей, расположены сотни городов и десятки тысяч населенных пунктов, сотни миллионов га сельхозугодий, ущерб от наводнений достигает колоссальных размеров. В некоторых развивающихся странах этот ущерб составляет 10-15% валового национального дохода.

Анализ статистических данных по крупнейшим наводнениям последних десятилетий (Янцзы, Терек, Кубань, Дунай, Эльба-Рейн, Ренд-Ривер, Миссисипи, Миссури, Ганг, Двина, Нева, Амазонка и др.) показывает, что наводнения происходят все более часто и не являются из ряда вон выходящими событиями. Причем наблюдается не только увеличение интенсивности и повторяемости «традиционных» наводнений, но и возникновение их там, где они раньше не происходили. Что касается ущерба от наводнений, то налицо его резкое увеличение [2,3].

Факт роста ущерба от наводнений наглядно подтверждается примером США, где за четыре десятилетия ущерб вырос почти в восемь раз [4]. Получается нечто вроде замкнутого круга, несмотря на постоянное увеличение средств, вкладываемых в строительство противопаводковых сооружений, повышения их качества и надежности, количество наводнений, их интенсивность, а главное, ущерб от них растет во все более ощутимых размерах.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Защитные противопаводковые мероприятия в целом делят на инженерные и неинженерные. Инженерными считают регулирование стока, его задержание или отвод при помощи искусственных сооружений.

Основной вид защиты территорий от затоплений – создание водохранилищ, где в период паводков и половодий аккумулируется максимальный сток. Созданные каскады водохранилищ позволили значительно снизить угрозу наводнений, на значительном участке выровнен сток, а уровни весеннего половодья не превышают 2-3м над средним многолетним. Правда цена, которую пришлось заплатить за обуздание стихии, оказалась слишком высокой – затоплены десятки тысяч гектаров плодородных земель.

В США на резервные противопаводковые емкости (их полный объем составляет около 300км<sup>3</sup>) приходится треть суммарного объема водохранилищ страны. Противопаводковыми водохранилищами, созданными до 1970 г., защищено от наводнений около 5,2 млн. га. Одним из ярких примеров противопаводкового гидротехнического строительства в этой стране является создание каскада из более 100 водохранилищ на р. Миссури, 32 противопаводковых водохранилища построено на р. Огайо, на р. Теннесси и ее притоках – соответственно 9 и 24 водохранилища [1].

## АНТРОПОГЕННЫЕ ПРИЧИНЫ НАВОДНЕНИЙ

Водоохранилища для борьбы с наводнениями используются во всём мире. Однако в последнее время в связи со все возрастающей ценой на землю (а, как известно, крупные водоохранилища приводят к значительным потерям земельных угодий при их наполнении) все большим вниманием к вопросам охраны окружающей среды наблюдается тенденция к сокращению крупного гидротехнического строительства и переход к созданию средних и малых противопаводковых емкостей (или же полный отказ от них).

Другая эффективная мера инженерной защиты земель от наводнений – сооружение систем обвалования русел рек и морских побережий (насыпей, валов и дамб из различных материалов - земли, камня, бетона), не позволяющих затоплять пойму и прибрежные земли при поднятии воды в реке в период паводка и половодья или при нагоне с моря. В Китае общая длина дамб составляет 170 тыс. км. Только вдоль р. Хуанхэ построено около 5 тыс. км дамб. На востоке США дамбами из валунов и бетонных блоков, а также искусственными дюнами от морских нагонных наводнений защищено морское побережье на протяжении более 400 км.

Для защиты прибрежных территорий от нагонов используют заградительные дамбы, сооружаемые поперек морских заливов или перегораживающие устья рек.

Показателен опыт Нидерландов, где борьба с нагонными наводнениями, образно говоря, - вопрос жизни и смерти. Вдоль морского побережья здесь сооружено почти 1800 км дамб, защищающих отвоєванные у моря земли, на которых выращивают самые высокие в мире урожаи пшеницы, овощных и кормовых культур, здесь же располагаются самые продуктивные пастбища Европы.

Еще одна мера защиты территорий от наводнений – отвод воды из русел рек в период паводка в водоемы-накопители в естественные понижения в рельефе. Одна из крупнейших таких систем существует в нижнем течении Миссисипи. Сами русла рек углубляются, спрямляются и расширяются для увеличения пропускной способности. Такие работы очень широко распространены на равнинных реках.

В городах осуществляют «подсыпку» территорий с целью повышения отметок местности, дренируют затопленные террасы. Ливневые паводки в городах собирают в специальные системы в ливневой канализации. Наиболее крупные и совершенные системы созданы в Лос-Анджелесе, Чикаго, Лондоне, Осаке.

Однако практика показывает, что одни инженерные мероприятия не могут, обеспечить полной защиты от наводнений. Много зависит и от психологии человека. После сооружения тех или иных защитных гидротехнических систем у людей, живущих на подверженном наводнениям территориях, возникает уверенность, что теперь-то, наконец, возможность затопления исключена. Именно в таких местах, как правило, осваивают новые земли, строят жилые здания и промышленные предприятия, прокладывают дороги. При этом забывают о возможности редкого по величине паводка (как мы видели, человек сам способствует росту его вероятности), защитные сооружения оказываются неспособными предотвратить катастрофу и ущербы от затоплений многократно увеличиваются. Люди платят дань природе за свою самоуверенность и недалекость. Естественно, что необходимо повышать надежность противопаводковых сооружений. Но часто это связано с огромными затратами, непосильными для многих государств.

Более всего способствует увеличению частоты наводнений сведение лесов, обладающей значительной водорегулирующей способностью, благодаря высокой инфильтрации лесных почв и лесной подстилки, а также задержанию осадков кронами деревьев. К тому же леса предотвращают эрозию, способствуют сохранению небольших рек и ручьев. Поверхностный сток в лесу в среднем в 15 раз меньше, чем в поле.

После рубок инфильтрационные свойства почвы, снижаются в 3,5 раза, а интенсивность его смыва повышается 15 раз. Исследования, проведенные недавно в Карпатах, показали, что лесной

полог задерживает 3.2% осадков. При сплошной рубке паводковый сток увеличивается на 130-170%. Спустя 2 года инфильтрационные свойства почв восстанавливаются, но лишь при условии незначительного нарушения почвенного покрова в результате рубок и транспортировки древесины. В тропических лесах Индии, Перу и Эквадора сплошные рубки приводят к увеличению стока на 230-250%.

В последние десятилетия вырубка лесов в Европе практически прекращена. По оценке ФАО, их общая площадь на континенте к 2000 г. была увеличена на 9% за счет искусственных посадок. В США и Канаде площадь лесов почти не изменяется, а в азиатских странах сократилась примерно 1,5 раза. Под большой угрозой находится леса тропического и экваториального поясов Африки и Южной Америки. В целом общая площадь лесов в мире будет сокращаться и к 2015 г. составит примерно 4,0 млрд. га – 82% от современной величины.

Значительно влияет на увеличение максимального стока осушение болот – естественных аккумуляторов воды. В Карелии были получены результаты, уточняющие их роль в лесной зоне. Оказалось, что в зависимости от интенсивности осушения среднегодовой сток увеличился с 8 до 22%, а максимальный сток в весеннее половодье на неосушенном водосборе почти в 2 раза меньше, чем на осушенном. На Дальнем Востоке в многоводные годы сток с осушенных земель низких заболоченных пойм и надпойменных террас с болотно-торфянистыми почвами в паводок увеличивается на 20-45% - в среднем на 1,5 – 2,5 мм с 1% осушенной площади. Такая же тенденция характерна и для осушенных нижних надпойменных террас с комплексом луговых оподзоленно-глеевых почв [5].

На увеличение максимального стока большое влияние оказывает и нерациональное ведение сельского хозяйства. К главным причинам повышения стока с обрабатываемых полей в условиях умеренного климата относится уменьшение инфильтрационных свойств почв за счет переуплотнения почвы тяжелой техникой в период обработки и глубокого ее промерзания зимой, усиление эрозии при распашке почв на склонах и почв с легким механическим составом.

Ухудшение инфильтрационных свойств поверхностного слоя – основная причина повышения вероятности наводнения в городах. Это связано с преобладанием на урбанизированных территориях водонепроницаемых покрытий и застройки. Исследования на небольших городских водосборах в США показали, что урбанизация ведет к увеличению повторяемости и величины паводков. Так, при росте площади водонепроницаемых покрытий примерно в 3 раза средние расходы паводков также увеличивались в 3 раза. Аналогичные исследования в других странах показали, что за последние десятилетия максимальные расходы в городах возросли в Канаде в 3 раза, в Японии – в 2,5, в Англии – в 1,5 раза. Установлено, что расход паводка в городе может превышать такой же по обеспеченности расход в сельской местности в 10 раз.

Рост урбанизированных территорий продолжается. Если в 1980 г. в мире они составляли 60 млн. га, то к 2000 г. города уже занимали площадь около 100 млн. га. В настоящее время в развитых в индустриальных государствах под городами находится от 8 до 15% территории. Продолжают расти земельные площади под коммуникациями.

Условия для повышения вероятности наводнений создаются также из-за перегораживания поймы насыпями при строительстве мостов и дорог, что нарушает естественное регулирование максимального стока. Наводнения могут происходить и в результате недостаточной пропускной способности подмостовых отверстий.

Из-за неправильных прогнозов паводков или нарушения правил эксплуатации водохранилищ могут затопляться их берега и участки пойм ниже гидроузла – в первом случае при недостаточной сработке водохранилища перед паводком, во время которого пропускная способность водосливов оказывается недостаточной, во втором – при экстренных пусках воды из водохранилища.

## АНТРОПОГЕННЫЕ ПРИЧИНЫ НАВОДНЕНИЙ

Таким образом, в результате антропогенного воздействия на окружающую среду наблюдается увеличение интенсивности наводнений, вызываемых природными причинами, и возникновение их там, где до хозяйственного освоения они не происходили. Ущерб растет из-за интенсивного хозяйственного использования территорий подверженных периодическим наводнениям: расширения зон рекреации; увеличившихся расходов на восстановительные выплаты пострадавшему населению. Рост абсолютных показателей ущерба определяется также улучшением системы сбора информации и совершенствованием методик расчета.

Исходя из географических и природно-климатических условий проблема наводнений и паводков, имеет важное значение для Грузии.

Вертикальное расчленение территории Грузии, покрытой густой сетью водотоков, сказывается на их характере и режиме. Только 12,8% всей площади республики лежит на высоте ниже 200м, 33,% располагается в пределах 200-1000 м и больше половины всей территории – выше 1000 м.

Основные реки Кура (с ее притоками Б. Лиахви, Ксани, Арагви); Алазани (с притоком Иори); Храми, Риони (с притоком Цхенис-цкали, Техура, Абаша); Кодори, Ингури, Бзиби и другие – берут свое начало в высокогорной зоне, большинство из них – на высоте более 2700 м. Значительную часть своего пути эти реки стремительно протекают в глубоких и узких ущельях, развивая на пути следования как глубинную, так и боковую эрозию, перемещая при этом огромное количество продуктов размыва в виде твердых и взвешенных наносов. Только с выходом на равнины течение этих рек несколько замедляется, происходит процесс отложения наносов и образования излучин и островов [8].

Низкие берега, сложенные легкоразмываемыми грунтами, способствуют размывам и затоплениям культурных угодий и населенных мест, наносящим значительные убытки народному хозяйству. В этом отношении особенно отличаются реки Западной Грузии.

Как правило, на большей части территории Грузии половодье и паводки происходят в определенные сезоны года и обычно приурочены к весеннему периоду. Создание ряда климатических феноменов – суровой многоснежной зимы, теплой весны и дождевых осадков в период снеготаяния – приводит иногда к весьма сильным наводнениям, охватывающим обширные территории.

Нельзя исключить случаи, когда дождевые паводки, накладываясь на половодье, создают высокие, часто опасные пики непродолжительных, но интенсивных наводнений.

Все же, регулярный характер паводков дает возможность наладить борьбу с ними и, самое главное, позволяет приспособить к ним хозяйственную деятельность населения на территории возможного затопления.

Например, наводнению на реках Западной Грузии в январе-феврале 1937 г. предшествовали обильные снегопады в бассейнах рек, образование мощного снежного покрова на водосборах, резкое потепление, происшедшее в конце января, вызвавшее выпадение дождей ливневого характера при перенасыщенности влагой подстилающей земной поверхности. Редкое сочетание и наложение друг на друга указанных факторов обусловили экстремальные условия образования паводков [8].

Для борьбы с наводнениями на р. Риони и других реках Грузии свыше пятидесяти лет велись капитальные работы по укреплению и регулированию русел (двухстороннее обвалование, крепление размываемых участков, строительство водосбросных устройств и др.). В результате принятых мер неоднократно были предотвращены катастрофические последствия паводков. В частности, не пострадали вододельный узел с мостовым переходом на р. Риони, дамбы обвалования (1966 г., 1969г., 1979г., 1982г.). Даже в условиях нынешних паводков речные капитальные гидротехнические сооружения выдержали натиск стихии, значительно превысившей проектные нагрузки.

Следует заметить, что хотя имелись некоторые огрехи в эксплуатации валов, однако все сооружения полностью соответствуют нормам нашей страны и общепринятым на практике.



Одной из основных причин, наблюдающейся последнее время тенденции роста частоты появления выдающихся паводков, следует считать изменение условий формирования паводочного стока в связи с изменением инфильтрационной способности почв-грунтов с изменением облесенности и условия освоения (урбанизации) водосборного бассейна. Подтверждением этого предположения является известные в литературе сведения о снижении паводочного стока по мере роста лесопосадок и его повышение с интенсификацией работ по рубке леса.

Возникшие наводнения в Западной Грузии наглядно показали, что любое использование русла или поймы реки, изменение жизнедеятельности реки может привести к большим неприятностям.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При постоянном повышении надежности защитных сооружений основным критерием при выборе типа инженерной защиты должна быть их максимальная эффективность при минимальном нарушении природной среды. Оптимальным оказывается сочетание инженерных и неинженерных методов защиты, которые учитывают природно-хозяйственные особенности территорий и осуществляются не на отдельных участках водосбора, а охватывают его полностью.

В основе так называемой концепции регулирования хозяйственного развития пойм должно лежать рациональное использование паводкоопасных территорий, направленную на такую организацию хозяйства, при котором ущерб от наводнений был бы минимальным.

Неинженерные (или хозяйственно-административные) защитные мероприятия необходимо направить на ограничение или полное запрещение тех видов хозяйственной деятельности, в результате которых возможно усиление наводнений, и на расширение мероприятий, уменьшающих максимальный сток. На водосборах следует ограничить или запретить сведение лесов, проведение осушительных мелиораций, осуществлять лесовосстановительные мероприятия. На поймах ограничивать строительство мостов, дорожных насыпей и других сооружений, строительство проводить строго в соответствии с геоморфологическими и гидрологическими условиями. В районах развития эрозионных процессов применять контурную вспашку, создание террас на склонах, безотвальную обработку почвы, проводить различные противоэрозионные мероприятия. Ограничению следует подвергать и такие виды хозяйственной деятельности, которым в случае наводнения будет нанесен наибольший ущерб.

Необходимо внедрять такую практику регулирования хозяйственной деятельности на территориях подверженных наводнениям, которая позволяет, при наименьших затратах и минимальном ущербе окружающей среде, сократить человеческие жертвы и материальные потери, связанные с периодическими затоплениями.

## Литература

1. **Margero Y.** Weatherwise, 1979. vol. 32. №31. pp.34-37.
2. **Осипов В.И.** Вестник РАН. 2001. Т.71. №4. с.291-302.
3. **Найденов В.И., Кожевникова И.А.** Доклады РАН, т. 386. №3. 2002. с. 338-344.
4. **Embrecdts P., Kluppelberg C., Mikossch T.** Modeling extreme events for insurance and finance. Berlin. 1999.
5. **Чесноков В.А.** Изменение стока с заболоченных водосборов под влиянием лесосведения // Значение болот в биосфере: гидрологические аспекты. М. 1990. с. 73-80.
6. **Hirsh R.M.** The interaction of channel size and flood discharges for basins undergoing urbanization (IAHS-AISH Publ. 1971. #123. pp. 83-92).
7. **Итриашвили Л.А.** Искусственные грунты (образование и экологическая оценка), Мецниереба. Тбилиси. 2007. 56 с.
8. **Мирицхулава Ц.Е.** Наводнения, меры борьбы. Тбилиси. 1987. 56 с.

**ზღვის ტალღური ზემოქმედებისაბან საქართველოს შავიზღვისპირეთის  
ეკოლოგიური უსაფრთხოების რეკომენდაციები\*)**

**რობერტ დიაკონიძე, გოგა ჩახაია, ლევან წულუკიძე, ზურაბ ვარაზაშვილი,  
პაატა სიჭინავა, ირინა ხუბულავა, გიორგი ომსარაშვილი**

**E-mail: robertdia@mail.ru**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

**შემაჯავებელი**

**შავი ზღვის საზღვრების ცვლილებების მოკლე  
პრეისტორიული მიმოხილვა**

კოლხეთის დაბლობის ბუნებრივი გარემოს, მათ შორის, შავი ზღვისპირეთის საზღვრების ცვლილებაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს უკანასკნელ გვიანმოთხეუელ პერიოდს, რომელიც 120-140 ათასი წლის წინ დაიწყო და მოიცავს უკანასკნელ სრულ და შემდგომ არასრულ ციკლს – პლეისტოცენს [7]. მისი დასაწყისი ემთხვევა შავი ზღვის ნალექების კარაგანული წყების ქვედა ფენების დალექვას და მოიცავს უკანასკნელი გამყინვარების ეპოქას.

კარაგანის ეპოქაში კარაგანის ზღვის (დღევანდელი შავი ზღვა) დონე რამდენიმე ათეული მეტრით აღემატებოდა დღევანდელს და თავისუფლად უკავშირდებოდა ხმელთაშუა ზღვას [5].

დაახლოებით 9-10 ათასი წლის წინ ხმელთაშუა ზღვის წყალი ოკეანის დონის მატების გამო შემოიჭრა ახალეკსინის აუზებში, რამაც გამოიწვია შავი ზღვის დონის მომატება, რომელიც გაგრძელდა 3-4 ათასი წელი და დამთავრდა დაახლოებით 6 000 წლის წინ, როცა მიადწია მაქსიმალურ დონეს (3-4 მ-ით მეტი ვიდრე დღეს).

დაახლოებით 6000 წლის წინ შავი ზღვის საზღვრებმა მიიღო დღევანდელი საზღვრების ფორმა [5].

ზოგიერთი მეცნიერული შრომის [6] ანალიზი საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ საქართველოს შავიზღვისპირეთის საზღვრების, განსაკუთრებით კოლხეთის დაბლობის ცვლილებები გამოწვეული იყო, ძირითადად, შავი ზღვის ჰიფსომეტრიული მაჩვენებლების ცვლილებებით. კოლხეთის დაბლობის რელიეფის ზედაპირის დადაბლება მიმდინარეობდა ტექტონიკური დაძირვით – შავი ზღვის რეგრესია, ხოლო ამაღლება – მდინარეთა აკუმულაციური მოქმედების შედეგად – შავი ზღვის ტრანსგრესია.

\*) სტატია ეხება პროექტს, რომელიც განხორციელდა საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური ხელშეწყობით (გრანტი GNSF/ST08/7-477). წინამდებარე პუბლიკაციაში ავტორთა მიერ გამოთქმული ნებისმიერი მოსაზრება შესაძლოა არ ასახავდეს საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.

## ძირითადი ნაწილი

### რეკომენდაციები

#### საქართველოს შავი ზღვის სანაპირო ზოლის მდგრადობის შესანარჩუნებლად

- ვემხრობით იმ აზრს, რომ პლანეტის გლობალური დათბობის ძირითადი მიზეზებია – დედამიწაზე მიმდინარე გეოტექნიკური პროცესები და ანთროპოგენული ფაქტორები. უკანასკნელი ათეული წლების განმავლობაში შავი ზღვის დონის მატება (ტრანსპეკსია), გამოწვეულია პლანეტაზე კლიმატის ცვლილებით, კერძოდ გლობალური დათბობით.
- საქართველოს ტერიტორიის ფარგლებში შავი ზღვის სანაპიროზე ყველაზე სენსიტიურ უბნებად შეიძლება ჩაითვალოს აჭარაში სოფ. ადლიას ჩრდილოეთით და სამეგრელოში ანაკლიისა და მის სამხრეთით მიმდებარე ტერიტორიები, რაც მდინარეების ჭოროხისა და ენგურის ჰიდროლოგიური რეჟიმის ცვლილებასთან არის დაკავშირებული.
- აღიარებულია, რომ ზღვის სანაპირო ზოლის აბრაზიული პროცესებისაგან დასაცავად ყველა სახის ჰიდროტექნიკური ღონისძიებები (ნაგებობები) მხოლოდ დროებითია და უპირატესობა სხენებული პრობლემის გრძელვადიან გადაწყვეტაში მდინარეთა მყარი ნატანის დარეგულირებას ენიჭება, რაც სანაპირო ზოლში მყარი ნატანის აკუმულაციასა და გარეცხვის მოცულობებს შორის ბალანსის დამყარებას ეყრდნობა, თუმცა, პრევენციული ღონისძიებების თვალსაზრისით, აუცილებელია საკითხისადმი კომპლექსური მიდგომა, ე.ი. ნაპირდამცავი ჰიდროტექნიკური ნაგებობების გამოყენებაც.
- დადგენილია, რომ ზღვის მიერ სანაპიროს გარეცხვასა და მდინარეთა მიერ ტრანსპორტირებული მყარი ნატანის სანაპირო ზოლში აკუმულაციას შორის ბალანსის დასამყარებლად და საქართველოში შავი ზღვის პლაჟების სტაბილურობის შესანარჩუნებლად საჭიროა დაახლოებით 6 მლნ. მპ პლაჟ-წარმომქმნელი მყარი ნატანი ყოველწლიურად [8], რომლის ტრანსპორტირება საქართველოს საზღვრებში ჩამდინარე მდინარეებს ნამდვილად შეუძლია. იყო დრო, როცა ზღვის სანაპირო ზონაში გამოტანილი და დაღეჭილი მყარი ნატანის ხარისხობრივ-ოდენობრივი მოცულობები საგრძნობლად აღემატებოდა ზღვის ტალღებით ნატანის ნაპირგასწვრივი ნაკადის იგივე მანველებებს. დღეისათვის ეს ბალანსი დარღვეულია, რაც გამოწვეულია მეზობელ ქვეყანაში – თურქეთში, მდ. ჭოროხზე (მურატლი, დემირელის სახელობის კაშხლების კასკადი) და მდ. ენგურზე აშენებული ჰიდროენერგეტიკული კომპლექსების, მათ შორის გალის წყალსაცავის მშენებლობით. ამის შედეგად მყარი ნატანის დეფიციტი შავი ზღვის სანაპიროს სამხრეთ ნაწილის 36 კმ-იან მონაკვეთზე, სარფიდან ქობულეთამდე და მის ჩრდილოეთ ნაწილში, მნიშვნელოვნად გაიზარდა [3]. სწორედ ამის შედეგია ის, რომ ზემოაღნიშნული სანაპირო ზოლის მონაკვეთებზე – სამხრეთით ადლიისა და ჩრდილოეთით – ანაკლიის მიმდებარედ, ინტენსიურად მიმდინარეობს ხმელეთის მიტაცება.
- შავ ზღვაში ჩატანილი მყარი ნატანის მოცულობაზე, გარდა ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებისა, მნიშვნელოვნად მოქმედებს მდინარეთა კალაპოტებიდან ინერტული მყარი ნატანის ამოღება სხვადასხვა სამეურნეო დანიშნულებისთვის. მათ რიცხვს მიეკუთვნება მდ. ჭოროხისა და მდ. ენგურის მიერ ტრანსპორტირებული მყარი ნატანი. მაგალითისათვის, მდ. ენგურის მიერ ტრანსპორტირებული მყარი ნატანის ძირითადი ნაწილი, ჩვენი სახელმწიფოს მიერ არაკონტროლირებად აფხაზეთის ტერიტორიაზე, გალის წყალსაცავში იღეჭება, ხოლო მყარი ნატანის გარკვეული ნაწილი, რომელიც მოძრაობას ზღვისკენ აგრძელებს, ე.წ. „დანიშნულების“ ადგილამდე, ანუ ზღვამდე მაინც ვერ აღწევს, რადგანაც იქ დღეისათვის განუკითხავად და ჩქარი ტემპით მიმდინარეობს ინერტული მასალის ამოღება ქ. სოჭში (რუსეთის ფედერაცია) ოლიმპიური კომპლექსის მშენებლობისათვის.

- არსებული მასალების ანალიზის საფუძველზე (1978 წლის მონაცემების მიხედვით) ჩვენ მიერ დადგენილ იქნა, რომ საქართველოს ტერიტორიიდან მდინარეებს შავ ზღვაში წელიწადში საშუალოდ 30 მლნ ტ მყარი ნატანი ჩაჰქონდა და აქედან 17 მლნ ტ მარტო მდ. ჭოროხზე მოდიოდა, რაც მთლიანი ნატანის 57%-ს შეადგენდა [1].
- დასავლეთ საქართველოს მდინარეთაგან შავ ზღვაში ტრანსპორტირებული მყარი ნატანის მოცულობებით, რომელთაც მნიშვნელოვანი ზეგავლენა შეუძლია იქონიოს სანაპირო ზოლის ფორმირებაზე, გამოირჩევა მდინარეები: ენგური, რიონი და ჭოროხი. სამწუხაროდ, დღეისათვის ისეა შეცვლილი მდ. ჭოროხისა და მდ. ენგურის ჰიდროლოგიური რეჟიმი, რომ მათ მხოლოდ მყარი ნატანის მინიმალური რაოდენობა ჩააქვთ ზღვაში.
- კვლევების საფუძველზე დადგენილია ისიც, რომ დასავლეთ საქართველოს შავი ზღვის აუზის მდინარეებს გააჩნია ისეთი ენერგეტიკული მახასიათებლები, რითაც თავისუფლად შეიძლება გაცილებით მეტი მყარი ნატანის მოცულობების ტრანსპორტირება, ანუ მათ აქვთ საკმარისი პოტენციური ენერგია უფრო მეტი რაოდენობის მყარი ნატანის ტრანსპორტირებისათვის, მაგრამ, ხშირ შემთხვევაში, ისინი ამას ვერ ახდენენ, რაც ანთროპოგენული ფაქტორებითაა (კალაპოტიდან მყარი ინერტული მასალის მოპოვება, წყალსაცავები, კაშხლები, ჰიდროელექტროსადგურები და სხვა) გამოწვეული.

### დასკვნები

- მიღებული შედეგების საფუძველზე შეგვიძლია დავადგინოთ, რომ დასავლეთ საქართველოდან შავ ზღვაში ჩამდინარე მდინარეებს, 1971 წლამდე არსებული მონაცემების მიხედვით, ზღვაში ჩაჰქონდა სულ 22468,6 ათასი ტ მყარი ნატანი წელიწადში, ხოლო 1971-1991 წლების პერიოდისათვის ეს მაჩვენებელი უდრიდა 16486,0 ათას ტ წელიწადში. დღეისათვის ეს სიდიდე მხოლოდ 10727,5 ათასი ტ წელიწადში. თუ ამ სიდიდეს დავუმატებთ შავ ზღვაში ჩამდინარე დანარჩენ მცირე მდინარეთა მიერ ტრანსპორტირებულ მყარ ნატანს (სულ 213,3 ათასი ტ წელიწადში), მაშინ მყარი ნატანის მოცულობის მთლიანი ჯამური სიდიდე, რომელიც შავ ზღვაში ჩაედინება, დღეისათვის იქნება – 10940,8 ათასი ტ წელიწადში. აქედან პლაუების ფორმირებაში მონაწილეობა შეუძლია მიიღოს დაახლოებით 2188,16 ათას ტ მყარმა ნატანმა.
- დადგენილია აგრეთვე მყარი ნატანის ის საერთო სიდიდე (დაახლოებით 25 მლნ ტ წელიწადში), რაც საკმარისი იქნება ზღვის მიერ გარეცხვასა და მდინარეების მიერ შემოტანილ მყარი ნატანის დალექვას (აკუმულაციას) შორის წონასწორობის ბალანსის შესანარჩუნებლად. დღეისათვის დეფიციტს შეადგენს დაახლოებით 15-16 მლნ ტ ნატანი წელიწადში [1].
- იმის გამო, რომ ყველა ქვეყნისათვის აუცილებელია ენერგეტიკული მარაგის შექმნა, ვერც საქართველოს სახელმწიფო იქნება გამონაკლისი. თუმცა, ამ შემთხვევაში აუცილებელია ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების ფუნქციონირება ხორციელდებოდეს მათი ექსპლუატაციისთვის არსებული რეკომენდაციების მკაცრი დაცვით, ხოლო მყარი ნატანის დეფიციტის შესავსებად გამოყენებულ იქნეს პრაქტიკული ღონისძიებები.
- გლობალური დატობით გამოწვეული კლიმატური ცვლილების ფონზე და აქედან გამომდინარე, ზღვებისა და ოკეანეების დონის მატებასთან დაკავშირებით, აუცილებლად გასათვალისწინებელი მსოფლიოს წამყვან მეცნიერთა პროგნოზები, რომლის თანახმადაც სავარაუდოა, რომ თუ ასეთი ტემპით გაგრძელდა მყინვარებისა და ყინულების დნობა, მოსალოდნელია ოკეანის დონის მკვეთრი აწევა, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს ზღვის დონიდან რამდენიმე ათეული მეტრი სიმაღლის (ზოგი პროგნოზით 50 მ) ხმელეთის გარკვეული ტერიტორიის დატბორვა. აღნიშნული პროგნოზი მეტად ყურადსადება შავი ზღვის აუზის ქვეყნებისათვის, რადგან შავი ზღვა ბოსფორისა და დარდანელის სრუტეების მცირე გაბარიტების გამო ძნელად უკავშირდება მსოფლიო ოკეანეს. ცნობილია ის ფაქტიც, რომ

გარკვეულ პერიოდში შავი ზღვის დონე მკვეთრად იყო აწეული, რომლის დროსაც კასპიისა და შავი ზღვის წყლები მანჩის ღრმულით უკავშირდებოდა ერთმანეთს.

ყოველივე ზემოაღნიშნული აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული შავი ზღვისპირეთში სხვადასხვა სახის ინფრასტრუქტურის (საცხოვრებელი სახლების, სასტუმრო კორპუსებისა და ტურისტული ბაზების მშენებლობა, ბულვარებისა და პარკების მოწყობა და სხვ.) განაშენიანების დროს. სანამ მშენებლობას დაიწყებდეთ, უნდა განხორციელდეს წინასწარი პრევენციული ღონისძიებები.

- შავი ზღვის სანაპირო ზოლის დაცვა აბრაზიული პროცესებისაგან უნდა განხორციელდეს კომპლექსურად: დროის მოკლე პერიოდისათვის გამოყენებული უნდა იქნეს ახალი ტიპის აპრობირებული ნაპირსამაგრი ჰიდროტექნიკური ნაგებობები და გრძელვადიანი პერიოდისათვის გაგრძელდეს ზღვაში ჩამდინარე მდინარეებისათვის ჰიდროლოგიური რეჟიმის ისეთი სახით დარეგულირება, რომ დამყარებულ იქნეს ბალანსი მდინარეების მიერ ზღვაში ჩატანილი მყარი ნატანის მოცულობებსა და ზღვის ტალღური ზემოქმედებით გამოწვეულ გარეცხვას შორის.
- აუცილებელია აიკრძალოს მდინარეთა კალაპოტებიდან ინერტული მყარი ნატანის უკანონო მოპოვება და ეს განხორციელდეს მხოლოდ მეცნიერული რეკომენდაციების გათვალისწინების შემდეგ.
- ზღვაში ჩამდინარე იმ მდინარეებში, სადაც ადგილი აქვს მყარი ნატანის დეფიციტს, სპეციალური გათვლების შედეგად აუცილებელია განხორციელდეს მყარი ნატანის შეტანა იმ მდინარეთა შესართავებთან და მიმდებარე ტერიტორიებზე (სენსიტიურ უბნებზე), სადაც არსებობს მყარი ნატანის ტრანსპორტირების დეფიციტი, ანუ ჩვენს სინამდვილეში 16 მლნ ტ მყარი ნატანის მოცულობა ყოველწლიურად [2, 4].

## ლიტერატურა

1. დიაკონიძე რ., ჩახაია გ., წულუკიძე ლ. შავი ზღვისპირეთის ეკოლოგიური უსაფრთხოების დაცვა ზღვისმიერი აბრაზიული პროცესებისაგან მდინარეთა მყარი ნატანის დარეგულირების გზით. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “ჰიდროინჟინერია”, №1-2 (11-12), თბილისი, 2011, გვ. 12-26.
2. დიაკონიძე რ., სიჭინავა პ., ჩახაია გ., წულუკიძე ლ. ქ. ფოთთან მე-7 კილომეტრზე მდ. რიონზე არსებული წყალგამყოფი კვანძის ექსპლუატაციის დროებითი რეკომენდაციები. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ყოველთვიური სამეცნიერო-რეფერირებული ჟურნალი „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №10-12, თბილისი, 2010, გვ. 71-76.
3. კიკნაძე ა., რუსო გ., ხორავა ს. ზღვის ნაპირდაცვის პრობლემების გადაჭრა აჭარაში. საქართველოს საინჟინრო პრობლემები: მდგომარეობა და პერსპექტივები. საქართველოს საინჟინრო აკადემია, თბილისი, 1998. გვ. 137-147.
4. Диаконидзе Р.В., Чахая Г.Г., Цулукидзе Л.Н. Эмпирические зависимости для расчета влекомых (донных) и полного стока наносов водосборов рек Грузии. Министерство образования и науки Грузии. Институт водного хозяйства. Сборник научных трудов, №64, Тбилиси, 2009, с. 77-81.
5. Джanelidze Ч.П. Палеография Грузии в голоцене, „Мецნიერება“, Тбилиси, 1980, 176 с.
6. Колхидская низменность, научные предпосылки освоения. „Наука“, Москва, 1990, 248 с.
7. Маруашвили Л.И. Физическая география Грузии, Ч. 2, „Мецნიერება“, Тбилиси, 1970, 300 с.
8. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том VI, Л., 1987, 416.

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЯХ**

**(На примере изучения эрозионных процессов)**

**Дохнадзе Г. П., Элизбарашвили Н. К., Купрейшвили Ш.З.**

**E-mail: shorena\_12@mail.ru**

Институт водного хозяйства Грузинского технического университета  
пр. И. Чавчавадзе, 60, г. Тбилиси, Грузия

**ВВЕДЕНИЕ**

Оптимальный вариант природопользования должен предусматривать как охрану существующих ресурсов, так и гарантию максимальной прибыли, учёт которых может определяться результатами комплексных географических исследований [9].

Среди указанных исследований одно из первых мест занимает рациональное использование земельного фонда, что является гарантом обеспечения продуктами питания повышенных требований населения и производства сырьем.

Стратегическое использование земель, в свою очередь, требует устойчивости современного состояния ландшафтов, изменение которых зависит от воздействия внешних естественных и антропогенных нагрузок. В этом аспекте, эрозия почв является одним из самых негативных процессов в природе, причиняющим огромный ущерб сельскому хозяйству. Так, например, полевыми исследованиями на территории Грузии установлено, что в Гурджаанском районе, на склоне, освоенном под суданку, одним дождем смыто 120 т/га почвы [3].

В 30-ых годах прошлого столетия в США борьба с эрозией почв была объявлена проблемой номер один. Учёный того времени, доктор Н. С. Шалер писал: "Если человечество не сможет придумать и привести в исполнение такие способы обращения с землей, которые будут охранять этот источник жизни, то мы должны взрывать на то время, может быть отдаленное, но все же различимое, когда наш род, истощив свое богатейшее наследство, будет увядать на земле вследствие произведенных им опустошений" [4].

**ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Вопросу водной эрозии почв посвящен ряд исследований многих стран мира, среди которых следует выделить подходы, разработанные в США и Грузии, которые относятся к прогнозированию этих процессов.

В США на основе многочисленных опытных данных В. Уишмайером и Д. Смитом используется, так называемое, универсальное уравнение эмпирического характера, полученное для конкретных регионов, использование которого для расчета эрозии, вызванной отдельными ливнями неправомерно [7].

В Грузии академиком Ц.Е. Мирцхулава предложен метод прогноза, учитывающий показатели сопротивляемости почв эрозии, интенсивность и продолжительность осадков, инфильтрационную способность и гидравлические параметры стока, а также влияние на процесс эрозии севооборота и

агротехнических приемов [7]. Метод используется во многих странах и верифицирован рядом экспериментальных данных [1, 2, 7].

По указанному методу количество смываемой почвы со склона, имеющего единичную ширину, определяется по формуле

$$q_{xT} = 11 \cdot 10^{-3} \gamma \omega d \left[ \frac{308^{(\sigma_0)^{0.6}} i^{0.7} m_1^{1.4} I^{0.6} x^{1.6}}{V_{дон}^2} + \frac{13 \cdot 10^{-6} \cdot V_{дон}^{3.32}}{\sigma_0^{i^{1.16}} m_1^{2.32} I} - x \right] \frac{T}{x} m / га \quad (1)$$

где:  $\gamma$  – объемный вес почва грунтов в состоянии полного водонасыщения, т/м<sup>3</sup>;

$d$  – средний диаметр, отрывающихся отдельностей почв, м;

$V_{дон}$  – допускаемая донная неэродирующая скорость течения водного потока, м/с;

$\omega$  – средняя частота пульсационной скорости, 1/с;

$I$  – средняя интенсивность осадков, м/с;

$T$  – продолжительность избыточных осадков или время, в течение которого слой выпавших осадков превосходит слой фильтрации, сек;

$\sigma$  – коэффициент стока;

$n_0$  – коэффициент гидравлического сопротивления (коэффициент Маннинга);

$i$  – средний уклон поверхности, равный отношению разности уровней к заложению склона;

$x$  – расстояние от водораздела до конца эродируемой части склона, м;

$m_1$  – коэффициент, учитывающий отклонение характера движения склонового стока от принятого в расчетной схеме движения ровного слоя воды (водной пелены).

Рассчитывая ожидаемый смыв почвы по зависимости (1), можно судить о допустимой (толерантной) величине смыва. За предельно допустимый следует принять такой смыв почвы, который практически не влияет на её продуктивность.

В США для мощных слоев почвы (глубиной свыше 90 см) предел допустимого максимального смыва принят – 12,5 т/га в год, а для маломощных (глубиной меньше 25 см) – 2,5 т/га в год. Это приблизительно соответствует смыву почвы толщиной соответственно 1 мм и 0,2 мм.

Для определения значения допустимого слоя смываемой почвы ( $h_{дон}$ ) предлагается зависимость [6]:

$$h_{дон} = V_n \frac{h_1}{h_2} \quad (2)$$

где:  $V_n$  – скорость почвообразовательного процесса, мм/год;

$h_1$  – мощность почвы, мм;

$h_2$  – предельная мощность почвы, т.е. та минимальная высота, которая необходима для получения урожайности той или иной с/х культуры.

По литературным данным [7] для каштановых почв  $V_n \approx 0,36$ ; для черноземов, луговых, перегнойно-карбонатных и дерново-степных  $V_n \approx 0,28$  для сероземов  $V_n \approx 0,27$ .

Значения предельного допустимой эрозии почв, рассчитанной по формуле (2), при  $h_2 = 0,15$  м приводятся в табл. 1.

Соотношение  $\frac{h_1}{h_2} = a$ , можно назвать коэффициентом запаса почвы.

Следовательно, будет

$$h_{дон} = aV_n \quad (3)$$

Табл. 1

Предельно допустимая эрозия почвы, мм за год ( $h_{доп}$ )

Мощность гумусового горизонта	Типы почв		
	Каштановые	Черноземы, луговые, перегнойно-карбонатные и дерновые степные	Сероземы
1	2	3	4
0,2	0.48	0.38	0.36
0,3	0.72	0.56	0.54
0,4	0.96	0.75	0.72
0,5	1.20	0.94	0.90
0,6	1.44	1.12	1.08
0,7	1.68	1.31	1.26
0,8	1.92	1.5	1.44
0,9	2.16	1.68	1.62
1.0	2.40	1.87	1.80
1.1	2.64	2.06	1.98
1.2	2.88	2.24	2.16

Следует отметить, что более точное решение задачи о количественной оценке допустимых пределов эрозии также требует учета экономического аспекта.

Для изучения устойчивости склонов перспективным является использование методов теории надежности и их модификации [8,9].

Выход из строя осваиваемого склона, по терминологии теории надежности называется отказом. Отказ, в нашем случае, может наступить при интенсивных эрозионных процессах, когда воздействующие на почву внешние нагрузки превышают силы сопротивляемости (реакции). По формуле (1) предварительно можно рассчитать время, после которого наступит отказ, что является сигналом для проведения противоэрозионных мероприятий. С другой стороны, если имеющиеся ретроспективные данные о количественных значениях факторов, обуславливающих процессы смыва почвы (форм. 1) со склонов, дают возможность установления надежности того или иного фактора с точки зрения развития, или не развития, интенсивных эрозионных процессов, то их совокупное влияние на устойчивость склона можно определить формулой:

$$P(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \dots P_n(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t) \quad (4)$$

где  $P_i(t)$  – надежность  $i$ -того фактора для определенного значения времени.

Интегральным показателем сопротивляемости почвы на размыв может служить значение ее неразмывающей (допустимой) скорости, соотношение которого с фактическим значением скорости дождевого стока определяет интенсивность эрозионных процессов (рис.1)

Пунктирной линией, на рисунке, представлено превышение фактической скорости над допускаемым ее значением. В соответствии с рисунком эрозионные процессы протекают в течение  $(t_2-t_1) + (t_4-t_3)$  времени.

Указанные выше скорости можно рассматривать как случайные величины, зависящие от совокупностей многих обуславливающих факторов, которые в свою очередь являются случайными величинами. Распределение подобных случайных величин хорошо аппроксимируется законом нормального (Гаусовского) распределения. Плотность такого распределения, в общем виде



определяется зависимостью [5]

$$f(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-M_x)^2}{2\sigma_x^2}} \quad (5)$$

где  $M_x$  и  $\sigma_x$  соответственно математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение  $x$  переменной. Для нашего случая эрозионные процессы протекают тогда, когда  $V = V_{\text{фак}} - V_{\text{доп}} > 0$ . Соответственно вероятность этого будет:

$$P(V > 0) = \int_0^{\infty} f(V) dV = \int_0^{\infty} \frac{1}{\sigma_V \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{V - M_V}{\sigma_V}\right)^2\right] dV \quad (6)$$

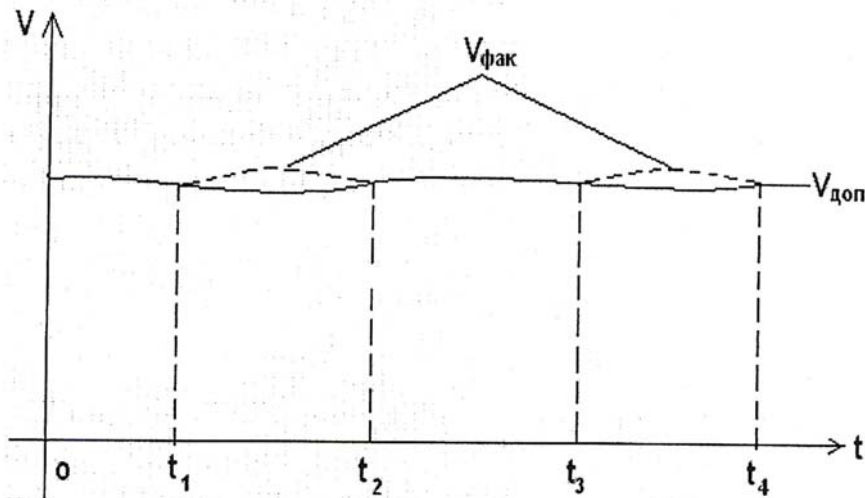


Рис. 1 Графики изменения допустимой ( $V_{\text{доп}}$ ) фактической ( $V_{\text{фак}}$ ) скорости во времени

Если известны вероятностные показатели фактической и допустимой скорости, для использования таблиц функции нормального распределения, уравнение (6) можно записать в виде уравнения превышения [8]:

$$P = \Phi(Z) = \Phi\left[\frac{M_{V_{\text{фак}}} - M_{V_{\text{доп}}}}{\sqrt{\sigma_{V_{\text{фак}}}^2 - \sigma_{V_{\text{доп}}}^2}}\right] \quad (7)$$

$$0,00 \leq Z \leq 4,99$$

где  $P$  – вероятность смыва почвы со склона;

$M_{V_{\text{фак}}}$ ,  $M_{V_{\text{доп}}}$ ,  $\sigma_{V_{\text{фак}}}$ ,  $\sigma_{V_{\text{доп}}}$  соответственно – математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение фактической и допустимой скоростей.

Допуская, что допустимое значение неразмывающей скорости является постоянным, формула (7) примет вид:

$$P = \Phi\left[\frac{M_{V_{\text{фак}}} - V_{\text{доп}}}{\sigma_{V_{\text{фак}}}}\right] \quad (8)$$

**Пример расчета:** допустим, что статистической обработкой имеющихся данных наблюдений получили, что математическое ожидание фактической скорости склонового стока  $M_{V_{\text{фак}}} = 0,16$  м/с,

его среднеквадратическое отклонение  $\sigma_{V_{фак.}}=0,04$  м/с, и допустимое значение скорости  $V_{доп} = 0,12$  м/с. Следовательно, по формуле (8):

$$P = \Phi \left[ \frac{0,16 - 0,12}{0,04} \right] = \Phi(1) = 0,8413 \quad (9)$$

Получили, что вероятность смыва почвы со склона, т. е. надежность того, что склон будет деформирован, составляет 0,8413.

## ВЫВОДЫ

1. Представленным в работе подходом показана возможность применения теории надежности в исследованиях эрозионных процессов;
2. Вероятность (соответственно риск) выхода из строя отдельных осваиваемых склонов, под различными с/х культурами, можно установить в зависимости от основных обуславливающих факторов;
3. Подобными расчетами, при наличии необходимых фактических исходных данных, нетрудно прогнозировать смываемость конкретных площадей любого водосборного бассейна, что послужит основой для их классификации и картирования с целью проведения соответствующих противоэрозионных мероприятий.

## Литература

1. Булыгин С.Ю. – Прогноз эрозионной опасности (по материалам исследований территории левобережной лесостепи и северной степи УССР). Вестник с/х наук, №1990, с.70-75;
2. Дохнадзе Г.П. – прогнозирование эрозионных процессов на склонах водосборного бассейна (на груз. языке). Труды института Грузгидроэкология, 2001, с. 49-53;
3. Дохнадзе Г.П., Лордкипанидзе Д.Ш. – Оценка факторов влияющих на эрозию почв (на груз. языке). Труды института Грузгидроэкология, 2005, с.32-38;
4. Корнев Я.В. – Эрозия почвы как фактор урожайности. В кн.: Эрозия почв, изд. АН СССР, М-Л., 1937, с. 187-247;
5. Маниа Г.В. – Курс теории вероятностей (на груз. языке). Тб., 1962, с.200-205;
6. Мирцхулава Ц.Е., Дохнадзе Г.П., Гоциридзе С.К., Надирашвили В.С. – Прогноз водной эрозии. Генеральная схема противоэрозионных мероприятий Грузинской ССР на 1981-1990 годы и на период до 200 года. «Сабчота сакартвело», Тб., с. 282-306
7. Мирцхулава Ц.Е. – Водная эрозия почв. «Мецниереба», Тб. 200, 415 с.
8. Мирцхулава Ц.Е. – Риск нарушения экологической безопасности нефтегазопроводов. «Экологические системы и приборы», №3, 2002, с. 42-46;
9. Шищенко П.Г. – Прикладная физическая география. «Выша школа», К.,1988, 192 с.

**CONTROLLING SOIL EROSION BY NARROW STRIPS OF *VETIVERIA ZIZANIODES*  
– AN ISRAEL-GEORGIA PROJECT**

**Nativ Dudai<sup>1</sup>, Givi Gavardashvili<sup>2</sup>, Tsotne Mirtskhoulava<sup>2</sup>, MIMeni Ben-Hur<sup>1</sup>**  
E-mail: [natvdud@gmail.com](mailto:natvdud@gmail.com); [givi\\_gava@yahoo.com](mailto:givi_gava@yahoo.com)

<sup>1</sup> Newe Ya'ar Agricultural Research Center, the Volcani Center, ARO, Israel

<sup>2</sup> Water Management Institute of Georgian Technical University, Georgia

**Acknowledgement:** The project was funded by the CAR grant, Project number: CA15-011.

## 1. INTRODUCTION

Surface runoff and soil erosion are known as serious problems in many countries, as they contribute to land degradation and loss of water and soil fertility, on one hand, and intensify flooding and surface water pollution risks, on the other hand. Runoff is formed when rainfall intensity exceeds the soil infiltration rate and the soil surface's capacity to retain water. Therefore, a decrease in the infiltration rate can increase the surface runoff. One important factor that decreases the infiltration rate of bare soil under rainfall is the formation of a seal on the soil surface [2,11]. A surface seal is thin and is characterized by greater density and lower saturated hydraulic conductivity than the underlying soil[15]. Soil erosion processes can be divided into two main components: rill and interfile erosion. Runoff from soil surface may concentrate into small, erodible channels, known as rills. In rill erosion, soil loss is due mainly to detachment of soil particles by flowing water, whereas in interfile erosion, soil particle detachment is caused essentially by raindrop impact, and the particles are transported by raindrop splash and runoff flow[18].

Denuded slopes frequently prompt serious problems of downstream sediment, unless they are stabilized to control soil erosion [8]. Planting plants on steep slopes as a means of controlling erosion has been common knowledge for many years. Plants can control runoff and erosion through three main mechanisms: (i) The plant canopy can protect the soil surface from raindrop impact, thus, in turn, preventing seal formation, infiltration reduction, and soil detachment [1,3] (ii) Plant roots can act as an anchor that holds the soil particles together, thus limiting the risk of landslides along the slope. (iii) Rows of plants oriented perpendicularly to the slope direction can be used as semi-permeable barriers that reduce surface runoff velocity, so that the amount of infiltrated water increases and the runoff decreases. This runoff decrease and trapping of sediments by plant canopies, as the excess runoff passes through the semi-permeable barriers, decreases the amount of soil loss[15].

Vetiver grass has been used intensively for soil and water conservation purposes and for stabilization of steep slopes [7,13,19,20]. This grass has short rhizomes and a massive, finely structured root system that grows very quickly; in some applications its depth reaches ~4 m in the first year of growth[12]. This deep root system makes the vetiver plant extremely drought tolerant and very difficult to dislodge when exposed to strong water flow [7,14]. In addition, the vetiver plant is highly resistant to pests, diseases and fire [5,17]. These unique physical and physiological characteristics of vetiver give this grass distinct advantage. A host of details about the potential and versatility of vetiver grass are available at <http://vetiver.org>.

---

---

**CONTROLLING SOIL EROSION BY NARROW STRIPS OF *VETIVERIA ZIZANIODES* –  
AN ISRAEL-GEORGIA PROJECT**

---

---

Vetiver grass is common mainly in India, Southeast Asia, Tropical Africa, South Africa, and Central and South America. [6,9]; it grows luxuriantly in regions with an annual rainfall of 1000 to 2000 mm and with temperatures ranging from 21 to 44.5°C [10]. Although vetiver is widely cultivated in tropical and sub-tropical regions, it is not commonly grown in arid and semi-arid Mediterranean regions.

In spite of the advantages of vetiver plants in light of environmental aspects, this plant is not used in Georgia and Israel. The project included two main parts, (i) developing management practices for growing vetiver under Israel and Georgia conditions; (ii) using vetiver plants in order to prevent surface runoff and soil loess in various regions in Georgia.

## **2. PLANT MATERIAL**

Vetiver (*Vetiveria zizanioides*, L. Nash) propagation material was imported to Israel from Reunion Island, in the Indian Ocean, and the plant has been grown in the Newe Ya'ar Research Center of ARO, the Volcani Center, Israel for 20 years. The vetiver plants that were used in the present study developed from rooted shoots that had been obtained by splitting mother plants. Rooted shoots of vetiver from Israel were shipped to Georgia, and were planted, grown, and propagated in greenhouse in Georgia. These vetiver plants were used for the experiments that were conducted in Georgia. The present project included two main parts, (i) developing management practices for growing vetiver under Georgia and Israel conditions; (ii) using vetiver plants in order to prevent surface runoff and soil loess in various regions in Georgia.

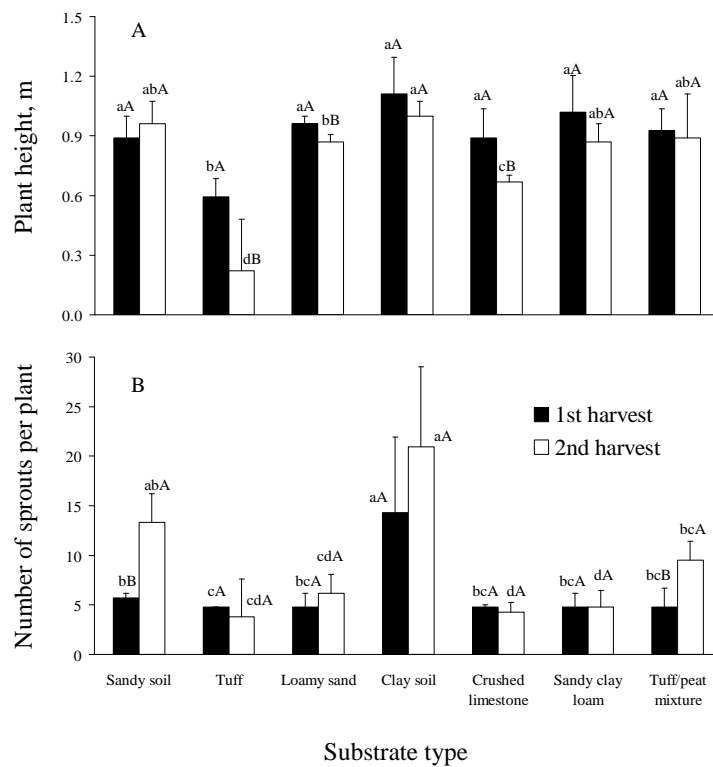
## **3. MANAGEMENT PRACTICES FOR GROWING VETIVER**

### **3.1. Environmental growing parameters in Israel**

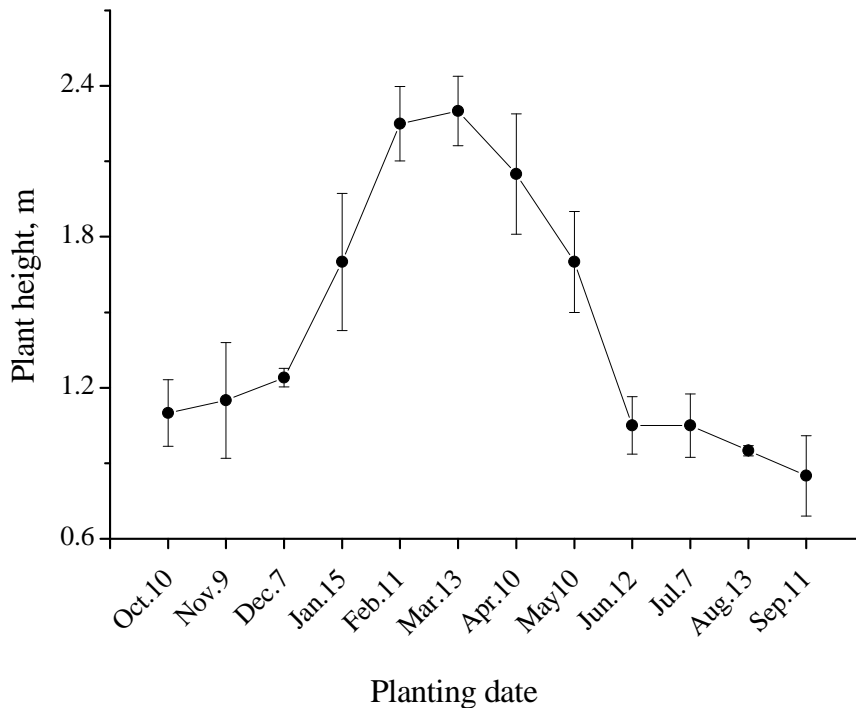
In this part, the effects of air temperature, day-length, irrigation practices, foliage treatments, time of planting, and different growing substrates on establishment and growth of vetiver plants were studied. These experiments were conducted in Israel, and the results were published in Dudai et al. (2006). Brief summary and conclusions of these experiments are followed below.

1. Vetiver plants could grow in a wide range of substrates, such as: sandy soil, loamy sand, clay soil, crushed limestone, sandy clay loam, and tuff/peat mixture (Fig. 1).

1. The vetiver grown in clay soil had the tallness and the large number of sprouts per plant. This is probably resulted from the high water retention capacity and fertility of this soil. It is most likely, however, that using irrigation and fertilization management regimes that will be compatible with the chemical and physical properties of the individual substrates would considerably improve the performance of the vetiver plants in the other substrates.
2. In Israel conditions, in order to obtain fast growth of vetiver and to increase the possibility of its using the rainwater, the plants should be planted in the winter, during February and March (Fig. 2). However, under this regime, the vetiver plant cannot be used as a soil stabilizer during the first winter, because the plant is still small. In contrast, under irrigation it is advantageous to plant vetiver at the beginning of the summer; the plant then has sufficient time to grow and develop before the beginning of the winter, so that its effect as a soil stabilizer in the following wet winter could be maximal.



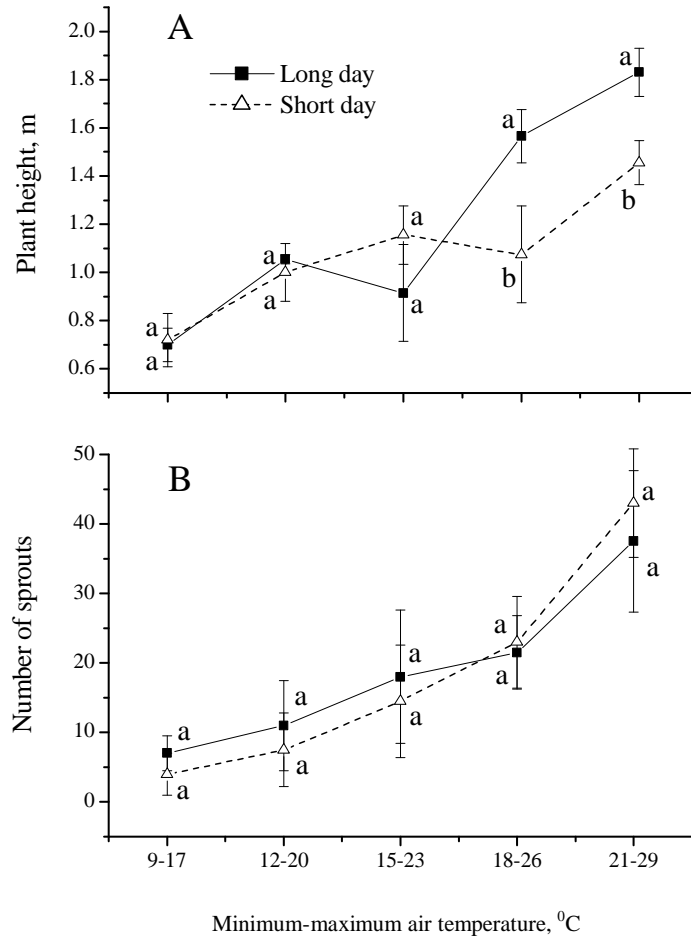
**Fig. 1. Plant heights and numbers of sprouts per plant, at two harvests, of vetiver that was grown in various substrates. Bars indicate standard deviation. Values followed by different lower case letters differed significantly between substrates for each harvest; those followed by different upper case letters differed significantly between the harvests for each substrate.**



**Fig. 2. Average heights, after 200 days of irrigated growth, of vetiver plants that were planted on several different dates in an open field. Bars indicate standard deviation.**

**CONTROLLING SOIL EROSION BY NARROW STRIPS OF VETIVERIA ZIZANIODES –  
AN ISRAEL-GEORGIA PROJECT**

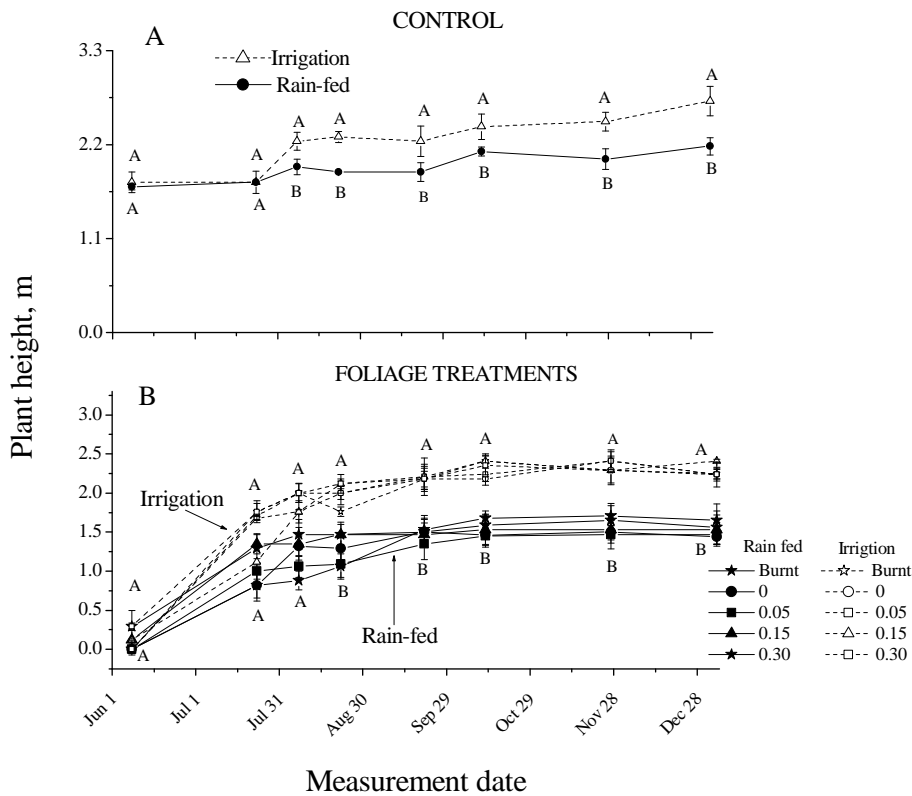
3. Increasing the minimum/maximum temperatures to 21-29 °C significantly increased plant height (Fig. 3). For air temperatures up to 15-23 °C the effect of day length on plant height was insignificant, whereas in air temperature >15-23 °C, the plant heights under long day conditions were significantly higher than under short day. The number of sprouts per plant increased exponentially with increasing air temperature, and was not significantly affected by the day length at any air temperature range.



**Fig. 3: Plant height and number of sprouts per plant after 24 weeks of growing, as functions of air-temperature range for two day lengths. Bars indicate standard deviation, and within air-temperature range, labeling of symbols with different letters indicates significant differences between long and short day treatments.**

4. Once the vetiver plants are established, they could survive a long dry period (~8 months) under rain-fed conditions (Fig. 4). Cutting or burning of the plant foliage during the spring did not improve the survival of vetiver during the dry season.





**Fig. 4: Average heights of vetiver plants after various foliage treatments under irrigated and rain-fed conditions in open field at various dates in 2001. Bars indicate standard deviation; within measurement date and control and foliage treatments, labeling of symbols with different letters indicates significant differences between irrigated and rain-fed treatments.**

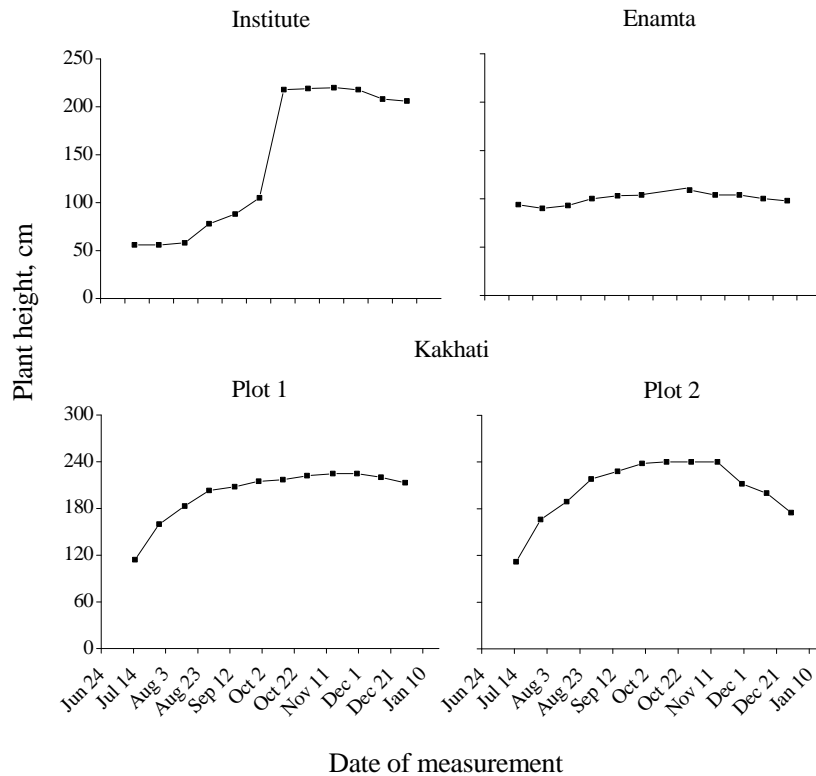
### 3.2. PLANT ESTABLISHMENT AND GROWTH IN OPEN FIELD PLOTS IN GEORGIA

Open field plots in four different locations in Georgia (Fig. 5) were used to determine the establishment and growth of vetiver plants under different climates in Georgia. Vetiver seedlings were planted in plots of 6 m<sup>2</sup> size for each in 23 April, 2005 in the Institute site with density of 12 plants/m<sup>2</sup>, in 30 April, 2005 with density of 4.3 plants/m<sup>2</sup> in the Enamta site, and in 1 May, 2005 with density of 3.2 plants/m<sup>2</sup> in the Kakhati and Arakheeti sites, when in Kakhati site, two plots were planted. The heights of the Vetiver plants in the different sites as functions of the sampling date are presented in Fig. 6. The vetiver plants in the Arakhveti site were not survival, most likely because the very low temperature in the winter in this Alpine site. Therefore, the plant heights in this site are not presented in Fig.6. The heights of the vetiver plants in the Institute and Kakhati sites were relatively high ~ 220 cm (Fig.6). These sits are located in regions that are characterized by relatively high annual precipitation. In contrast, the heights of the vetiver plants in the Enamta site, which is located in arid zone, were relatively small ~100 cm (Fig. 6).

**CONTROLLING SOIL EROSION BY NARROW STRIPS OF *VETIVERIA ZIZANIODES* – AN ISRAEL-GEORGIA PROJECT**



**Fig. 5. Location of the field experimental sites with in Georgia (Number in the map indicates site location).**



**Fig. 6. Height of vetiver plants in different dates in year 2005 in various experimental sites.**

#### 4. RUNOFF AND SOIL LOESS IN GEORGIA

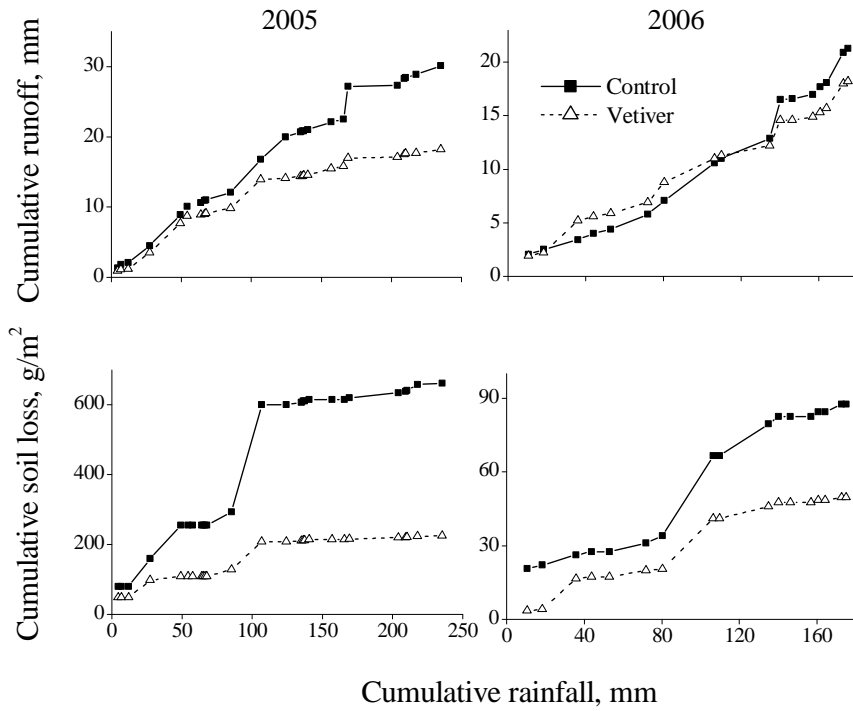
Runoff plots were constructed in three regions in Georgia, two plots in medium height zone (Institute site) with 16.9 m<sup>2</sup> in size for each and 4<sup>0</sup> slope, two plots in arid zone (Enamta site) with 28.35 m<sup>2</sup> in size for each and 21<sup>0</sup> slope, four plots with 10.25 m<sup>2</sup> in size for each in Lowland, subtropical zone (Kakhati site), when the slope of two plots was 20<sup>0</sup> and the other two plots was 15<sup>0</sup>. In each site, two treatments were studied, control (bare plot) and vetiver treatment (Fig. 7). In the vetiver treatment, vetiver seedlings was planted in the last 1.5 m in the downhill part of the runoff plot (Fig.7); the vetiver seedlings were planted with density of 12 plants per m<sup>2</sup> on 23 April, 2005 in the Institute site, 4.3 plants per m<sup>2</sup> on 30 April, 2005 in the Enamta site, and 3.2 plants m<sup>2</sup> on 1 May, 2005 in the Kakhati site.



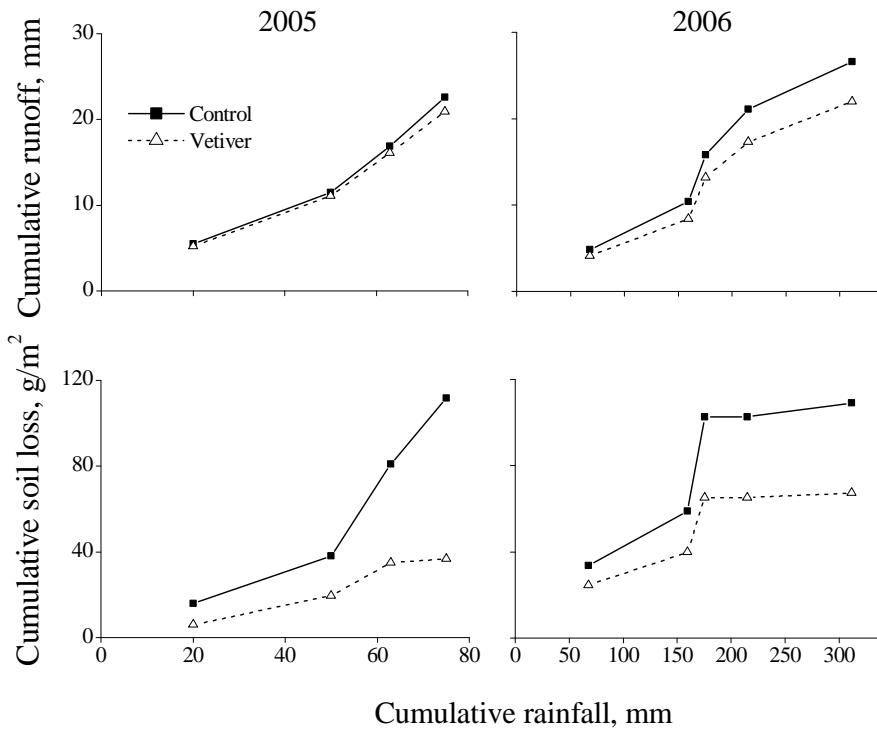
**Fig.7: Example of runoff plots of control (left plot) and vetiver (right plot) treatments**

The cumulative runoff and soil loss amounts as functions of cumulative rainfall in the years of 2005 and 2006 for the control and vetiver treatments in Institute and Enamta sites are presented in Figs. 8 and 9, respectively, and in plots with 20<sup>0</sup> and 15<sup>0</sup> in Kakhati site are presented in Fig. 10 for in the year of 2005 and in Fig. 11 for the year 2006. The vetiver plants decreased the runoff in some cases, however, decreased significantly the soil loss in the three sites and in the two measured years, 2005 and 2006 (Figs.8, 9, 10, and 11). The main mechanisms that could account for the reduction in runoff in the vetiver treatment were: i) the canopy of the vetiver plants prevented the seal formation and the reduction of the infiltration rate in the area under the plants canopy in the runoff plot; (ii) the vetiver plants decreased the runoff velocity along the slope, thus, in turn, increased the duration of infiltration and the amount of infiltrated water. In contrast, the main mechanisms that could account for the reduction in the soil loss in the vetiver treatment were: i) less runoff in the vetiver plots, (ii) trapping of sediments by the vetiver plants as the excess runoff passed through plant rows. The higher effect of the vetiver plants in reduction of the soil loss than runoff amount suggested that the dominant mechanism in soil loss was by trapping of the sediments by the vetiver plants.

**CONTROLLING SOIL EROSION BY NARROW STRIPS OF *VETIVERIA ZIZANIODES* –  
AN ISRAEL-GEORGIA PROJECT**



**Fig. 8. Cumulative runoff and soil loss amounts as functions of cumulative rainfall in the years of 2005 and 2006 for control and vetiver treatments in Institute site.**



**Fig. 9. Cumulative runoff and soil loss amounts as functions of cumulative rainfall in the years of 2005 and 2006 for control and vetiver treatments in Enamta site.**

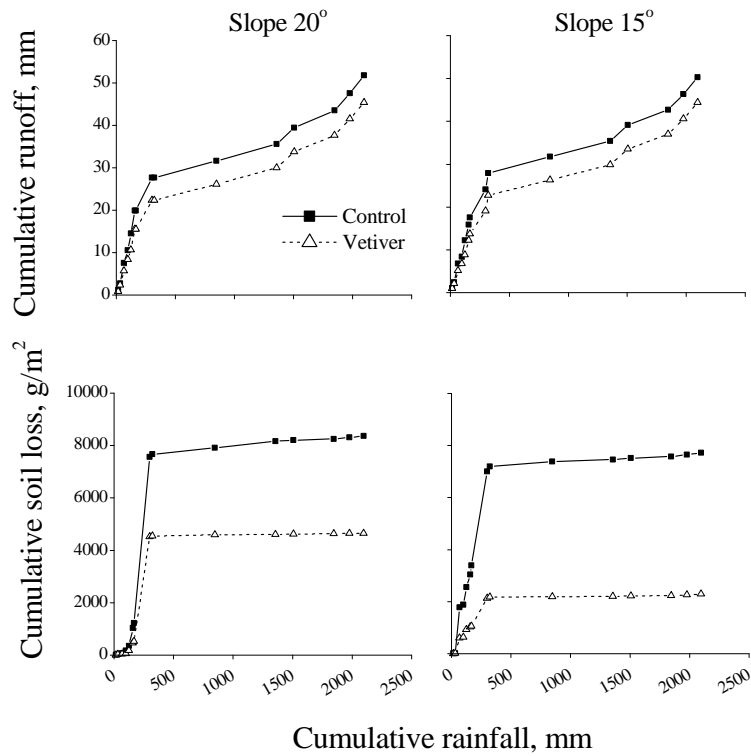


Fig. 10. Cumulative runoff and soil loss amounts as functions of cumulative rainfall in plots with 20° and 15° in the years of 2005 for the control and vetiver treatments in Kakhati site.

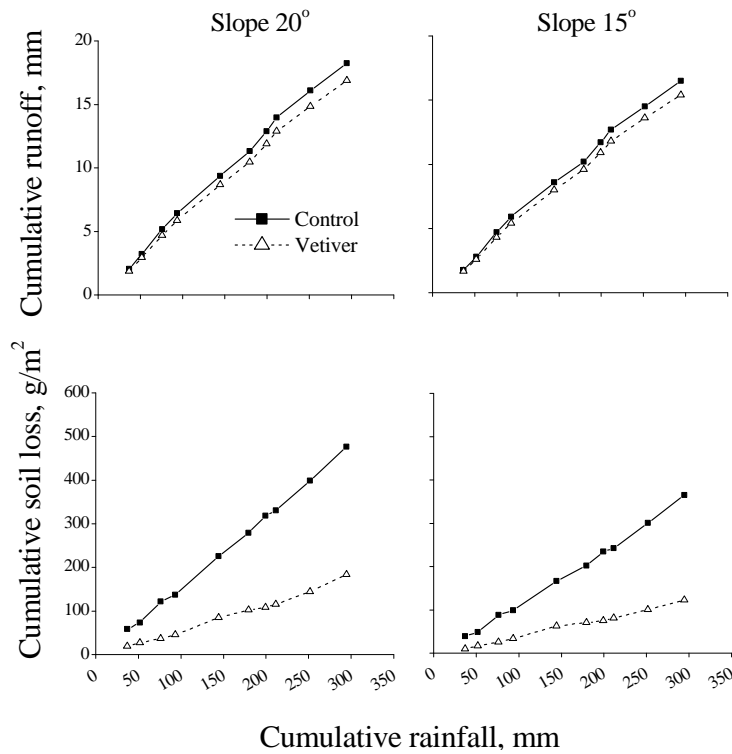


Fig. 11. Cumulative runoff and soil loss amounts as functions of cumulative rainfall in plots with 20° and 15° in the years of 2006 for the control and vetiver treatments in Kakhati site.

## 5. PROJECT ACTIVITIES/OUTPUT

### 5.1. Training and visiting

1. **Dr. Givi Gavardashvili and Mr. Goga Chakhaia** from Georgia attended training for about 3 months in 2004- 2005 in The Section of Aromatic and Medicinal Plants, Newe Ya'ar Research Center, the Volcani Center, ARO, Israel. In this training, Dr. Givi Gavardashvili and Mr. Goga Chakhaia were involved in greenhouse experiment with vetiver plants grown in pods and in field experiment with runoff plots.
2. **Dr. N. Dudai** from The Section of Aromatic and Medicinal Plants, Newe Ya'ar Research Center, the Volcani Center, ARO, Israel visited Georgia for 7 days in 2005. Dr. Dudai discussed the progress of the experiment plan with the Georgian scientist group.
3. **Ms. Lea Leeb, Dr. N. Dudai, and Dr. Meni Ben-Hur** from Volcani Center, ARO, Israel visited the experiment sites in Georgia in 2006.
4. **Mr. K. Iordanishvili** from Georgia attended training for about 2 months in 2007 in The Section of Aromatic and Medicinal Plants, Newe Ya'ar Research Center, the Volcani Center, ARO, Israel. In this training, Mr. K. Iordanishvili was involved in field experiment with vetiver.

### 5.2. List of publication from the project

1. **Dudai, N., Putievsky, E., Chaimovitch, D. and Ben-Hur, M.** (2005). Growing of Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) for soil stabilization: Development of growing management for Israel conditions. The Forest 5-6: 45-49 (in Hebrew, abstract and figures in English).
2. **Dudai, N., Putievsky, E., Chaimovitch, D. and Ben-Hur, M.** (2006). Growth management of vetiver (*Vetiveria zizanioides*) under Mediterranean conditions. Journal of Environmental Management 81:63-71.
3. **Ben-Hur, M., Plaut, Z., Dudai, N. and Edelstein, M.** (2009). Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) responses to fertilization and salinity under irrigation conditions. Plant Soil. Journal of Environmental Management 91:215-221.
4. **Mirtskhoulava, T.E.** (2003). Perspective Method for soil security from erosion by means of *Vetiveria zizanioides* thin lines in the countries of south Caucasus. Annals of Agrarian Sci., Agronomy and Agroecology, No. 2: 18-21 (in Russia).
5. **Gavardashvili G.V., Chakhaia G. G., Gavardashvili N.G.**(2008). The Investigation of Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides*, L. Nash) in the Greenhouse. //Annals of Agrarian Sciences. Vol.6,#1, , Tbilisi, pp.31- 41.
6. **Gavardashvili G.V., Chakhaia G.G., Tsulukidze L.N., Gavardashvili N.G.**(2009). Quantitative Study of the Root System and Sprouts of the Antierosional Plant Vetiver (*Vetiveria zizanioides*, L. Nash). 7<sup>th</sup> ISRR Symposium Root Research and Applications. BOKU, Wien, 2- 4 September, AUSTRIA, pp 46.
7. **Dudai, N. and Ben Hur, M.** (2009). Using vetiver (*vetiveria zizanioides*) as a soil conservation technique under mediterranean conditions. *Proceedings of the International Symposium on Floods and Modern Methods of Control Measures*. pp. 123-132.



## 9. REFERENCES

1. **Agassi, M. and Ben-Hur, M.** (1992). Stabilizing steep slopes with soil conditioners and plants, *Soil Tech.* 5:249-256.
2. **Ben-Hur M.** (2008) Seal formation effects on soil infiltration and runoff in arid and semiarid regions under rainfall and sprinkler irrigation conditions. In: *Climatic Changes and Water Resources in the Middle East and in North Africa* (F. Zereini and W. Jaeschke eds.). Springer-Verlag, New York (in press).
3. **Ben-Hur, M., Z. Plaut, I. Shainberg, A. Meiri, and Agassi, M.** (1989). Cotton canopy and drying effects on runoff during irrigation with moving sprinkler systems. *Agron. J.* 81: 751-757.
4. **Bresler, B., McNeal B.L. and Carter, D. L.** (1982). Saline and sodic soils, *Adv. Ser. Agric. Sci.*10. Springer-Verlag, New York.
5. **Chen, S.** (1999). Insect on vetiver hedges, *The Vetiver Newsletter* 20, pp. 30–31.
6. **Greenfield, J.C.** (1988) Vetiver grass (*Vetiver* spp.) the ideal plant for vegetative soil and moisture conservation. World Bank, Washington D.C., TVN Newsletter 1
7. **Hengchaovanich, D.** (1999) Fifteen years of bioengineering in the wet tropics from A (*Acacia auriculiformis*) to V (*Vetiveria zizanioides*), in: *Proc., Conf. Ground and Water Bioengineering for Erosion Control Slope Stabilization*, Manila.
8. **Holy, M.** (1986). *Erosion and Environment*. Pergamon Press, Oxford. 225 p.
9. **Lavana, U.C.** (2000). Primary and secondary centers of origin of vetiver and its dispersion. In: Chomchalow, N., Barang, N. (Eds.), *Proceedings of the IInd International Conference on Veriver: Vetiver and Environment*. Office of Royal Development Project Board, Bangkok, Thailand, pp. 424–427.
10. **Maffei, M.** (2002). Introduction to the genus *Vetiveria*, in: M. Maffei (ed.), *Vetiveria the Genus Vetiveria*. Taylor & Francis, New York, pp.1-18.
11. **Morin, J., Benyamini, Y. and Michaeli. A.** (1981). The effect of raindrop impact on the dynamics of soil surface crusting and water movement in the profile. *J. Hydrol.* 52: 321-335.
12. **Truong, P.** (2002). Vetiver grass technology, in: M. Maffei (ed.), *Vetiveria the Genus Vetiveria*. Taylor & Francis, New York, pp. 114-132.
13. **Truong, P., Creighton, C.** (1994). Report on the potential weed problem of vetiver grass and its effectiveness in soil erosion control in Fiji. Division of Land Management, Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, Australia.
14. **Truong, P., Baker, D., Christiansen, I.** (1995). Stiff grass barrier with vetiver grass – A new approach to erosion and sediment control, in: *Proc. Third Annual Conference on Soil and Water Management for Urban Development*, Sydney, Australia.
15. **Wakindiki, I.I.C., and Ben-Hur, M.** (2002a). Soil mineralogy and texture effects on crust micromorphology, infiltration and erosion. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 897-905.
16. **Wakindiki, I.I.C., and Ben-Hur, M.** (2002b). Indigenous soil and water conservation techniques: effects on runoff, erosion, and crop yield under semi-arid conditions, *Aust. J. Soil Res.* 40:367-379.
17. **West, L., Sterling, G. and Truong P.N.** (1996). Resistance of vetiver grass to infection by root knot nematodes (*Meloidogyne* spp.), *The Vetiver Network Newsletter* 20, pp. 20–22.
18. **Watson, D. A. and Laffen, J. M.** (1986). Soil strength, slope, and rainfall intensity effects on interrill erosion. *Trans-Actions of the ASAE* 29(1):98-102.
19. **Xie, F.X.** (1997). Vetiver for highway stabilization in Jian Yang Country: Demonstration and extension. *Proc. Intern. Vetiver Workshop*, Fuzhou, China.
20. **Xia, H.P., Ao, H.X., Liu, S.Z. and He D.Q.** (1999). Application of the vetiver grass bioengineering technology for the prevention of highway slippage in southern China in: *Proc., Conf. Ground and Water Bioengineering for Erosion Control Slope Stabilization*, Manila.

**სამელიორაციო სამსკლუატაციო ორგანიზაციების  
ეშეშტური და მღბრადი ფუნქციონირების საკითხები**

**მარტინ ვართანოვი**

**E-mail: v.martin.hm@gmail.com**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

**შესავალი**

საქართველოს ბუნებრივ-კლიმატური პირობები მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს მორწყვის, როგორც ინტენსიური სასოფლო-სამეურნეო წარმოების განვითარების, ერთ-ერთი ფაქტორის აუცილებლობას.

ამჟამად ქვეყანაში ხორციელდება მელიორაციული ფონდების რეაბილიტაციის, მისი ცალკეული მნიშვნელოვანი ელემენტების რეკონსტრუქციის და მოდერნიზაციის ფართო პროგრამა, თუმცა, საექსპლუატაციო სამუშაოების დაფინანსების ორგანიზაციის არასრულყოფილი სისტემის შედეგად მრავალი სარწყავი სისტემა, მათ შორის ბოლო წლებში რეაბილიტირებული – ინგრევა, რაც იწვევს სარწყავი წყლის დიდ დანაკარგებს და მოსარწყავი სავარგულების დაბალ პროდუქტიულობას.

**პირითაღი ნაწილი**

შექმნილი ტენდენციის გარდატეხის მიზნით აუცილებელია, პირველ რიგში, განისაზღვროს მელიორაციული ობიექტების დაფინანსების საიმედო წყაროები, რომელიც შეიძლება იყოს, ერთი მხრივ, სახელმწიფო, მეორე მხრივ, ფერმერული მეურნეობები, ამავე დროს, არ არის გამორიცხული აღნიშნული წყაროების მიერ ირიგაციის დაფინანსების ერთდროული და ერთობლივი შესაძლებლობაც.

როგორც მსოფლიო გამოცდილებამ აჩვენა, სახელმწიფო ხშირად და აქტიურად მონაწილეობს წყალმომარაგების სისტემის შექმნასა და მართვაში, ხოლო, როცა შესაძლებელია, მთლიანად ან ნაწილობრივ აფინანსებს კაშხლების, წყალგამწმენდი სადგურებისა და ირიგაციული სისტემების მშენებლობას, რაც მას საშუალებას აძლევს აქტიურად იმოქმედოს წყლის განაწილების პროცესებზე, სელექციურად ასტიმულიროს ქვეყნის ამა თუ იმ რეგიონის განვითარება და სწორედ ამგვარად გაატაროს სახელმწიფო სასოფლო-სამეურნეო პოლიტიკა. გარდა ამისა, ამ სამუშაოების დაკრედიტება, როგორც პროექტის რეალიზაციის ტექნიკური კონტროლის, ასევე წყლის რაციონალური გამოყენების საშუალებას იძლევა, რაც შეეხება სახელმწიფო მონაწილეობას ირიგაციული სისტემების დაფინანსებაში, მისი როლი უნდა იყოს მინიმალური და შემოიფარგლოს დაკრედიტებით, ისიც მხოლოდ გამონაკლის შემთხვევაში – სეზონებს შორის პერიოდში.

მელიორაციული ობიექტების ექსპლუატაციის სფეროში მიმართული სახელმწიფო სახსრები, გარკვეულწილად ამცირებს ფერმერების მიერ გადახდილ წყლის საფასურს და ამით ქმნის წყლის გადასახადის სიიაფის ილუზიას, რაც აუცილებლად იწვევს წყლის გადახარჯვას მისგან გამომდინარე ნეგატიური ეკონომიკური და ეკოლოგიური შედეგებით.

აქედან გამომდინარე, საექსპლუატაციო სამუშაოების დაფინანსების მთავარ წყაროს წარმოადგენს ფერმერებისა და სხვა წყალმომხმარებლისაგან წყლის რეალიზაციის შედეგად მიღებული თანხები. ამ დროს წყლის საფასური იმ ორგანიზაციებს შორის

ურთიერთობის მყარი ეკონომიკური საფუძველი ხდება, რომლებიც წარმოდგენილია, ერთი მხრივ, სარწყავი სისტემების მომსახურებით და მეორე მხრივ, წყლის მომხმარებლებით – ფერმერებით, მათი ასოციაციებით და სხვ.

ურთიერთობების ამგვარი რეალიზაცია პირობებს ქმნის ირიგაციული სისტემების რენტაბელობის ამაღლების, წყლის დანაკარგების შემცირების, წყალგანაწილების სისტემაში ავტომატიზაციის თანამედროვე მეთოდების დანერგვის, ახალი მაღალეფექტიანი ჰიდრომელიორაციული ობიექტების დაპროექტების.

ამგვარად, ფასიანი წყალსარგებლობა წარმოადგენს ეკონომიკური სისტემის – „საექსპლუატაციო მელიორაციული ორგანიზაცია – წყალმომხმარებელი“ მეურნეობა მუშაობის ეფექტიანობის ამაღლების მძლავრ ბერკეტს, თუმცა, ფასიანი წყალსარგებლობის სრულმასშტაბიანი რეალიზაცია საჭიროებს სარწყავი წყლის ტარიფიკაციის მეცნიერულ დასაბუთებას, რომელიც ადეკვატურად ასახავს მორწყვის ბუნებრივ-კლიმატურ, ტექნოლოგიურ და ეკოლოგიურ პირობებს. მხედველობაშია მისაღები ისიც, რომ მოხმარებულ წყალზე ფასის განსაზღვრა არამარტო ეკონომიკური, არამედ სოციალურ-პოლიტიკური პრობლემაცაა. სწორედ მიღებული ტარიფიკაციის სისტემის მიხედვით ხდება მოსახლეობის შემოსავლების გადანაწილება, იცვლება სამეურნეო საქმიანობის პირობები ყოველ ცალკეულ შემთხვევაში.

სახლგარეეთული ლიტერატურის ანალიზმა უჩვენა, რომ სარწყავი წყლის საფასურის დადგენის პრობლემა მსოფლიოში აქტუალურია როგორც მეცნიერული, ასევე პრაქტიკული თვალსაზრისით. შემუშავებულია ტარიფიკაციის სხვადასხვა მოდელი, რომელთა მრავალფეროვნება შეიძლება დაიყოს ორ დიდ კატეგორიად:

- მოდელები, რომელთაც საფუძველად უდევს ფიქსირებული გადასახადი, იგი არაა დამოკიდებული აღებული წყლის მოცულობაზე და იკრიფება მოსარწყავი უბნის ფართობის, მოსარწყავი კულტურის, წელიწადის დროის ან მორწყვის რაოდენობის შესაბამისად;
- მოდელები, რომელთა საფუძველია გადასახადი, რომელიც განისაზღვრება აღებული წყლის მოცულობის მიხედვით.

ფასიანი წყალსარგებლობის გამოცდილებამ უჩვენა, რომ მეორე ჯგუფის მოდელები უფრო პროგრესული და ეკონომიკურად გამართლებულია. სწორედ ტარიფიკაციის ასეთი სისტემა წარმოშობს პირობებს, რომელიც აიძულებს ფერმერებს უფრო ეკონომიურად მიუდგნენ წყლის მოხმარებას და მოსარწყავ მიწებზე აამაღლონ სოფლის მეურნეობის რენტაბელობა.

სხვადასხვა ქვეყნის ისტორიულმა, გეოგრაფიულმა და ეკონომიკურმა პირობებმა გამოიწვია მათში სარწყავი წყლის ღირებულების განსაზღვრის სხვადასხვა მიდგომა. ასე, მაგალითად, იაპონიაში საერთოდ არ არსებობს გადასახადი სარწყავ წყალზე, საბერძნეთში წყლის გადასახადი იკრიფება მოსარწყავი მინდვრის ზომებით და იგი ფარავს მხოლოდ სარწყავი სისტემის მართვის ადმინისტრაციულ ხარჯებს; კანადაში მოსარწყავი მინდვრის ზომა წარმოადგენს წყლის საფასურის ორსაფეხურიანი გადასახადის საანგარიშო საფუძველს, რომელსაც ფერმერი იხდის ერთდროულად: პირველად იგი იხდის აკრზე გადასახადს (1 აკრი = 0,405 ჰა) და ერთგვარად მონაწილეობს სარწყავი ქსელის შექმნაზე გაწეული კაპიტალური ხარჯების დაფარვაში, შემდეგ კი ყოველწლიურად იხდის 1,5-დან 10 დოლარამდე მორწყული მიწის ყოველ აკრში – მონაწილეობს საექსპლუატაციო ხარჯების დაფარვაში. ამავე დროს, მიწოდებული წყლის მომსახურების რეალიზაციის შედეგად მიღებული მთლიანი თანხები ფარავს კაპიტალური და საექსპლუატაციო დანახარჯების მხოლოდ 14%-ს, დანარჩენი კი კომპენსირდება სამთავრობო ორგანიზაციების სუბსიდირებით; აშშ ფლობს სარწყავ წყალზე ისტორიულად ჩამოყალიბებული ფასების

ფორმირებულ პრინციპებს. ფასები მერყეობს ფართო დიაპაზონით: მაგალითად, კალიფორნიაში სარწყავი წყლის აკრ-ფუნტზე (დაახლოებით 1235 მ<sup>3</sup>) გადასახადი შეადგენს 2-დან 200 დოლარამდე და უფრო ზევით. ეს განსხვავება დამოკიდებულია ისეთ ფაქტორებზე, როგორცაა სარწყავი სისტემის ექსპლუატაციაში შესვლის წელი, ადგილობრივი ტოპოგრაფია, კუთვნილების ხასიათი და სუბსიდიების ზომები.

საფრანგეთში სარწყავი წყლის მრავალი სხვადასხვა ტარიფიკაცია არსებობს, რომელთა შორის ჭარბობს ბინომური ტარიფიკაცია, რომელიც შედგება ფიქსირებული არენდული გადასახადისაგან და მოხმარებული წყლის ყოველი კუბომეტრის საფასურისაგან.

ამჟამად, საქართველოში სარწყავი წყლის მოწოდების მომსახურებაზე დაწესებულია ერთიანი ფასი: 1 კუბომეტრის მორწყვა წლის განმავლობაში (სამჯერადი მორწყვის პირობებში) ღირს 75 ლარი. ამავე დროს ცალკეულ საექსპლუატაციო ორბანიზაციაში განხორციელდა ადგილობრივ პირობებთან ტარიფის მოქმედების ადაპტირების მცდელობა. ასე, მაგალითად, შპს „სიონი“ კა-ზე მარცვლელე კულტურების ერთჯერად საგახაფხულო მორწყვას აფასებს 25 ლარს, რეგულარულ სამჯერად მორწყვას – 1 კა-ზე 75 ლარს, საგახაფხულო და საშემოდგომო ტენდამგროვებელ მორწყვას 1 კა-ზე 20 ლარს, წყლის მოწოდების ფასი არასასოფლო-სამეურნეო საჭიროებისათვის – 1000მ<sup>3</sup> წყალზე 24 ლარია.

ქვეყანაში მიღებული ტარიფიკაციის სისტემას, მისი ადგილობრივ პირობებთან ზოგიერთი შესაბამისობის მიუხედავად, მთელი რიგი არსებითი ნაკლოვანებებიც აქვს – ერთიანი ტარიფი იკრიფება არა მოწოდებული სარწყავი წყლის აუცილებელი მოცულობის მიხედვით, არამედ სავარგულის განსახდერული ფართობის მორწყვისთვის, იგი არ განასხვავებს აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოში მორწყვის პირობებს ერთმანეთისაგან, არ ითვალისწინებს მაღალსაინჟინრო, ნახევარსაინჟინრო და პრიმიტიული სარწყავი სისტემების ექსპლუატაციის ტექნოლოგიურ თავისებურებებს. ერთიანი ტარიფის გამოყენების შედეგია სარწყავი ნორმის ბრუტოს მკვეთრი მომატება (30%-ით), სარწყავი სისტემის მარგი ქმედების კოეფიციენტის 52%-მდე შემცირება, ამავე დროს, სარწყავი წყლის საფასურის ამოღების დონე 50%-საც ვერ აღწევს.

ამგვარად, საქართველოში არსებული სარწყავი წყლის ტარიფიკაციის სისტემა არ შეიძლება ჩაითვალოს წარმატებულად; ამავე დროს, წყლის სწორ ფასს დიდი მნიშვნელობა აქვს ქვეყნის ეკონომიკური განვითარებისათვის. იგი ორიენტაციის საშუალებას აძლევს სასოფლო-სამეურნეო წყალმომხმარებელს მორწყვის რაციონალურ გამოყენებაზე პროდუქციის მაქსიმალური ნამატის მისაღებად. მიზნის მისაღწევად წყლის ფასი უნდა გამოდინარეობდეს არა მარტო მისი ფაქტობრივი თვითღირებულებიდან, არამედ უნდა გამოხატავდეს ნაციონალური ეკონომიკის ფასების მთელ კომპლექსს (სასუქები, ენერგია, ტრანსპორტი და ა. შ.); წყალზე ოპტიმალური ფასი უნდა ასახავდეს ასევე გარემო პირობებზე მორწყვის ზემოქმედების ყველა შესაძლო „მეორად შედეგებსაც“.

აღსანიშნავია, რომ სარწყავ წყალზე ერთიანი ფასის დადგენის შედეგად ეკონომიკაში გამოწვეული დარღვევები ახასიათებს საზოგადოებრივი მომსახურების ყველა იმ სფეროს, რომელთაც მომსახურებაზე ფიქსირებული ფასები აქვთ დაწესებული. ამასთან დაკავშირებით, ინტერესს იწვევს რეალური ოპტიმალური ფასის დადგენის მოთხოვნა სარწყავ წყალზე. „ეკონომიკური ოპტიმუმის“, „მაქსიმალური სოციალური განვითარების“ თეორიების შესაბამისად და სხვა თანამედროვე შეხედულებების მიხედვით, რეალური ფასის დადგენის მოთხოვნის ფორმულირება შეიძლება შემდეგი სახით:

– რეალურმა ფასმა ხელი უნდა შეუწყოს სარწყავი წყლის დეფიციტის ლიკვიდაციას და უზრუნველყოს ირიგაციის შემდგომი განვითარება მოთხოვნების ცვლილებების შესაბამისად; განხილულ შემთხვევაში – ეს არის ფასი, რომელიც ფარავს ირიგაციული

სისტემების ხარჯებს მრავალწლიანი პერსპექტივით და არა ისე, როგორც ხდება წყალზე საშუალო ფასის დადგენის დროს, ყოველწლიური დანახარჯების მიხედვით;

– რეალური ფასი უნდა ასახავდეს წყლის რეალურ ღირებულებას და მომხმარებელს აძლევდეს ორიენტაციის საშუალებას – უფრო რაციონალურად და ეკონომიურად გამოიყენოს იმ ფაქტორების კომპლექსი, რომლებიც ხელს უწყობს მაქსიმალური მოსავლის მიღებას. ეს ოპტიმუმი შესაბამისობაში იქნება საზოგადოებაში დოვლათის განაწილების კონკრეტულ პირობებთან და ყოველ ცალკეულ შემთხვევაში იქნება განსხვავებული;

– წყლის რეალურმა ფასმა უნდა დაარწმუნოს მომხმარებელი წყლის ეკონომიის სისწორეში, უნდა გაითვალისწინოს ყველა ის დანაკარგი, რომელიც შეიძლება გამოიწვიოს ირიგაციამ სხვა წყალმომხმარებლის პიკის პერიოდებში.

ამგვარად, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მორწყვა წარმოადგენს სოფლის მეურნეობის ინტენსიფიკაციის მნიშვნელოვან ფაქტორს, თუმცა ირიგაციის ეფექტის სრულყოფილი რეალიზება შესაძლებელია სარწყავი წყლის მხოლოდ ოპტიმალური ტარიფიკაციის პირობებში, რომელიც ითვალისწინებს წყლის მიწოდების არა მარტო საშუალო წლიურ თვითღირებულებას, არამედ ქვეყნის საწარმოო რესურსების ბაზარზე მოქმედი ფასების მთელ კომპლექსს, როგორც წყლის მოხმარების რეჟიმის დარღვევასთან დაკავშირებულ ეკოლოგიურ, ასევე ნაციონალური ეკონომიკის სხვა დარგებში წარმოქმნილ დანაკარგებს.

ბუნებათსარგებლობის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან სუბიექტს წარმოადგენს წყალსამეურნეო სისტემები, რომლებიც ახორციელებს სარწყავი წყლის აღებას, აკუმულაციას და ტრანსპორტირებას. ამ დროს წყალთა მეურნეობის სუბიექტების ანთროპოგენური დატვირთვა რეგიონების ეკოსისტემებზე უფრო მნიშვნელოვანი ხდება. ამასთან დაკავშირებით მეცნიერულად დასაბუთებული საექსპლუატაციო ღონისძიებების სისტემა მნიშვნელოვნად უზრუნველყოფს სარწყავი სისტემების საიმედო მუშაობასა და მორწყვის მდგრად განვითარებას.

მელიორაციული სისტემების საექსპლუატაციო სამუშაოები სეზონური ხასიათისაა, რომელიც განპირობებულია ბუნებრივი პირობებით და სოფლის მეურნეობის მოთხოვნით. ამიტომ მელიორაციული სამუშაოების თვითღირებულების ყველა გაანგარიშება გამოითვლება წლიურ ჭრილში ანუ გაიანგარიშება საწარმოს ხარჯები წლის განმავლობაში (წლიური ხარჯები), 1 ჰა სისტემის მოსარწყავი ან დასაშრობი მიწის ფართობის საექსპლუატაციო მომსახურების თვითღირებულება წლის განმავლობაში (1 ჰა მოსარწყავი ან დასაშრობი ხარჯები), 1მ<sup>3</sup> წყლის თვითღირებულება საშუალოდ წელიწადში და ა.შ.

თვითღირებულების მნიშვნელოვანი ელემენტი წყალსამეურნეო სისტემებისთვის ძირითადი ფონდების ამორტიზაციაა. დანარჩენი დანახარჯები შედგება ხელფასის, მიმდინარე რემონტის და არხების გაწმენდის, წყლის მექანიკური მოწოდებისათვის საჭირო ენერჯის, ადმინისტრაციული მმართველობის და სხვ.

ამჟამად, წყალთა მეურნეობის ობიექტებზე საწარმოო ფონდების ამორტიზაცია არ ირიცხება, რაც გამოწვეულია იმით, რომ მელიორაციული სისტემები სახელმწიფოს საკუთრებას წარმოადგენს, რომელიც ბოლო დრომდე უზრუნველყოფდა როგორც ახალი ინფრასტრუქტურის შექმნას, ისე მის რეკონსტრუქცია-რეაბილიტაციას.

ქვეყანაში საბაზრო ურთიერთობების წარმოქმნა და ყოველმხრივ განვითარება ამორტიზაციის დარიცხვის და შესაბამისად ამორტიზაციული ფონდის ფორმირების პრობლემას განსაკუთრებით აქტუალურს ხდის.

ამორტიზაციული ფონდის არარსებობა წყალსამეურნეო მელიორაციულ სისტემებს

პროგრესული ტექნოლოგიური პოლიტიკის არა მხოლოდ განხორციელების, არამედ აუცილებელი სარემონტო აღდგენითი სამუშაოების ჩატარების საშუალებას არ აძლევს, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს წყლის რესურსების გამოყენების ეფექტურობას და წარმოქმნის ეკონომიკური ხასიათის ზარალს.

ამორტიზაციული დანარიცხების გათვალისწინებით მელიორაციული ფონდების სრულ აღდგენაზე საექსპლუატაციო ღონისძიებების დანახარჯების სტრუქტურა საქართველოს მელიორაციული სისტემების მიხედვით მოცემულია №1 ცხრილში.

**ცხრილი 1**

**საქართველოს მელიორაციული სისტემების საექსპლუატაციო დანახარჯების  
სტრუქტურა**

№	საექსპლუატაციო სამუშაოები და დანახარჯების სახეები	დანახარჯების ხვედრითი წონა (%)
1	საწარმოო ფონდების ამორტიზაცია	40,0
2	საექსპლუატაციო პერსონალის შენახვა (ხელფასი)	15,0
3	რემონტი და შენახვა	
	– არხები, დამბები	1,8
	– ჰიდროტექნიკური ნაგებობები (კაშხალი, ხიდები, რაბი-რეგულატორი)	3,0
	– სამოქალაქო ნაგებობები	0,6
	– კავშირგაბმულობის საშუალებები	0,6
	– სატრანსპორტო საშუალებები	3,0
	– მექანიკური მოწყობილობა (მიწის მთხრელი მანქანები და სხვ.)	0,6
	– ტუმბოები	1,8
4	არხების გაწმენდა	
	– ნატანებისაგან	21,0
	– მცენარეებისაგან	0,6
5	ტყის ნარგავების მოვლა	0,2
6	დაცვით-მარეგულირებელი, ნაპირგასამაგრებელი და წყალდიდობის საწინააღმდეგო სამუშაოები	4,8
7	სხვა საექსპლუატაციო ღონისძიებები	7,0
	<b>სულ</b>	<b>100</b>

როგორც №1 ცხრილიდან ჩანს, საექსპლუატაციო ხარჯების ძირითად ელემენტებს წარმოადგენს საწარმოო ფონდების ამორტიზაცია, ხელფასი, არხების გაწმენდა, დაცვით-მარეგულირებელი და ნაპირგასამაგრებელი სამუშაოები, ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მოვლა და რემონტი.

სარწყავ სისტემებზე საექსპლუატაციო პერსონალი (ადმინისტრაციული და სახაზო) შეადგენს 5-6 კაცს 1000 ჰა ფართობზე, ხოლო დასაშრობზე – 3-4 ადამიანს. სისტემებში მერყეობა აიხსნება ძირითადად სისტემის მართვის სირთულითა და მისი ტექნიკური მდგომარეობით. მექანიკური წყლის ამწევ სისტემებში, რომელიც ემსახურება ტუმბოებსა და სხვა მექანიზმებს, პერსონალის რაოდენობა და მისი შენახვის დანახარჯები 50-80%-ით მეტია, ვიდრე თვითღინების სისტემებში.

საექსპლუატაციო სისტემის ასეთი დაკომპლექტების დროს ყოველწლიური დანახარჯები ხელფასზე უნდა შეადგენდეს სარწყავზე არა უმცირეს 28 ლარს 1 ჰა-ზე, ხოლო დასაშრობზე 19 ლარს.

არხების ნატანისგან გაწმენდის დანახარჯები რაიონების მიხედვით იცვლება დიდი ინტერვალით, ვიდრე ყველა სხვა. ეს აიხსნება სისტემების დალამებისა და გასუფთავების

**მარტინ ვართანოვი**

მოცულობის სხვაობით. გაწმენდის ხვედრითი მოცულობები მერყეობს რამდენიმე კუბური მეტრიდან ათეულ კუბურ მეტრამდე. 1 კა მელიორირებულ ფართობზე, ზოგიერთ სისტემაზე 60 და 80-100 მ<sup>3</sup>-იც კი. ქვეყანაში დასუფთავების მოცულობები საშუალოდ შეადგენს 5-6 მ<sup>3</sup>-ს სარწყავი ფართობის 1 ჰა-ზე, რაც შეადგენს 14,6 ლარს (2010 წლის ფასებით).

ადმინისტრაციულ-სამეურნეო და სხვა დანახარჯები სისტემებზე უნდა შეადგენდეს მიახლოებით შტატების შენახვის 30%-ს.

დაცვით-მარეგულირებელი და წყალდიდობის საწინააღმდეგო სამუშაოები იმ შემთხვევაში, თუ მათ გააჩნია მნიშვნელოვანი ხვედრითი წონა (საექსპლუატაციო დანახარჯების საერთო რაოდენობის 10%-ზე მეტი), მიზანშეწონილია მათი ცალკე გაანალიზება და დანახარჯების სპეციალური ხარჯთაღრიცხვის შედგენა.

მეურნეობათაშორის სარწყავ სისტემებზე წლიური დანახარჯების საერთო ჯამი ამორტიზაციული დანარიცხების ჩათვლით, განისაზღვრება 80,0 ლარი/ჰა, ხოლო დასაშრობ სისტემებზე – 25,0 ლარი/ჰა. ამორტიზაციის გარეშე ეს სიდიდეები შეადგენს 55,7 ლარს და 16,0 ლარს.

№2 ცხრილში მოყვანილია საქართველოს სამაგალითო სარწყავ სისტემაზე წლიური დანახარჯების ზომა და შედგენილობა.

**ცხრილი 2**

**წლიური დანახარჯები მათი ელემენტების მიხედვით და სარწყავ (თვითღირების) სისტემებზე საექსპლუატაციო სამუშაოების თვითღირებულების სტრუქტურა.  
(მოსარწყავი ფართობი ნეტო 10 000 ჰა)**

№	დანახარჯების სახეები	სისტემის ყოველწლიური დანახარჯების საერთო ჯამი (ლარი)	1 ჰა-ზე ყოველწლიური დანახარჯები (ლარი)	1000მ <sup>3</sup> სარწყავი წლის თვითღირებ. (ლარი)	თვითღირებულების სტრუქტურა (%)	შენიშვნა
1	ამორტიზაციული დანარიცხები	240 000	24,0	9,6	30,12	ამორტიზაციული დანახარჯები მიღებულია სისტემის საწყისი ღირებულების 4%-დან 6,0 მლნ. ლარი
2	საექსპლუატაციო პერსონალის შენახვა (ხელფასი)	288 000	28,8	11,52	36,14	შტატი – 60 ადამიანი ერთი მოსამსახურის საშუალო წლიური ხელფასი 4800 ლარი
3	ნატანებისაგან გაწმენდის დანახარჯები	146 400	14,64	5,86	18,37	წმენდის მოცულობა 60 000 მ <sup>3</sup> 2,44 ლარი/მ <sup>3</sup>
4	მიმდინარე რემონტის დანახარჯები	36 000	3,6	1,44	4,52	სისტემის ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულების 0,6%
5	ადმინისტრაციულ-სამეურნეო და სხვა დანახარჯები	86 400	8,64	3,46	10,85	30% შტატის შენახვის თანხიდან
	<b>სულ</b>	<b>796 800</b>	<b>79,68</b>	<b>31,88</b>	<b>100,0</b>	



---

## დასკვნა

თვითღირებულების მნიშვნელოვანი ელემენტი წყალსამეურნეო სისტემებისთვის ძირითადი ფონდების ამორტიზაციაა. დანარჩენი დანახარჯები შედგება ხელფასის, მიმდინარე რემონტისა და არხების გაწმენდის, წყლის მექანიკური მოწოდებისათვის საჭირო ენერჯის, ადმინისტრაციული მმართველობისაგან და სხვ.

ამორტიზაციული ფონდის არარსებობა წყალსამეურნეო მეღორაციულ სისტემებს პროგრესული ტექნოლოგიური პოლიტიკის არა მხოლოდ განხორციელების, არამედ აუცილებელი სარემონტო აღდგენითი სამუშაოების ჩატარების საშუალებასაც კი არ აძლევს, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს წყლის რესურსების გამოყენების ეფექტურობასა და წარმოქმნის ეკონომიკური ხასიათის ზარალს.

მეურნეობათაშორის სარწყავ სისტემებზე წლიური დანახარჯების საერთო ჯამი ამორტიზაციული დანარიცხების ჩათვლით, განისაზღვრება 80,0 ლარი/ჰა-ით, ხოლო დასაშრობ სისტემებზე – 25,0 ლარი/ჰა-ით. ამორტიზაციის გარეშე ეს სიდიდეები შეადგენს 55,7 ლარს და 16,0 ლარს.

## ლიტერატურა

1. **Варганов М.В.** – К вопросу платного водопользования //сб. «Экономическая безопасность, устойчивость и надежность водохозяйственных и гидромелиоративных объектов». АН Грузии. Грузгидроэкология, Тбилиси. 2005. стр. 44-46.
2. **Газиев З.Г.** – Плата за оросительную воду во Франции, А/О «Водстрой, М., 1992 стр. 39.
3. **Johansson R. C. Tsur J.** – Pricing irrigation Water: a review of theory and practice II Water Policy, 14, 2002, p. 173-193.
4. **Brill E.** – Allocation and Pricing at the Water District Level II. American Journal of Agricultural Economics. 179 (3). 1997, p. 952-962

**მთის წყალსადინარის ბასწვრივ ბმული ღვარცოფის  
პირითაღი პარამეტრების შეფასება**

**ვახტანგ თევზაძე, ზემფირა ჭარბაძე, ნინო ნიბლაძე**  
E-mail: vitev@rambler.ru

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

**შეჯავალი**

ძლიერი დამანგრეველი ძალის ე.წ. ბმული მაღალკონცენტრირებული ღვარცოფები უპირატესად ფორმირდება მაღალმთიანი რეგიონების ეროზიულ კერებში, ან დიდი დაფერდების მქონე შიშველ ზედაპირებზე მთის მდინარეების სათავეებთან თავსხმა წვიმების შემდგომ, რასაც წინ უსწრებს ხანგრძლივი გვალვების პერიოდი. ასეთ შემთხვევაში ეროზიული კერის თითქმის მთელი ზედაპირი იფარება მტვრის სქელი ფენით და ვინაიდან იგი წყალგაუმტარი ხდება, თავსხმა წვიმების დროს ჩამოედინება ქვა-ტალახოვანი მასის სახით (წარიტაცებს რა დიდი ზომის ქვებს) [1].

ამგვარი ქვა-ტალახოვანი ნაკადი შედგება კლდოვანი ნამტვრევების, ღორღის, მცენარეული ნარჩენებისა და ტალახოვანი შემადგენელისაგან, რომელიც ფარავს ნარევის ქვიანი კომპონენტის ზედაპირს. მისი შემადგენლობაა 80-90% (წონით) მყარი მასალა და 10-20% წყალი (ბმულ მდგომარეობაში), სიმკვრივე 1.8-2.3 ტ/მ<sup>3</sup>-ია; მამოძრავებელი გარემოა მყარი ტანის მსგავსი პლასტიკური ქვა-ტალახოვანი კონგლომერატი. იგი წარმოადგენს რეოლოგიური ხასიათის სხეულს. რომლის დინამიკური მოდელი ძირითადად ეყრდნობა აკადემიკოს ო. ნათიშვილის მიერ ადრე შემოთავაზებულ დებულებებს ღვარცოფული მოვლენებისა და კერძოდ ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოფების საანგარიშო დამოკიდებულებების სახით [1, 2].

**პირითაღი ნაწილი**

**1. ღვარცოფების ბუნების შესახებ**

ბმული ღვარცოფის ბუნება შეიძლება აღწერილ იქნეს შვედოვ-ბინგამის ცნობილი მოდელით [2, 3]:

$$\tau = \tau_0 \pm \mu \frac{du}{dy} \quad (1.1)$$

სადაც:  $\tau$  მხები ძაბვის სიდიდეა ნაკადის სიღრმეზე;  $\tau_0$  – ნაკადის საწყისი წინაღობა ძვრაზე;  $\mu$  – სხეულის სიბლანტის დინამიკური კოეფიციენტი;  $u$  – ნაკადის სიჩქარე  $y$  სიღრმეზე.

(1.1) დამოკიდებულებიდან გამომდინარეობს, რომ ამ ტიპის სხეული მოძრაობას იწყებს შემდეგი პირობის შემთხვევაში:

$$2 > 3 \frac{\tau_0}{\rho g H_i} \quad (1.2)$$

სადაც  $\rho$  – ნაკადის სიმკვრივეა;  $g$  – სიმძიმის ძალის აჩქარება;  $H$  – ნაკადის სრული სიღრმე;  $i$  – კალაპოტის ქანობი.

ანუ როცა

$$\tau_0 < \frac{2}{3} \tau_{\text{გს}}, \quad (1.3)$$

ვინაიდან  $\tau_0 = \gamma h i$  ნაკადის ე. წ.  $h$  სიღრმის გულის არსებობის შემთხვევაში, სხეული პრაქტიკულად იწყებს მოძრაობას, ე.ი.

$$h < \frac{2}{3} H. \quad (1.4)$$

სადაც  $H$  – ნაკადის სრული სიღრმეა.

განვიხილავთ რა აღნიშნულ მოდელს, მიზანშეწონილია ინტეგრირება განვახორციელოთ საგრადიენტო შრის სივრცეში და არა ნაკადის მთელ სიღრმეზე, ვინაიდან სიჩქარე ნაკადის გულის საზღვრებში მუდმივია. მაშინ ხარჯის საანგარიშოდ გვექნება:

$$Q = \frac{BH^2}{\tau_{\text{გს.}} \tau_{\text{გს.}}} \int_{\tau_{\text{გს.}}}^{\tau_0} \frac{\tau(\tau_0 - \tau)}{\mu} d\tau,$$

ანუ  $\tau_{\text{გს.}} = \gamma H i$  და  $\tau_0 = \gamma h i$  დამოკიდებულებების მხედველობაში მიღებით ინტეგრირების შემდეგ გვექნება:

$$Q = \frac{BgiH^3}{\nu} f(\beta), \quad (1.5)$$

სადაც

$$f(\beta) = \frac{\beta}{2}(\beta^2 - 1) + \frac{1}{3}(1 - \beta^3) \quad (1.6)$$

$$\beta = \frac{h}{H} \text{ – ფარდობითი სიღრმე.}$$

მიღებული დამოკიდებულებებიდან გამომდინარეობს, რომ ბმული (სტრუქტურული) ნაკადის ეროზიული კერიდან მოძრაობა დაიწყება შემდეგი პირობით:

$$\frac{H}{3} \left( 1 - \frac{h^3}{H^3} \right) > \frac{h}{2} \left( 1 - \frac{h^2}{H^2} \right), \quad (1.7)$$

ანუ

$$h < 0,9H. \quad (1.8)$$

თუ ნიუტონური და არანიუტონური სითხეების ხარჯებს შესაბამისად აღვნიშნავთ  $Q_{\text{ნ.}}$  და  $Q_{\text{ან.}}$  სიმბოლოებით, მაშინ (1.2) და (1.5) დამოკიდებულებების შედარების შედეგად მივიღებთ:

$$Q_{\text{ან.}} = 3Q_{\text{ნ.}} f(\beta) \quad (1.9)$$

(1.9)-დან გამომდინარეობს, რომ არანიუტონური სითხის ხარჯი ( $Q_{\text{ან.}}$ ) შეიძლება გამოისახოს ნიუტონური სითხის ხარჯით. ასეთ შემთხვევაში პროპორციულობის კოეფიციენტი  $K_3 = 3f(\beta)$ , ანუ

$$Q_{\text{ან.}} = K_3 Q_{\text{ნ.}} \quad (1.10)$$

ფუნქციის  $f(\beta)$  კონკრეტული მნიშვნელობები შესაძლებელია აღებულ იქნეს ქვემოთ

მოყვანილი ცხრილიდან 1.

ცხრილი 1

$\beta = h/H$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$f(\beta)$	0.333	0.283	0.234	0.187	0.14	0.1	0.069	0.04	0.018	0.0

## 2. გზული ღვარცოფის ფორმირება ეროზიულ კერაში

ღვარცოფწარმოქმნელი კერები ჩვეულებრივად განთავსებულია ღვარცოფული ხასიათის წყალსადინრების სათავეებში. ქარის ფაქტორის ზემოქმედებით და წყლის ნაკადის გამრეცხუნარიანობის გამო (ძლიერი წვიმა, თოვლის ინტენსიური დნობა და ა.შ.) დიდი ქანობის მქონე ფერდობებზე ხორციელდება მთის ქანების პერმანენტული ნგრევა. ამგვარი წარმოშობის ღვარცოფული მასები გროვდება წყალსადინართა სათავეებში ეროზიული კერების ჩაღრმავებულ ადგილებში.

განვიხილოთ მიკროღვარცოფის მოძრაობა ერთ-ერთ რეპრეზენტალური ღვარცოფული კერიდან. მივიღოთ კერიდან „ჩამოდინებული“ ღვარცოფის „პორციის“ ხახუნის კოეფიციენტი მუდმივ სიდიდედ და მისი სიღრმე კი „ $h_{\text{გვ}}$ “-ის ტოლად, მაშინ მოცემული კონკრეტული ტალღისათვის უწყვეტობის ცნობილ განტოლებას (ცვლადი მასით მოძრაობის მიმართულებით) ექნება შემდეგი სახე:

$$q'_n = \frac{dh_{\text{გვ}}}{dt} \quad (2.1)$$

სადაც  $q'_n$  – სიგრძის და სივანის ერთეულზე ხარჯის ცვლილების ინტენსივობაა;  $h_{\text{გვ}}$  – ნაკადის სიმაღლე;  $t$  – დრო.

დავუშვათ, რომ  $q'_n = \text{const}$ . მაშინ (2.1)-ის ინტეგრირება იძლევა:

$$h_{\text{გვ}} - h_o = q'_n(t - t_0) \quad (2.2)$$

ინდექსი „0“ შეესაბამება ამოცანის საწყის პირობებს.

ცნობილია, რომ ტალღის სიჩქარე  $V_{\text{ტალ.}} = 3V$ , სადაც  $V$  ღვარცოფის „პორციის“ საშუალო სიჩქარეა თანაბარი მოძრაობის დროს, მაშინ იმის გათვალისწინებით რომ  $V = Q/w$  გვექნება:

$$V_{\text{ტალ.}} = \frac{3gih_{\text{გვ}}^2}{V_{\text{გვ}}} f(\beta) \quad (2.3)$$

$i$  – დიდი ქანობის მქონე კერების გასაშუალებელი ქანობია, სადაც უშუალოდ ფორმირდება ღვარცოფული მასის ელემენტარული „პორციები“ სიჩქარით:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{3gih_{\text{გვ}}^2 f(\beta)}{V_{\text{გვ}}} \quad (2.4)$$

თუ გავაერთიანებთ (2.1) და (2.4)-ს მივიღებთ:

$$\frac{dh_{\text{გვ}}}{dx} = \frac{dh_{\text{გვ}}/dt}{dx/dt} = \frac{q'_n V_{\text{გვ}}}{3gih_{\text{გვ}}^2 f(\beta)}, \quad (2.5)$$

რომლის ინტეგრირების შემდეგ გვექნება:

$$\frac{(h_{\text{ღვ}}^3 - h_0^3) g i f(\beta)}{v_{\text{ღვ}}} = q'_n (x - x_0). \quad (2.6)$$

(2.6) განტოლება ახასიათებს ტალღის ზედაპირის პროფილის ტრაექტორიას  $h_{\text{ღვ}}-x$  სიბრტყეში.

### 3. ბმული ღვარცოვის ღია პრიზმატული ფორმის კალაპოტებში დამყარებული არათანაბარი მოძრაობის დიფერენციალური განტოლების ინტეგრირება

ბმული ღვარცოვის თავისუფალი ზედაპირის მრუდის საანგარიშოდ (ანუ პროგნოზირებისათვის) საჭიროა განხორციელდეს ერთგანზომილებიანი ნაკადის მოძრაობის დიფერენციალური განტოლების ინტეგრირება. განსახილველი შემთხვევისათვის, როდესაც გვაქვს პრიზმატული ფორმის კალაპოტი და ნაკადის მუდმივი ხარჯი მოძრაობის მიმართულებით ამოსავალ განტოლებად მივიღოთ შემდეგი დამოკიდებულება [2]:

$$\frac{dH}{dx} = \frac{i - \frac{Qv}{g\omega H^2 f(\beta)}}{1 - \frac{Q^2 B}{g\omega^3}}. \quad (3.1)$$

თუ ნაკადის არათანაბარი მოძრაობის რეჟიმისას ხარჯის მოდულს აღვნიშნავთ გამოსახულებით:

$$K = \frac{g\omega H^2 f(\beta)}{v}, \quad (3.2)$$

სოლო თანაბარი მოძრაობის რეჟიმის შემთხვევაში

$$K_0 = \frac{g\omega_0 H_0^2 f(\beta)}{v}, \quad (3.3)$$

მაშინ მიღებული აღნიშვნების მხედველობაში მიღებით გვექნება:

$$\frac{dH}{dx} = i \frac{1 - \frac{K}{K_0}}{1 - y \frac{K_0}{K}}, \quad (3.4)$$

სადაც

$$y = \frac{QBiH^2 f(\beta)}{\omega^2 v}, \quad (3.5)$$

„0“ ინდექსით აღნიშნული სიდიდეები განეკუთვნება ღვარცოვის თანაბარი მოძრაობის რეჟიმს. თუ მრიცხველსა და მნიშვნელს გავამრავლებთ  $\frac{K}{K_0}$ -ზე, მაშინ (3.4)-ის ნაცვლად გვექნება:

$$\frac{dH}{dx} = i \frac{\frac{K}{K_0} - 1}{\frac{K}{K_0} - y}. \quad (3.6)$$

შემოვიტანოთ აღნიშვნა:

$$\eta = \frac{K}{K_0} = \frac{\omega H^2}{\omega_0 H_0^2} \quad (3.7)$$

სწორკუთხოვანი განივი კვეთის მქონე კალაპოტისათვის გვექნება:

$$\eta = \frac{H^3}{H_0^3} \quad (3.8)$$

(3.7)-ის გათვალისწინებით გვექნება:

$$\eta_1 = \frac{K_1}{K_0},$$

$$\eta_2 = \frac{K_2}{K_0}. \quad (3.9)$$

აკადემიკოს ნ. პავლოვსკის დაშვების გათვალისწინებით ვღებულობთ

$$\frac{d\eta}{dH} = \frac{\eta_2 - \eta_1}{H_2 - H_1} = a = \text{const}, \quad (3.10)$$

და

$$dH = \frac{d\eta}{a} \quad (3.11)$$

მიღებული აღნიშვნების გათვალისწინებით (3.6) მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$ai dx = d\eta + (1 - y) \frac{d\eta}{\eta - 1} \quad (3.12)$$

(3.12)-ის ინტეგრირებით  $1 \div 1$  კვეთიდან  $2 \div 2$  კვეთამდე და ამ კვეთებს შორის საშუალო სიდიდეების  $\bar{y} = \frac{y_1 - y_2}{2} = \text{const}$  გათვალისწინებით, კვეთებს შორის  $\ell = x_2 - x_1$  მანძილის დასადგენად მიიღება შემდეგი სახის დამოკიდებულება:

$$ai\ell = (\eta_2 - \eta_1) - (1 - \bar{y}) \ln \frac{\eta_2 - 1}{\eta_1 - 1}, \quad (3.13)$$

რომლის გამოყენებაც შესაძლებელია ნებისმიერი სწორი ფორმის პრიზმატული კალაპოტებისათვის ფსკერის დადებითი ( $i > 0$ ) ქანობის პირობებისათვის.

მოყვანილ დამოკიდებულებებში ინდექსი „1“ და „2“ განეკუთვნება შერჩეულ კვეთებს.

სწორკუთხოვანი ფორმის განივი კვეთის კალაპოტისათვის (3.13)-ის ნაცვლად მიიღება:

$$ai\ell = \frac{H_2^3 - H_1^3}{H_0^3} - (1 - \bar{y}) \ln \frac{H_2^3 - H_0^3}{H_1^3 - H_0^3}. \quad (3.14)$$

განსახილველი შემთხვევისათვის გვექნება:

$$\frac{dH}{dx} = - \frac{Qv}{g\omega H^2 f(\beta)} \quad (3.15)$$

$$1 - \frac{Q^2 B}{g\omega^3}$$

აბ

$$\frac{dH}{dx} = -i_{\text{კრ.}} \frac{\frac{k_{\text{კრ.}}}{k}}{1 - y_{\text{კრ.}} \frac{k_{\text{კრ.}}}{k}}. \quad (3.16)$$

მიღებული (3.16) დამოკიდებულების  $\frac{k}{k_{\text{კრ.}}}$  სიდიდეზე გამრავლებით მიიღება:

$$\frac{dH}{dx} = -\frac{i_{\text{კრ.}}}{\frac{k}{k_{\text{კრ.}}} - y_{\text{კრ.}}}.$$

მიღებული დამოკიდებულების ინტეგრირების შემდეგ გვექნება:

$$a_{\text{კრ.}} i_{\text{კრ.}} \ell = y_{\text{კრ.}} [\eta_{\text{კრ.2}} - \eta_{\text{კრ.1}}] - \frac{1}{2} [\eta_{\text{კრ.2}}^2 - \eta_{\text{კრ.1}}^2]. \quad (3.17)$$

სწორკუთხოვანი ფორმის განივი კვეთის კალაპოტისათვის ვღებულობთ:

$$a_{\text{კრ.}} i_{\text{კრ.}} \ell = y_{\text{კრ.}} \left[ \frac{H_2^3 - H_1^3}{H_{\text{კრ.}}^3} \right] - \frac{1}{2} \left[ \frac{H_2^6 - H_1^6}{H_{\text{კრ.}}^6} \right], \quad (3.18)$$

სადაც

$$\eta_{\text{კრ.2}} = \frac{k_2}{k_{\text{კრ.}}}; \quad \eta_{\text{კრ.1}} = \frac{k_1}{k_{\text{კრ.}}}; \quad a_{\text{კრ.}} = \frac{\eta_{\text{კრ.2}} - \eta_{\text{კრ.1}}}{H_2 - H_1};$$

$$y_{\text{კრ.}} = \frac{QB_{\text{კრ.}} i_{\text{კრ.}} H_{\text{კრ.}}^2 f(\beta)}{\omega_{\text{კრ.}}^2}.$$

მიღებულ დამოკიდებულებებში სიდიდეები ინდექსით „კრ.“ განეკუთვნება ნაკადის კრიტიკულ მახასიათებლებს.

ფორმულები (3.13), (3.17) იძლევა შესაძლებლობას ვიმსჯელოთ ბმული ღვარცოვული ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის მრუდის შესახებ მისი პრიზმატული ფორმის კალაპოტში მუდმივი ხარჯითა და სტაციონარული (დამყარებული) რეჟიმით მოძრაობის შემთხვევაში.

#### 4. ბმული ღვარცოვოს არაპრიზმატული ფორმის კალაპოტებში დამყარებული არათანაბარი მოძრაობის დიფერენციალური განტოლებების ინტეგრირება

განვიხილოთ ბმული ღვარცოვული ნაკადის მოძრაობა მუდმივი სიღრმით მისი გადაადგილების მიმართულებით. მაშინ ვღებულობთ, რომ:

$$\frac{d\omega}{dx} = \frac{g\omega^3}{Q^2} \left[ \frac{Q\nu}{g\omega H^2 f(\beta)} - i \right]. \quad (4.1)$$

იმ შემთხვევაში, როდესაც კალაპოტის ქანობი  $i = 0$ , ხოლო მისი განივკვეთი სწორკუთხოვანია, ვღებულობთ

$$\frac{dB}{B^2} = \frac{v}{QHf(\beta)} dx,$$

ვღებულობტ რა მხედველობაში, რომ  $\frac{v}{QHf(\beta)} \approx \text{const}$ , მაშინ ინტეგრირების შემდგომ მიიღება:

$$B = \frac{B_1}{1 - \frac{B_1 v x}{QHf(\beta)}}, \quad (4.2)$$

სადაც:  $B_1$  – კალაპოტის სიგანეა საწყის კვეთში;  $x$  – მანძილი საწყისი კვეთიდან იმ კვეთამდე, სადაც კალაპოტის სიგანე ტოლია „ $B$ “-სი.

(4.2) დამოკიდებულება იძლევა საშუალებას განხორციელდეს კალაპოტის სიგანის რეგულირება (ნაკადის სავარაუდო განფენის საზღვრებში) ისე, რომ კალაპოტის ნულოვანი ქანობის შემთხვევაში შენარჩუნებული იქნეს ნაკადის მოძრაობის მიმართულებით მუდმივი სიღრმე.

როგორც (4.2)-დან გამომდინარეობს, კალაპოტში ნაკადის მუდმივი სიღრმის შესანარჩუნებლად ( $H = \text{const}$ ) ნაკადი მხოლოდ უნდა ფართოვდებოდეს.

## დასკვნა

სხვადასხვა დანიშნულების ღვარცოფსაწინააღმდეგო დამცავი ნაგებობებისა და კომპლექსების უსაფრთხო ფუნქციონირების მიზნით შემოთავაზებული დამოკიდებულებების გამოყენებით შესაძლებელია როგორც ბუნებრივ ისე ხელოვნურ პირობებში განხორციელებული იქნეს ბმული ღვარცოფების ანგარიში მისი სპეციფიკური თვისებების გათვალისწინებით

## ლიტერატურა

1. Гагошидзе М.С. Селевые явления и борьба с ними. Тбилиси. изд. «Сабчота Сакартвело», 1970, 385 с.
2. ნატიშვილი ო.გ., ტევზაძე ვ.ი. Основы динамики селей. Тбилиси, 2007, 213 с.
3. Уилкинсон У.А. Неньютоновскии жидкости. Пер. с англ. М.: изд-во «Мир», 1964, 216 с.



თიხოვანი გრუნტების გაჯირჯვების პარამეტრების რეალური სიდიდის  
ბანსაზღვრის მეთოდობა

თარხან თევზაძე, ინგა ირემაშვილი, შალვა ჭეიშვილი,  
ფერიდე ლორთქიფანიძე  
E-mail: [ingairema@yahoo.com](mailto:ingairema@yahoo.com)

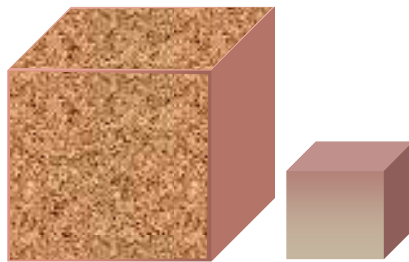
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

შეშავალი

თიხოვანი გრუნტების გაჯირჯვება უაღრესად ნეგატიურად აისახება მათი სიმტკიცის მაჩვენებლებსა (შეჭიდულობა, შინაგანი ხახუნის კუთხე) და დეფორმაციულ (ფარდობითი დეფორმაცია, დეფორმაციის მოდული, კონსოლიდაციის კოეფიციენტი) თვისებებზე. სამოქალაქო და სამრეწველო დანიშნულების საძირკვლებში, სასარგებლო წიაღისეულის დამუშავებისას წარმოქმნილ ფერდობებში, გვირაბებში, საავტომობილო და სარკინიგზო ტრასებზე, მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ანძების საფუძვლებში, ენერგომატარებელი მილსადენებისა და მელიორაციული დანიშნულების წრფივ ნაგებობებზე და სხვა, გაჯირჯვებადი გრუნტები მოითხოვს დამატებითი დამცავი ღონისძიებების განხორციელებას, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის მშენებლობის თვითღირებულებას.

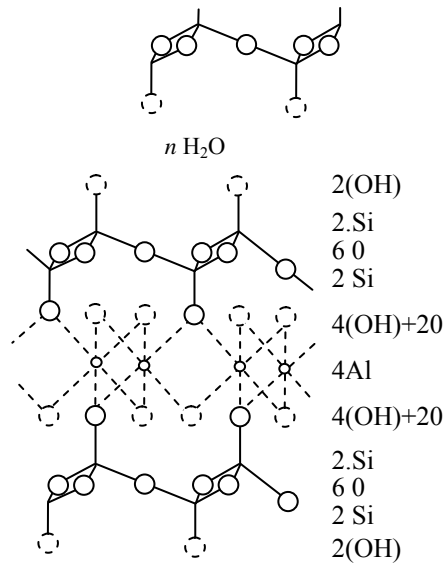
აღნიშნული მოითხოვს გაჯირჯვებადი გრუნტების დეტალურ გეოტექნიკურ გამოკვლევას როგორც ლაბორატორიაში, ასევე სპეციალურ გამოკვლევებს (შტამპური გამოცდები) სავსე პირობებში.

ზოგადად, გაჯირჯვებადი გრუნტები განეკუთვნება ისეთ ბუნებრივ დისპერსიულ თიხოვან წარმონაქმნებს, რომლებიც დასველების დროს მნიშვნელოვნად მატულობენ მოცულობაში (იხ. ნახ.1).



ნახ.1. ბენტონიტი (პატარა კუბი - ბენტონიტი გამომშრალ მდგომარეობაში, დიდი კუბი - გატენიანებული)

გაჯირჯვება ახასიათებთ მინერალურ მონტმორილონიტის შემცველ თიხებს. გაჯირჯვების სიდიდე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული გრუნტების დისპერსიულობის ხარისხზე. მინერალ მონტმორილონიტის შემცველი თიხები კრისტალურ სტრუქტურებში ქმნიან სილიკატების  $SO_4$  ტეტრაედრების უწყვეტ ჯაჭვს. მათთვის დამახასიათებელია ჰიდრარგილიტის შრის განლაგება ორ კაუმუავას ტეტრაედრს შორის (ნახ. 2).



ნახ.2. მონტმორილონიტის კრისტალური სტრუქტურა

ამასთან ტეტრაედრის წვეროში განლაგებული ჟანგბადის ერთი იონი შედის ჰიდრარგილიტის შრის შემადგენლობაში, მეორე კი ჰიდროქსიდის იონებითაა დაკავებული. ამგვარად, თითოეული პაკეტი გამოყოფილია ჰიდროქსიდის (OH) იონებით, რომელთაც გააჩნიათ წყლის მოლეკულების ( $\text{H}_2\text{O}$ ) შეკავების უნარი.

პრაქტიკული თვალსაზრისით მონტმორილონიტის ჯგუფის მინერალებისათვის უაღრესად მნიშვნელოვანია მათი გაწყლოვანების (მოცულობის გაზრდის) უნარი, ხოლო გამოშრობისას აღსორბირებული წყლის დაკარგვა და შესაბამისად მოცულობის შემცირება. ამასთან დაკავშირებით, კრისტალური მესერის სიდიდე იცვლება მნიშვნელოვან ფარგლებში 9.6 Å-დან 28.4 Å-მდე, იმისგან დამოკიდებულებით, თუ წყლის  $\text{H}_2\text{O}$  მოლეკულების რა რაოდენობა მონაწილეობს მინერალის სტრუქტურაში. ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ  $\text{H}_2\text{O}$ -ს მოლეკულები განლაგებულია პაკეტთაშორის სივრცეში ანუ ვრცელდება კრისტალური სტრუქტურის შემომსაზღვრელ ბრტყელ პაკეტებს შორის შედწვევის გზით. თვითოეული პაკეტი ორივე მხრიდან შემოსაზღვრულია ჰიდროქსიდ იონის (OH) შემცველი სიბრტყეებით, რომელთაც ერთნაირი მუხტი გააჩნიათ, რაც გამსოლავი ზემოქმედების შედეგად განაპირობებს მათ შორის წყლის თავისუფალ შედწვევას, ეს კი, თავის მხრივ, მინერალ მონტმორილონიტის შემცველი თიხების გაჯირჯეების უნარიანობის გამოვლინებას [1].

### პირითაღი ნაწილი

გაჯირჯეების გეოტექნიკურ პარამეტრებს შორის გამოიყოფა [2]:

– გაჯირჯეების ტენიანობა  $W_g$  %, რომელიც განისაზღვრება გაჯირჯეების პროცესში გრუნტში მაქსიმალური რაოდენობის შეკავშირებული წყლის რაოდენობის მიხედვით;

– ჩონჩხის სიმკვრივე  $\rho_d^g$  გ/სმ<sup>3</sup>, წარმოადგენს სიმკვრივეს გაჯირჯეების პროცესის დამთავრების შემდეგ;

– თავისუფალი გაჯირჯეების დეფორმაცია  $\delta_0$ , წარმოადგენს სიმკვრივეს გაჯირჯეების პროცესის დამთავრების შემდეგ;

$$\delta_0 = \frac{h_k - h}{h} \cdot 100\% \quad (1)$$

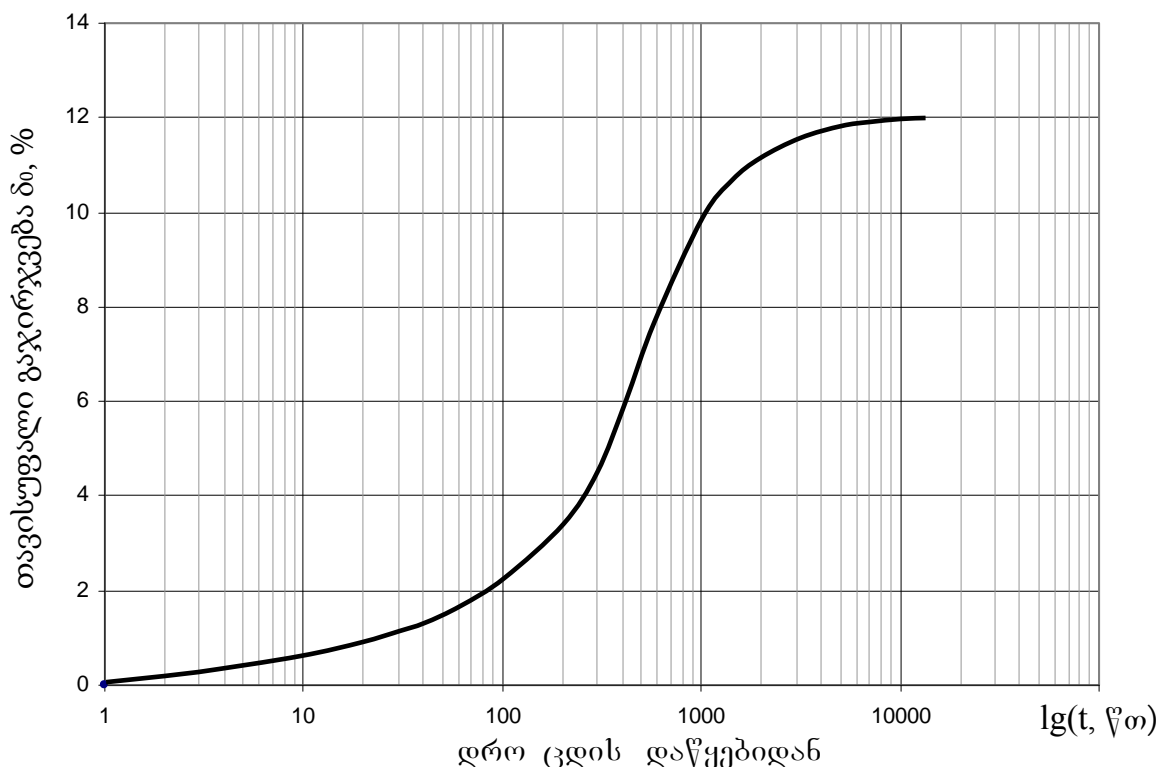
სადაც:  $\delta_0$  – თავისუფალი გაჯირჯვების დეფორმაცია, %;

$h$  – ნიმუშის საწყისი სიმაღლე, სმ;

$h_k$  – ნიმუშის სიმაღლე გაჯირჯვების შემდეგ, სმ;

წარმოადგენს სიმკვრივეს გაჯირჯვების პროცესის დამთავრების შემდეგ;

2.0 სმ, ნიმუშის სიმაღლე 1.0 სმ, დიამეტრი  $d = 5.83$  სმ, მეტალის რგოლის ფართი  $F=26.5$  სმ<sup>2</sup>. ვერტიკალური დაწნევა, რომელსაც ხელსაწყოს შტამპი ახორციელებს  $P=0.006$  კგძ/სმ<sup>2</sup>. ვერტიკალური დაწნევა, რომელსაც ხელსაწყოს შტამპი ახორციელებს.



ნახ. 3. გრუნტის ნიმუშის თავისუფალი გაჯირჯვების გრაფიკი

გაჯირჯვების დაწნევა ხორციელდება  $K_p$ -ს ტიპის ჩვეულებრივ კომპრესიულ ხელსაწყოში, რომელზეც დამონტაჟებულია ორი საათის ტიპის ინდიკატორი დანაყოფის ფასით 0.01 მმ. თითბრის რგოლის ფართია  $F=6.0$  სმ<sup>2</sup>; დიამეტრი  $d=8.76$  სმ, სიმაღლე  $H=2.5$  სმ. საცდელი რგოლის დიამეტრი არანაკლებ 3.5-ჯერ უნდა აღემატებოდეს მის სიმაღლეს, რათა ექსპერიმენტის პროცესში მაქსიმალურად შევამციროთ კედლების გავლენა გრუნტზე.

ხელსაწყოში გრუნტის ნიმუშის წყალგაჯერების დაწნებისთანავე იწყება გაჯირჯვების პროცესი. მისი ჩაქრობა და ინდიკატორის ისრის საწყის ჩვენებამდე დაბრუნება ხორციელდება მცირე საწონების საშუალებით. გაჯირჯვების პროცესი მთავრდება მაშინ, როდესაც ინდიკატორი აღარ აფიქსირებს შემდგომ დეფორმაციას. საბოლოოდ გაჯირჯვების წნევა გაიანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$\sigma = \frac{Q}{F} \text{ კგძ/სმ}^2$$

სადაც: Q – კომპრესიის ბერკეტზე არსებული საწონების საერთო წონაა, კგ;

F – ნიმუშის ფართი, სმ<sup>2</sup>.

თავისუფალი გაჯირჯვების დეფორმაცია და გაჯირჯვების წნევა წარმოადგენენ საკლასიფიკაციო პარამეტრებს. გაჯირჯვებადი გრუნტების კლასიფიკაცია მოყვანილია შესაბამისი პარამეტრების მიხედვით წარმოდგენილი ცხრილში №1 [2, 3, 4].

ცხრილი 1

გრუნტის სახეები	თავისუფალი გაჯირჯვების დეფორმაციის სიდიდე, δ%	გაჯირჯვების წნევის სიდიდე σ კგძ/სმ <sup>2</sup>
არაგაჯირჯვებადი	ნაკლები 4	ნაკლები 0.25
სუსტად გაჯირჯვებადი	4 – 10	0.25 – 1
საშუალოდ გაჯირჯვებადი	10 – 15	1 – 2.5
ძლიერ გაჯირჯვებადი	მეტი 15	მეტი 2.5

გაჯირჯვებადი გრუნტების ფარდობითი დეფორმაციის განსაზღვრის მეთოდიკა, რომელიც ფორმულა (1)-ის საშუალებით ხორციელდება და კლასიფიცირდება ცხრილი 1-ის მიხედვით, შედგენილია სახელმძღვანელოს [2] საფუძველზე, რომელიც თავის მხრივ გულისხმობს ნიმუშის საწყის  $h$  სიმაღლის ზრდას გაჯირჯვების შედეგად  $h_g$  სიმაღლემდე. ნიმუშის  $h$  საწყის სიმაღლეს თავის მხრივ შეესაბამება ნიმუშის საწყისი მოცულობითი წონის (სიმკვრივის,  $\rho$  გ/სმ<sup>3</sup>) მქონე გრუნტი. ეს უკანასკნელი კი წარმოადგენს სამფაზიან სისტემას: მინერალური ნაწილაკები, წყალი და ფორები მასში არსებული აირებით. აქედან, როგორც ზემოთ მოყვანილი მასალებიდან ჩანს, გაჯირჯვების პროცესის მაინციურებელი მინერალი მონტმორილონიტის ჩონჩხია, ანუ ფორმულა (1)-ში  $h_k$  და  $h$ -ის მაგივრად შეტანილი უნდა იქნას შესაბამისად მინერალური ნაწილაკების დაყვანილი სიმაღლე ჩონჩხის გაჯირჯვების შემდეგ  $h_k^b$  და  $h^b$  საწყის პერიოდში. ამგვარი ცვლილებების შემდეგ ფორმულა (1) მიიღებს სახეს (2):

$$\delta_0 = \frac{h_k^b - h^b}{h^b} \cdot 100\% \quad (2)$$

უფრო მოსახერხებელია გაჯირჯვების დეფორმაციის განსაზღვრა ჩონჩხის სიმკვრივების  $\rho_{d0}$  და  $\rho_d^b$  ან ფორიანობის კოეფიციენტების  $e_0$  და  $e^b$  საშუალებით, მაშინ ფორმულა (2) შესაბამისად მიიღებს სახეს:

$$\delta_0 = \frac{\rho_{d0} - \rho_d^b}{\rho_{d0}} \cdot 100\% \quad (3)$$

ან:

$$\delta_0 = \frac{e_0 - e^b}{e^b} \cdot 100\% \quad (4)$$

ჩვენს მიერ წარმოდგენილი მეთოდით თავისუფალი გაჯირჯვების დეფორმაცია უჩვენებს  $\delta_0$ -ის გაცილებით მაღალ სიდიდეებს, ვიდრე ეს №1 ცხრილშია მოცემული.

ჩონჩხის საწყისი სიმკვრივის  $\rho_{d0}$  და გაჯირჯვებული გრუნტის სიმკვრივის  $\rho_d^\beta$  განსაზღვრა

$$\rho_{d0} = \frac{\rho_0}{1 + W_0} \quad (5)$$

$$\rho_d^\beta = \frac{\rho^\beta}{1 + W_\beta} \quad (6)$$

სადაც:  $W_0$  და  $W_\beta$  საწყისი ტენიანობა და გაჯირჯვების ტენიანობაა %-ში;

$\rho_0$  და  $\rho^\beta$  - ტენიანი გრუნტის საწყისი სიმკვრივე და სიმკვრივე გაჯირჯვებულ მდგომარეობაში.

ფორიანობის კოეფიციენტი შესაძლებელია ვიანგარიშით შემდეგი ფორმულების საშუალებით:

$$e_0 = \frac{\rho_s - \rho_{d0}}{\rho_{d0}} \quad (7)$$

$$e^\beta = \frac{\rho_s - \rho_d^\beta}{\rho_d^\beta} \quad (8)$$

სადაც:  $e_0$  და  $e^\beta$  ფორიანობის კოეფიციენტის საწყისი მნიშვნელობა გაჯირჯვებამდე და გაჯირჯვების შემდეგ;

$\rho_s$  - მინერალური ნაწილაკების სიმკვრივე, გ/სმ<sup>3</sup>.

### დასკვნა

წარმოდგენილი მეთოდით თავისუფალი გაჯირჯვების დეფორმაციის სიდიდის განსაზღვრა ასახავს გრუნტის ჩონჩხის გაჯირჯვების რეალურ სურათს.

### ლიტერატურა

1. Бетехтин А.Г. Курс минералогии, Государственный научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, Москва 1956 г. стр. 463.
2. Руководство по лабораторному изучению характеристик набухания и усадки глинистых грунтов. ПНИЦИС Госстроя СССР, Москва 1980 г. стр. 4.
3. ГОСТ 25100-82.
4. ГОСТ 24143-80.

**წყლის ხარისხის დინამიკა აღმოსავლეთ საქართველოს არიდული ზონის ხელოვნურ წყალსაცავებსა და მათ მიმდებარე ბიომეკოლოგიურ ტერიტორიებზე \*)**

**თარხან თევზაძე, ირინა იორდანიშვილი, დავით ფოცხვერია**  
**E-mail: irinaiord48@mail.ru**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

**შეჯამება**

წყალსაცავების შექმნა და ექსპლუატაცია დაკავშირებულია პოტენციური მომხმარებლის პრაქტიკულ ინტერესებთან, როგორცაა სასოფლო-სამეურნეო ურბანული ტერიტორიების სასმელი წყლით უზრუნველყოფა, სამრეწველო, თევზის მეურნეობის განვითარება, სანაპირო ზონის რეკრეაციული მიზნით ათვისება და ა.შ.

გასათვალისწინებელია ის ფაქტი, რომ ნებისმიერი მომხმარებელი უპირველეს ყოვლისა დაინტერესებულია წყალსაცავის წყლის ხარისხით, ვინაიდან მხოლოდ წყლის დასაშვები ხარისხი საშუალებას გვაძლევს, რომ წყალსაცავების სწორად შერჩეული ადგილმდებარეობა და ექსპლუატაციის რეჟიმი არსებით ზეგავლენას ახდენს შიდა წყალსატევურ პროცესებზე და ქმნის მათი აქტიური მართვის შესაძლებლობას [1].

წყლის ხარისხის აქტიური მართვის პროცესი ბუნებრივ წყალსაცავებში შეუძლებელია. წყლის ხარისხი წყალსაცავებში დამოკიდებულია ბუნებრივ და სამეურნეო ჩანადენის ფორმირების პირობებზე, მათ რაოდენობასა და ხარისხზე. მსოფლიოს ყველა ქვეყანაში ის განიხილება და ნორმირდება წყალმომარების კონკრეტული სახეობის მიხედვით. მაგალითად, წყლის სასმელ-სამეურნეო მოხმარებისათვის ნორმატივების მაღალიმტირებელს წარმოადგენს ეპიდემიური უსაფრთხოება, მაღალი ფიზიკური თვისებები (სუნი, გემო, მუავიანობა და ა.შ.), ქიმიური შემადგენლობის უვნებლობა. უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება წყლის შემადგენლობას თევზის მეურნეობის დანიშნულებისათვის განკუთვნილ წყალსაცავებში. სამრეწველო მიზნებისათვის გამოყენებული წყლებისათვის წამყვანი მნიშვნელობა აქვს მინერალიზაციის ხარისხსა და ხასიათს, სიხისტესა და შეტივანარებული მასალის არსებობას. წყლის ხარისხს გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ცელულოზა-ქადალდის წარმოებაში. ნაკლებად ხისტი მოთხოვნილებაა დაწესებული სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულებისათვის განკუთვნილ წყლის ხარისხზე. მიუხედავად ამისა, მინერალიზაციის ფაქტორი აქ მნიშვნელოვან როლს თამაშობს, რაც გადამწყვეტია ნიადაგების ნაყოფიერების შენარჩუნებისათვის.

წყლის ხარისხი წყალსაცავებში უპირველეს ყოვლისა განისაზღვრება მდინარეული ჩამონადენის ჰიდროქიმიური თავისებურებებით.

წყლის შემადგენლობას წყალსაცავში მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს მისი ქვაბულისა და გარემომცველი ტერიტორიის გეოლოგიური აგებულება. წყლის შეტბორვის

\*) ნაშრომი შესრულდა საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით (სამეცნიერო გრანტი №GNSF/STO9.622-7-105).

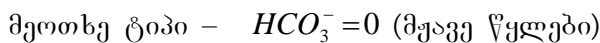
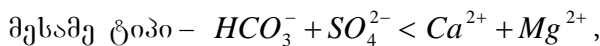
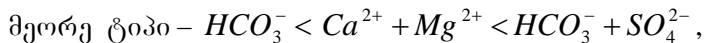
შემდეგ წყალსაცავის გეოგარემოში ვითარდება მთელი რიგი პროცესებისა (დინამიური პროცესები წყალსაცავის ფერდობებზე, ნაპირგადამუშავება, ქვაბულში ჩამდინარე დროებით და მუდმივმოქმედი ნაკადების გააქტიურება, ნიადაგის დამარილიანება სანაპირო ზოლში კაპილარული აწვევის შედეგად და სხვ.), რომლებიც განაპირობებს მინერალიზაციის ზრდას. მაგალითად, მელიორაციული დანიშნულების წყალსაცავებში, ვეგეტაციის პერიოდში, წყლის ინტენსიური მოხმარებისა და მაღალი აერაციის პირობებში, შეტბორვის დონის დაწვევასთან ერთად ადგილი აქვს მინერალიზაციის მნიშვნელოვან ამაღლებას [2].

ამავე დროს უნდა აღინიშნოს წყლის შემადგენლობა წყალსაცავში მნიშვნელოვანწილადაა დამოკიდებული წყალსაცავის თვითგაწმენდის პროცესებზე.

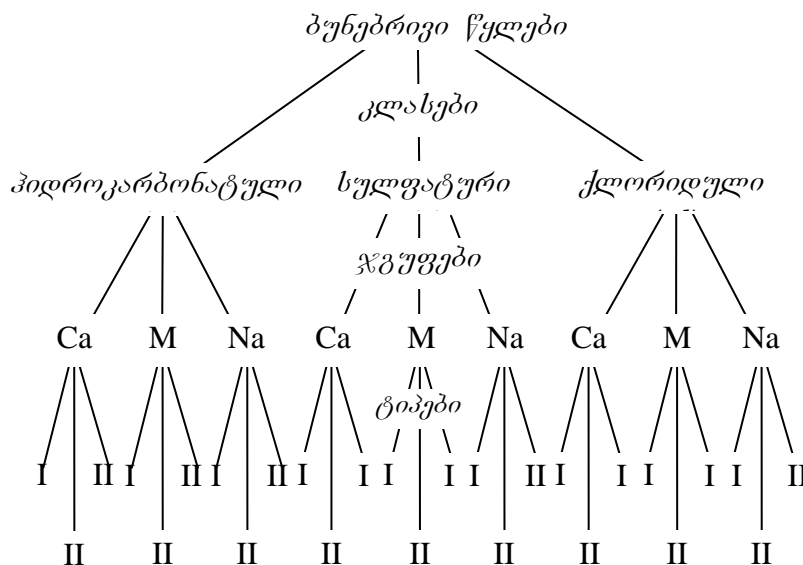
ამგვარად, წყლის ხარისხი წყალსაცავებში მნიშვნელოვანწილად განისაზღვრება ჰიდროქიმიური და ბიოქიმიური თავისებურებებით, რომლებიც თავის მხრივ დამოკიდებულია შიდა და გარე წყალსატევური ფაქტორების ზემოქმედებაზე.

### პირითაღი ნაწილი

ქიმიური შემადგენლობის მიხედვით ბუნებრივი წყლები კლასიფიცირდება 3 კლასის მიხედვით: ჰიდროკარბონატული (კარბონატული), სულფატური და ქლორიდული. თითოეული კლასი თავის მხრივ იყოფა სამ ჯგუფად უპირატესი იონის მიხედვით – კალციუმი, მაგნიუმი, ნატრიუმი (კალიუმი), ხოლო თითოეული ჯგუფი თავის მხრივ იყოფა ტიპებად, რომელიც განისაზღვრება ანიონებისა და კათიონების შემდეგი ფარდობის მიხედვით [3]:



ბუნებრივი წყლების კლასიფიკაცია ო.ა. ალეკინის მიხედვით წარმოდგენილია სქემაზე:



საქართველოში უფრო მეტად გავრცელებულია მთისწინეთისა და მთის წყალსაცავები, რომლებიც არიდულ ზონაში განთავსებულია 500-1500 მ აბსოლუტურ ნიშნულებს შორის.

კვების წყაროს მიხედვით გამოიყოფა: მდინარეული წყალსაცავები, რომლებიც განლაგებულია მუდმივი ჩამონადენის მქონე ბუნებრივ წყალსადინარებზე; ჩასასხმელი წყალსაცავები, რომელთა შევსება ხორციელდება სატუმბო სადგურების საშუალებით დაბალ ჰიდრომეტრულ ნიშნულებზე განლაგებული წყალსაცავებიდან ან მდინარეებიდან და კომბინირებული წყალსაცავები, რომლებიც განთავსებულია მცირე დებიტის მქონე ხეობებში და მათი შევსება ხდება სატუმბო მოწყობილობების გზით.

წყალსაცავებში შეტბორილი წყლის ქიმიურ შემადგენლობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს რამდენიმე ფაქტორი, რომელთაგან აღსანიშნავია:

- მკვებავი წყლის ქიმიური შემადგენლობა, რომელიც თვითონ განიცდის შემადგენლობის ცვლილებას სეზონის მიხედვით. მაგალითად, გაზაფხულისა და შემოდგომის წყალდიდობების სეზონში კალაპოტის გარეცხვის პერიოდში შეტბორილი წყლის მინერალიზაცია მნიშვნელოვნად იცვლება. კიდევ უფრო დიდია წყლის შემადგენლობის ცვლილება, როგორც ჩასასხმელ, ისე კომბინირებული ფუნქციონირების წყალსაცავებში.

- ზაფხულის პერიოდში, ინტენსიური წყალმომარების პერიოდში აღინიშნება წყლის დონის მკვეთრი ცვლილება, ამავე დროს, ჰაერის ტემპერატურის გამო მაღლდება აორთქლება წყალსაცავის ზედაპირიდან, რაც განაპირობებს არა მარტო შეტბორილი წყლის მინერალიზაციის ამაღლებას, არამედ თვით წყლის ტიპის შეცვლას (იხ. ცხრ. 1). ამავე ცხრილში მოყვანილია წყლის მინერალიზაციის ხარისხის ცვლილება თბილისის წყალსაცავის სხვადასხვა უბანზე: მაგალითად ბეტონის კაშხლის უბანზე, იქ, სადაც მკვებავი წყაროა ჟინვალის წყალსაცავი, მკვრივი ნაშთი 0.231%-ს შეადგენს, ხოლო ვარკეთილის უბანზე, მდ. იორიდან შემომდინარე წყლის უპირატესი გავლენის პირობებში - 0.327% (იხ. ცხრ. 1).

შეტბორილი წყლების ქიმიური ანალიზის მიხედვით, განხილული წყალსაცავების მინერალიზაციის მონაცემების საფუძველზე, საქართველოს პირობებში შეიძლება გამოვყოთ მაღალი და დაბალი მინერალიზაციის წყალსაცავები (იხ. ცხრ. 2).

მაღალი მინერალიზაციის წყალსაცავებს შეიძლება მივაკუთვნოთ წყალსაცავები, რომელთა მინერალიზაცია 1%-ს აღემატება. ესენია კომბინირებული და ჩასასხმელი ტიპის მკვებავი წყაროს მქონე წყალსაცავები (არხაშენის, დვეისწყლის, კრანჭის ხევი, კრასნოგორკა).



წყლის ხარისხის დინამიკა აღმოსავლეთ საქართველოს არიდუმი ზონის ხელოვნურ  
წყალსაცავებსა და მათ მიმდებარე ბუნებრივ ტერიტორიებზე

ცხრილი 1

საქართველოს არიდული ზონის ზოგიერთ წყალსაცავში შეტბორილი წყლების, მკვებავი წყაროს და ფილტრატების ქიმიური  
შემადგენლობა და ტიპი კუროლვის ფორმულის მიხედვით

№	სინჯის აღების ადგილი		სინჯის გენტიკური სახეობა	სინჯის აღების ადგილი	გრამიონი მგ/კვებულგეტი							საერთო სიხისტე მგ/ლ	მკვებავი წყაროს ტიპი	pH	წყლის ტიპი კუროლვის ფორმულის მიხედვით
	წყალსაცავის დასახელება	ფილტრატის დასახელება			ანონები	კათიონები			ანონები						
					$HCO_3^-$	$Cl^-$	$SO_4^{2-}$	$Na^+ + K^+$ სხვაობა	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	არხაშენის ხევი	შემომავალი (მკვებავი)	1.524	0.127 2.08	0.035 0.99	0.933 19.43	0.133 5.09	0.2111 10.53	0.074 6.08	17.4	48.7	0.60	7.8	$M_{1.524}$ $Ca^{2+} 48.5 \cdot Mg^{2+} 28.0 \cdot Na^+ 23.4$ სულფატურ-კალციუმთან- მაგნიუმთან-ნატრიუმთან	
		შემომავალი (შეტბორილი)	4.868	0.395 6.470	0.4271 2.04	2.681 35.82	1.037 45.09	0.255 12.72	0.201 16.52	30.8	86.2	0.25	7.8	$M_{4.868}$ $Na^+ 78.6 \cdot Mg^{2+} 22.2 \cdot Ca^{2+} 170$ ნატრიუმთან-სულფატურ-მაგ- ნიუმთან-კალციუმთან-კალცი- უმთან-პიდროკარბონატული	
2	დევის წყალი	შემომავალი (მკვებავი)	2.888	0.122 1.90	0.224 6.32	1.6293 3.92	0.447 19.42	0.246 12.28	0.127 10.44	23.9	65.9	0.2	8.0	$M_{2.888}$ $Na^+ 46 \cdot Ca^{2+} 29.1 \cdot Mg^{2+} 24.7$ სულფატურ-ნატრიუმთან- კალციუმთან-მაგნიუმთან	
		შემომავალი (შეტბორილი)	3.008	0.268 4.39	0.273 7.68	1.690 35.19	0.741 32.20	0.185 9.23	0.070 5.75	16.6	46.4	0.22	7.8	$M_{3.008}$ $Na^+ 74.4 \cdot Ca^{2+} 16.2$ სულფატურ-ნატრიუმთან-კალცი- უმთან-კალციუმთან-მაგნიუმთან	
		ფილტრატი	5.350	0.146 2.39	0.490 13.82	2.814 58.59	1.197 52.06	0.273 13.62	0.111 9.12	23.9	66.9	0.2	8.0	$M_{5.35}$ $Na^+ 69.6 \cdot Ca^{2+} 18.2 \cdot Mg^{2+} 12.1$ სულფატურ-ნატრიუმთან- კალციუმთან-კალციუმთან- მაგნიუმთან	

თარხან თევზაძე, ირინა იორდანიშვილი, ღაბით ფოცხვერია

ცხრილი 1 (გაგრძელება)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3	უდაბნოს	წკაღსაცაგი (შეტბორილი)	0.540	0.122 1.90	0.035 0.990	0.283 5.89	0.040 3.09	0.062 3.95	0.048 1.74	7.4	20.7	0.2	8.0	$M_{0.540} \frac{SO_4^{*67} \cdot HCO_3^{*19.46}}{Ca^{*45.0} \cdot Na^{*34.6} \cdot Mg^{*19.8}}$ სულფატურ-პიდროკარბონატულ-კალციუმთან-ნატრიუმთან
4	თხილანის ხევი	წკაღსაცაგი (შეტბორილი)	0.332	0.210 3.44	0.034 2.37	0.148 0.90	0.014 2.64	0.053 3.48	0.042 0.62	6.4	17.9	0.2	8.0	$M_{0.332} \frac{HCO_3^{*53.9} \cdot Cl^{*36.8}}{Ca^{*54} \cdot Na^{*41}}$ პიდროკარბონატულ-კლორიდულ-კალციუმთან-ნატრიუმთან
5	ლაკე	წკაღსაცაგი (შეტბორილი)	0.508	0.273 4.47	0.126 3.55	0.091 1.89	0.036 1.57	0.088 4.39	0.048 3.95	8.7	24.3	0.2	8.0	$M_{0.503} \frac{HCO_3^{*45.1} \cdot Cl^{*35.8} \cdot SO_4^{*19.0}}{Ca^{*44.2} \cdot Mg^{*39.8} \cdot Na^{*15.8}}$ პიდროკარბონატულ-კლორიდულ-კალციუმთან-ნატრიუმთან
6	თელათ-წყალი	წკაღსაცაგი (შეტბორილი)	0.78	0.138 2.25	0.049 1.38	3.395 8.29	0.06 2.68	0.106 5.29	0.048 3.95	9.7	27.1	0.52	8.0	$M_{0.78} \frac{SO_4^{*69.5} \cdot HCO_3^{*18.8} \cdot Cl^{*11.5}}{Ca^{*44.2} \cdot Mg^{*33.1} \cdot Na^{*22.4}}$ სულფატურ-კალციუმთან-მაგნიუმთან-ნატრიუმთან-პიდროკარბონატულ-კლორიდული
7	კრანჭისხევი	წკაღსაცაგი (შეტბორილი)	1.470	0.117 1.92	0.168 4.74	0.737 15.34	0.294 12.78	0.152 6.59	0.038 2.63	9.7	27.1	0.4	8.0	$M_{1.470} \frac{SO_4^{*69.7} \cdot Cl^{*21.5}}{Na^{*58} \cdot Ca^{*29.9} \cdot Na^{*11.9}}$ სულფატურ-კლორიდულ-ნატრიუმთან-კალციუმთან
8	ღალის მთა	წკაღსაცაგი (შეტბორილი)	1.0	0.142 2.33	0.070 1.97	0.592 13.33	0.161 4.37	0.132 6.59	0.069 5.71	12.9	36.1	0.4	8.0	$M_{1.0} \frac{SO_4^{*75.9} \cdot HCO_3^{*14.0} \cdot Cl^{*11.8}}{Ca^{*39.8} \cdot Mg^{*34.4} \cdot Na^{*26.2}}$ სულფატურ-პიდროკარბონატულ-კალციუმთან-მაგნიუმთან-ნატრიუმთან
9	პაკე	წკაღსაცაგი (შეტბორილი)	0.904	0.137 2.25	0.055 1.58	0.485 10.0	0.065 2.04	0.141 7.04	0.048 3.95	11.5	32.2	0.40	7.6	$M_{0.904} \frac{SO_4^{*72.3} \cdot HCO_3^{*16.2} \cdot Cl^{*11.5}}{Ca^{*54.0} \cdot Mg^{*30.3} \cdot Na^{*15.7}}$ სულფატურ-კალციუმთან-მაგნიუმთან-ნატრიუმთან-პიდროკარბონატულ-კლორიდული

წყლის ხარისხის დინამიკა აღმოსავლეთ საქართველოს არტიფული ზონის ხელოვნურ  
წყალსაცავებსა და მათ მიმდებარე გემეპოლოგიურ ტერიტორიებზე

ცხრილი 1 (გაგრძელება)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		ფილტრატი	1.376	$\frac{0.283}{4.64}$	$\frac{0.077}{2.17}$	$\frac{0.946}{19.60}$	$\frac{0.154}{6.71}$	$\frac{0.273}{13.62}$	$\frac{0.074}{6.08}$	20.7	57.9	0.40	7.8	$\frac{M_{1.376}}{Ca^{vv} 51.6 \cdot Mg^{vv} 25.0 \cdot Na^{v} 25}$ სულფატურ-ჰიდროკარბონატულ-კალციუმის-ნატრიუმის-მაგნიუმის
10	ასურეთის ხევი	წილსაცავი (შებობრილი)	0.548	$\frac{0.190}{3.11}$	$\frac{0.084}{2.37}$	$\frac{0.189}{3.93}$	$\frac{0.055}{2.40}$	$\frac{0.114}{5.69}$	$\frac{0.016}{1.32}$	7.4	20.7	0.36	7.8	$\frac{M_{0.548}}{Ca^{vv} 60.4 \cdot Mg^{vv} 14.0 \cdot Na^{v} 25.6}$ კალციუმის-სულფატურ-ქლორიდულ-ნატრიუმის-მაგნიუმის
11	ალგეთის	წილსაცავი (შებობრილი)	0.496	$\frac{0.151}{2.47}$	$\frac{0.167}{4.74}$	$\frac{0.167}{2.23}$	$\frac{0.065}{2.90}$	$\frac{0.062}{3.09}$	$\frac{0.042}{3.45}$	6.9	19.3	0.34	8.0	$\frac{M_{0.497}}{Ca^{vv} 32.7 \cdot Mg^{vv} 36.5 \cdot Na^{v} 30.7}$ ქლორიდულ-მაგნიუმის-კალციუმის-ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-ნატრიუმის
12	ლიბი	წილსაცავი (შებობრილი)	0.292	$\frac{0.181}{2.97}$	$\frac{0.035}{0.99}$	$\frac{0.086}{1.79}$	$\frac{0.026}{0.89}$	$\frac{0.053}{2.54}$	$\frac{0.027}{2.22}$	5.1	14.2	0.40	7.6	$\frac{M_{0.296}}{Ca^{vv} 44.2 \cdot Mg^{vv} 38.6 \cdot Na^{v} 17.2}$ ჰიდროკარბონატულ-კალციუმის-მაგნიუმის-სულფატურ-ქლორიდულ-ნატრიუმის
13	სიონი	წილსაცავი (შებობრილი)	0.208	$\frac{0.122}{1.90}$	$\frac{0.014}{0.39}$	$\frac{0.069}{1.44}$	$\frac{0.005}{0.23}$	$\frac{0.062}{3.09}$	$\frac{0.005}{0.41}$	3.7	47.6	0.38	7.6	$\frac{M_{0.208}}{Ca^{vv} 82.8 \cdot Mg^{vv} 11.1}$ კალციუმის-ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-მაგნიუმის-ქლორიდული
		ფილტრატი კაბურღილუბიდან	0.296	$\frac{0.151}{2.64}$	$\frac{0.035}{0.99}$	$\frac{0.067}{1.39}$	$\frac{0.026}{1.12}$	$\frac{0.070}{3.49}$	$\frac{0.005}{0.41}$	4.1	11.4	1.80	7.8	$\frac{M_{0.296}}{Ca^{vv} 67.5 \cdot Na^{v} 22.3}$ კალციუმის-ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-ნატრიუმის-ქლორიდული
14	კრახნოვოვკა	წილსაცავი (შებობრილი)	2.644	$\frac{0.244}{3.90}$	$\frac{0.231}{6.51}$	$\frac{1.502}{31.27}$	$\frac{0.587}{25.54}$	$\frac{0.167}{8.33}$	$\frac{0.095}{7.81}$	17.0	10.3	0.75	7.6	$\frac{M_{0.2644}}{Ca^{vv} 20.0 \cdot Na^{v} 51.2 \cdot Mg^{vv} 18.3}$ სულფატურ-ნატრიუმის-კალციუმის-მაგნიუმის-ქლორიდული

ცხრილი 1 (გაგრძელება)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	თბილისის წყალსაცავი (ბექონის კაშხლის უბანი)	წყალსაცავი (შექობრილი)	0.281	3.321	0.081	1.425	1.384	2.420	1.027	-	-	-	-	$M_{0,281} \frac{HCO_3^-}{Ca^{++} 50.1 \cdot Na^+ 28 \cdot Mg^{++} 21.0}$ ჰიდროკარბონატულ-კალციუ- მიან-სულფატურ-ნატრიუმთან- მაგნიუმთან
		ფილტრირებული 24.04.05 ჭაბ. 1÷18	4.847	7.468	1.288	64.725	41.019	7.67	24.792	-	-	-	-	$M_{4,847} \frac{HCO_3^-}{Ca^{++} 10.4 \cdot Na^+ 55.8 \cdot Mg^{++} 33.8}$ სულფატურ-ნატრიუმთან-მაგნიუ- მიან-კალციუმთან-ჰიდროკარბონ. $SO_4^{--} 89.0$
		ფილტრირებული 09.07.05 ჭაბ. 1÷25	3.449	4.374	1.047	43.221	24.954	6.140	23.048	-	-	-	-	$M_{2,499} \frac{Ca^{++} 11.3 \cdot Na^+ 46.1 \cdot Mg^{++} 42.6}$ სულფატურ-ნატრიუმთან- მაგნიუმთან-კალციუმთან
16	თბილისის წყალსაცავი (მიწის კაშხლები - ვარკეთილის უბანი)	წყალსაცავი (შექობრილი)	0.327	3.440	0.030	1.666	1.236	2.11	1.49	-	-	-	-	$M_{0,327} \frac{HCO_3^-}{Ca^{++} 46.9 \cdot Na^+ 24.1 \cdot Mg^{++} 29.0}$ ჰიდროკარბონატულ- კალციუმთან-სულფატურ- მაგნიუმთან-ნატრიუმთან $SO_4^{--} 96.1$
		ფილტრირებული	4.602	1.986	0.801	69.397	40.566	19.804	12.014	-	-	-	-	$M_{4,602} \frac{Ca^{++} 27.3 \cdot Na^+ 56.1 \cdot Mg^{++} 16.6}$ სულფატურ-ნატრიუმთან- კალციუმთან-მაგნიუმთან

აღმოსავლეთ საქართველოს არიდული ზონის წყალსაცავების შეტბორილი,  
მკვებავი და ფილტრაციული წყლების მინერალიზაცია

№№	წყალსაცავის დასახელება	წყალსაცავში შეტბორილი წყლის მინერალიზაცია, %	მკვებავი წყაროს მინერალიზაცია, (შემომავალი), %	ფილტრატების მინერალიზაცია, %	წყალსაცავის ტიპი მკვებავი წყაროს მიხედვით
1	2	3	4	5	6
მაღალი მინერალიზაციის მქონე წყალსაცავები					
1	არხაშენის	4.868	1.524	-	კომბინირებული
2	დევის წყალი	3.008	2.888	5.850	“-”
3	კრანჭის ხევი	1.470	-	-	ჩასასხმელი
4	კრასნოგორკა	2.644	-	-	“-”
	საშუალო	2.9975	2.206	5.850	
5	უდაბნო	0.540	-	-	ჩასასხმელი
6	თხილიანის ხევი	0.332	-	-	“-”
7	ლაგზე (ზღუდარი კაშხალი)	0.508	-	-	კომბინირებული
8	თელათწყალი	0.78	-	-	ჩასასხმელი
9	დალის მთა	1.0	-	-	მდინარეული
10	ვაკე	0.904	-	-	ჩასასხმელი
11	ასურეთის ხევი	0.548	-	-	მდინარეული
12	ალგეთის ხევი	0.496	-	-	მდინარეული
13	ლიპი	0.252	-	-	მდინარეული
14	სიონი	0.208	-	-	მდინარეული
15	თბილისის წყალსაცავი				
	ა. ბეტონის კაშხლების უბანი	0.281	-	4.896	მდინარეული
	ბ. მიწის კაშხლების (ვარკეთილის) უბანი	0.327	-	4.602	მდინარეული
	საშუალო	0.518	-	4.749	

დაბალი მინერალიზაციით ხასიათდება ძირითადად მდინარეული კვების წყაროს მქონე, ცალკეულ შემთხვევაში კი, ჩასასხმელი და კომბინირებული წყალსაცავები (ცხრ. 2), რომელთა მინერალიზაცია 1.0%-ზე ნაკლებია.

წყალსაცავის გეოგარემოში ფილტრირებული წყლების მინერალიზაციაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს სანაპირო ზოლში გავრცელებული გრუნტების სახეობა და შემადგენლობა, რაც კარგად ჩანს ქვემოთ მოყვანილ №3 ცხრილში.

წყალსაცავების გეოგარემოში გავრცელებული გრუნტების გაფლენა ფილტრატების მინერალიზაციაზე

№	ადგილად ხსნადი მარილების შემცველობა	გაზაფხული 24.04.2004			ზაფხული 09.07.2004			შემოდგომა 11.10.2004		
		წყალსაცავი	ფილტრატი	რამდენჯერ გაიზარდა მინერალიზაცია	წყალსაცავი	ფილტრატი	რამდენჯერ გაიზარდა მინერალიზაცია	წყალსაცავი	ფილტრატი	რამდენჯერ გაიზარდა მინერალიზაცია
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
თბილისის წყალსაცავი: თემქის უბანი										
1	მშრალი ნაშთი	0.281	4.842	17.3	0.327	6.89	19.5	0.310	3.499	11.9
თბილისის წყალსაცავი: ვარკეთილის უბანი										
2	მშრალი ნაშთი	-	-	-	0.328	6.997	21.4	0.320	2.114	7.4

მინერალიზაციის ზრდა წყალსაცავის თემქის უბანზე ზაფხულის პერიოდში გამოწვეულია იმ მიზეზით, რომ წყლის დონის ვარდნასთან ერთად გეგმიური წყლის მოხმარების მიზნით (მელიორაცია, სასმელი წყალმომარაგება, ენერგეტიკა) ადგილი აქვს სანაპირო წყალშემცველი ქანებიდან მინერალიზებული წყლების უკან, ისევე წყალსაცავში დაბრუნებას, ხოლო შემოდგომის პერიოდში, განსაკუთრებით მის დასასრულს, როდესაც წყლის დონე მაღლდება, ნაკლებად მინერალიზებული მკვებავი წყაროების საშუალებით (არაგვი, იორი), ადგილი აქვს მათ გაზაფხებას. ანალოგიური მდგომარეობა გვაქვს ფილტრატებში. მაგალითად, თემქის უბანზე სანაპირო ზოლში გაყვანილ სადამკვირვებლო ჭაბურღილებიდან აღებულ ნიმუშებში მშრალი ნაშთი 4.842% წყალსაცავიდან აღებულ წყლის სინჯებთან (0.281%) შედარებით გაზაფხულზე 17.3-ჯერ გაიზარდა, ზაფხულში - 19.5-ჯერ, შემოდგომით კი - 11.9-ჯერ.

თბილისის წყალსაცავის ვარკეთილის უბანზე ჭაბურღილებიდან აღებული წყლის ნიმუშების მინერალიზაცია საშუალოდ 6.948 მგ/ლ შეადგენდა, რაც 21-ჯერ აღემატება ამავე პერიოდის წყალსაცავში შეტბორილი წყლის მინერალიზაციას. შემოდგომის სეზონში განხორციელებულმა ანალიზებმა გვიჩვენა, რომ ფილტრატების მინერალიზაცია 2.114 მგ/ლ-ს (ანუ 2.114%) შეადგენს, რაც ამავე პერიოდის წყალსაცავის წყლის მინერალიზაციას (0.328 მგ/ლ), მხოლოდ 6.6-ჯერ ჭარბობს [4].

**დასკვნა**

წყალსაცავში შეტბორილ, შემდინარე და ფილტრაციული წყლების მინერალიზაციას უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. მაგალითად, თბილისის წყალსაცავიდან ფილტრირებული ნაკადები აწარმოებს სანაპირო ზოლის გრუნტების ინტენსიურ ქიმიურ გამოფიტვას, რაც ამცირებს გეოგარემოს მდგრადობას და მექანიკურ სუფოზიასთან ერთად ქმნის ნეგატიურ საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესების ჩასახვისა და განვითარების წინაპირობას.

წყალსაცავებში წყლის მინერალიზაციის და მის დინამიკის შესწავლას, აგრეთვე სანაპიროს მიმდებარე ზოლში ფილტრატების ქიმიური შემოქმედების ხარისხის დადგენას გადამწყვეტი როლი ეკისრება სენსიტიური გეოგარემოს მდგრადობის დადგენაში, ხოლო მკვებავი და შეტბორილი წყლის ხარისხი განსაზღვრავს მისი მოხმარების სფეროს.

ამიტომ წყალშეტბორილი კაშხლისა და თვით წყალსაცავის პასპორტის შედგენისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს წყლის მინერალიზაციის, მისი დინამიკისა და გეოგარემოზე მოსალოდნელი შემოქმედების შედეგები.

ნაშრომი შესრულდა საქართველოს განათლების და მეცნიერების სამინისტროს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით (სამეცნიერო გრანტი GNSF/ST09.622-7-105).

### ლიტერატურა

1. Мусатов А.П., Эипор Л.О., Элкпiner Л.И. – Водохранилища мира. глава VI, АН СССР, Изд., Наука, Москва, 1979, стр. 181-196.
2. თევზაძე თ.ვ. და ავტორთა ჯგუფი – საქართველოს სეისმურად აქტიური რეგიონების პირობებში ირიგაციული ჰიდროტექნიკური ნაგებობების საინჟინრო-ეკოლოგიური საიმედოობის კომპლექსური გამოკვლევა. //საქართველოს წყალთა მეურნეობისა და საინჟინრო ეკოლოგიის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი. წიგნი I და II. 1992-1993 წლიური ანგარიშები.
3. Справочник гидрогеолога, М, 1962, стр. 89.
4. თევზაძე თ.ვ. და ავტორთა ჯგუფი – საქართველოს სეისმურად აქტიური რეგიონების პირობებში ირიგაციული ჰიდროტექნიკური ნაგებობების საინჟინრო-ეკოლოგიური საიმედოობის კომპლექსური გამოკვლევა. საქართველოს წყალთა მეურნეობისა და საინჟინრო ეკოლოგიის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი. წიგნი I და II. 1992-1993 წლიური ანგარიშები.

## АНАЛИЗ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ДОЛИНАХ РЕК ШИРВАНА

**Иманов Ф. А., Нурийев А.А.**

*E-mail: farda\_imanov@mail.ru  
anar\_nuri@yahoo.com*

Бакинский Государственный Университет  
ул. Халилова, 23, Аз1148, Баку, Азербайджан

### ВВЕДЕНИЕ

Русловые процессы, представляющие собой совокупность явлений и процессов, происходящих под воздействием комплекса различных природных и антропогенных факторов, и выражающихся в морфологических изменениях речных русел. Русловой процесс тесно связан с физико-географическими и геолого-морфологическими условиями на водосборах и особенностями гидрологического режима. Изучение русловых процессов имеет большое значение при проектировании и эксплуатации речных гидротехнических сооружений и мостов [1].

Объектами исследования являются Ширванские реки - левобережные притоки реки Куры.

Ниже приводится описание речных долин основных изучаемых рек и результаты полевых исследований, проведенных в летний меженный период 2012 года.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

*Алиджанчай.* Долина на первых 3 км от истока представляет недоступные ущелья и каньоны. Склоны ее высотой 200-300м, почти отвесные, обнаженные; через 100-200м они рассечены оврагами глубиной 80-150м. Склоны подвержены активному разрушению; часто происходят обвалы и образование осыпей.

В районе верхней границы леса долина реки, постепенно расширяясь, принимает V-образную форму. Ниже впадения р. Куручай она образует чашеобразное расширение с наибольшей шириной до 1,5 км. В этом расширении долины прослеживается широкая терраса. Эта терраса образована селевыми выносами р. Куручай и Агызлар и имеет высоту 4-5 м. Уступы ее отвесные и разрушающиеся.

Чашеобразное расширение долины заканчивается на 1,5 км ниже впадения р. Агызлар, после чего вниз по течению, до с. Баш-Халхал, происходит чередование сужений и незначительных расширений долины. Ширина долины по дну в сужениях составляет 30-40 м, а в расширениях – 60-100м. На описываемом участке склоны долины высотой 300-500м и крутизной 20-30°, через 0,5-1,5 км рассечены оврагами глубиной 5-25 м. В нижней части, до высоты 10-20 м, склоны почти отвесные, обнаженные и легко разрушающиеся, а выше они сплошь покрыты лесом.

По обоим склонам прерывисто прослеживаются террасы, с уклоном (3-5°) к реке.

Начиная от верхнего окончания с. Баш-Халхал долина реки резко расширяется. Ширина ее по дну в районе селения составляет 500-600м. Здесь на правом берегу появляется обширная терраса высотой 4-6м, шириной до 1,0 км, на которой расположено с. Баш-Халхал.

Долина реки вниз по течению все более расширяется, река разветвляется на самостоятельные рукава. Ширина долины по дну в районе с. Кишлак Халхалский достигает 1-2 км.

Склоны на этом участке постепенно сглаживаются и понижаются до 15-20м. Крутизна их уменьшается до 2-5°.



На 2 км выше с. Кишлак Халхалский отдельные рукава реки соединяются в один поток и в районе с. Кумлах река выходит в пределы Автаранской долины. Здесь долина реки не выражена. Река, врезаясь в рыхлые отложения конуса выноса, выработала овраг глубиной 5-7м, шириной 40-60 м.

На этом участке ширина долины по дну 80-150м, высота склонов 100-200м. В примыкающей к реке части они обрывистые, высота 5-10м; выше крутизна склонов не превышает 40-50°. Оба склона суглинистые, покрыты скудной травяной растительностью и террасированы. На всем протяжении участка через 100-200м они сильно изрезаны оврагами глубина, которых зачастую превышает 70-100 м.

От верхнего окончания с. Ханабад река, огибая с востока Боздагский хребет, вступает в пределы Прикуринской низменности (Ширванская степь).

На участке от с. Ханабад до с. Ашага-Буджаг ящикообразная долина расширяется, склоны ее понижаются, и она постепенно теряет ясно выраженную форму. Река на этом участке протекает в овраге, ширина которого по дну достигает 150-200 м, берега его высотой 2-5 м, обрывистые, суглинистые и свободные от растительности.

Вниз по течению от с. Ашага-Буджаг овраг р. Алиджанчай сужается; ширина его по дну не превышает 20-50м. Высота берегов местами увеличивается до 5-7м. Такой характер оврага сохраняется до Прикуринских тугайных лесов, где берега его понижаются и сливаются с прилегающей низменной местностью.

До устья р. Куручай поймы нет. Ниже она появляется в виде каменистых приплесков, занимая свободную от русла часть дна долины. Ширина поймы колеблется в пределах от 20-40 м в сужениях до нескольких сот метров в расширениях долины. Поверхность ее, как правило, неровная и загромождена речными выносами. Преобладающий диаметр отложившихся на пойме каменистых наносов составляет 15-25 см, наибольший диаметр-до 1 м.

При впадении притоков образованы конусы выносов, занимающие большие пространства на дне долины. Наиболее мощный конус образован рр. Куручай и Агызлар у Аглыхского расширения долины. Площадь его составляет около 1,5 км<sup>2</sup>, а мощность отложений-5-7м.

При выходе в Автаранскую долину конусы выноса р. Халхалчай и Огузчай сливаются и образуют широкое поле каменистых отложений, по которому блуждают рукава р. Халхалчай и соседних р. Дашагылчай и Калачай.

В овражистой долине Автаранского участка реки ширина поймы колеблется от 3-5 м в сужениях до 30-40м в расширениях. Пойма преимущественно двухсторонняя, покрыта песчано-каменистыми отложениями и лишена растительности.

В пределах Дашюзского и Ахар-Бахарского хребтов ширина поймы изменяется от 15-25 до 80-100 м, причем наиболее широкую пойму река имеет при пересечении второго хребта.

Высота поймы на всем протяжении реки изменяется в пределах 0,4-0,8 м. При прохождении высоких вод пойма заливается на глубину 0,20-0,60 м.

Аналогично другим рекам, на р. Алиджанчай наблюдается прохождение 10-15 паводков в году, из них весной проходит 3-8, летом-4-5, а осенью-2-3 паводка. Продолжительность каждого паводка составляет от 2 до 10 дней.

Огромное количество продуктов разрушения, принесенных с верховьев реки, отлагается при выходе на Автаранскую долину, образуя мощный конус выноса [2].

**Турианчай.** По характеру рельефа в бассейне р. Турианчай можно выделить четыре участка.

Участок южных склонов Большого Кавказа, охватывающий часть бассейна от Главного Кавказского хребта до северной границы Автаранской долины. Этот участок является основной областью формирования поверхностного стока. В ней расположены очаги питания селевых потоков,

наблюдающихся периодически почти на всех притоках рек. Наиболее селеносными их них являются р. Карачай (Тиканлычай), Бумчай и Дамирапаранчай.

Сообразно рельефу местности меняется и продольный уклон реки. Наибольшим уклоном отличается участок до впадения первого правобережного притока без названия, стекающего с г. Несен. Уклон реки здесь составляет 265‰. Наименьший уклон имеет приустьевая часть реки, где он уменьшается до 0,09‰. Средний уклон всей реки составляет 20,5‰.

Речная сеть в горной части бассейна хорошо развита и густота ее составляет 1,10 км/км<sup>2</sup>. Вниз по течению речная сеть редет и густота ее в области, прилегающей с севера к Боздагскому хребту, уменьшается до 0,73 км/км<sup>2</sup>. В Прикуринской низменности река ни одного притока не принимает. Густота речной сети для всего бассейна составляет 0,50 км/км<sup>2</sup>.

Речная система развита правосторонне. Коэффициент равномерности развития речной системы составляет 1,52.

Твердый сток р. Турианчай изменяется в соответствии с ее водностью. Наибольшее количество наносов река проносит в весенне-летние месяцы (до 83%). В отдельные годы, взвешенные наносы, проносимые в период летних паводков, составляют до 60-65% годового объема твердого стока.

**Геокчай.** По характеру рельефа, подобно другим ширванским рекам, в бассейне р. Геокчай можно выделить четыре участка.

Участок южных склонов Большого Кавказа охватывает территорию от Главного Кавказского хребта до Автаранской долины, верхняя граница которой имеет отметку 700-750 м. Южный склон Большого Кавказа, имея высокогорный и среднегорный рельеф, изрезан глубокими долинами рек и оврагами. Главный водораздел здесь, по сравнению с центральной частью Большого Кавказа в пределах Азербайджана, понижается в восточном направлении до 3400м, а высота отдельных его отрогов, по которым проходит водораздел между р. Геокчай и р. Гирдыманчай уменьшается до 2400-2500м.

Уклон реки изменяется в соответствии с характером рельефа местности. Наибольший уклон реки имеет место в верховьях ее до с. Бугур, где он составляет 85,8‰. Наименьшим уклоном (0,5‰) отличается приустьевая часть. Средний уклон всей реки составляет 17,2‰.

На участке южного склона Большого Кавказа речная сеть развита хорошо; густота ее составляет 1,15км/км<sup>2</sup>. Средняя густота речной сети всего бассейна – 0,48 км/км<sup>2</sup>.

Речная система развита правосторонне, коэффициент равномерности развития речной сети составляет 2,44.

**Гирдыманчай.** Бассейн реки имеет неправильную продолговатую форму, сильно сужен в средней части и расширен в верхней и нижней частях. Средняя ширина всего бассейна составляет 8,3 км.

Главная водосборная часть бассейна представляет сильно расчлененное высокогорье и среднегорье, лежащее на высоте от 3632 (г. Бабадаг) до 1200-1600 м (верхняя граница леса). Вся местность левобережья р. Гирдыманчай почти до створа с. Лагич расчленена глубокими долинами. Правобережье менее изрезано.

В среднегорной части (1200-2500 м) местность сложена сенонскими известняками и туронскими вулканогенными породами со встречающимися (в основном в левобережье) неогеновыми и палеогеновыми отложениями.

Наибольшим уклоном отличается верховье реки, где его значение достигает 202‰. Наименьший уклон (2‰) имеет место в приустьевом участке, расположенном в Ширванской степи. Средний уклон реки 32,8 ‰.

**Ахсу.** Бассейн реки имеет неправильную продолговатую форму с сильным сужением в

## АНАЛИЗ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ДОЛИНАХ РЕК ШИРВАНА

средней части и расширением в верхней и нижней частях. Средняя ширина бассейна 6,7 км, в наиболее суженной части 2 км, а до г. Ахсу 9,7 км.

В орографическом отношении бассейн реки разделяется на две части: горную – от истока до выхода реки в Ширванскую степь и равнинно-низменную, занимающую остальную часть бассейна.

Горная часть представляет среднегорье, абсолютные отметки которого достигают 2200 м. Местность сильно расчленена долинами рек и ручьев, крутизна склонов которых не превышает 30-40°. Автаранская долина до бассейна р. Ахсу не доходит и на междуречье Гирдыманчая и Ахсу, постепенно суживаясь, сливается со Степным плато.

Равнинно-низменная часть бассейна занимает 195 км<sup>2</sup> и расположена в Ширванской степи. Она протягивается от подножья Гюрдживанской и Ленгябизской гряд до Карасуинской депрессии. Местность имеет равнинный характер со слабым уклоном к югу. Вся поверхность ее изрезана руслами оросительных каналов и рукавами реки.

Наибольший продольный уклон река имеет на участке от истока до створа с Авахил, где он составляет 140 ‰. Наименьшим уклоном отличается равнинно-низменная часть бассейна, где он уменьшается до 1,7 ‰. Средний уклон всей реки 24,7 ‰.

Речная сеть хорошо развита в горной части бассейна, до выхода реки в Ширванскую степь. Густота речной сети для этого участка составляет 0,55 км/км<sup>2</sup>. В пределах Ширванской степи река никаких притоков не принимает. Средняя густота речной сети для всего бассейна составляет 0,46 км/км<sup>2</sup>.

Долина реки в ее истоковой части до впадения р. Авахилчай имеет V-образную форму шириной по дну 15-30 м. Склоны ее, сложенные глинистыми и суглинистыми грунтами, высотой от 30-40 до 70-120 имеют крутизну не более 20-25° и покрыты скудной травяной растительностью. Значительная часть их обнажена, осыпается и представляет арену активного выветривания. Накопившийся на склонах и на дне долины разрыхленный материал при благоприятных условиях проносится по реке, сильно увеличивая ее мутность. Большая часть этих наносов откладывается в расширении долины при впадении р. Авахилчай, образуя конус выноса шириной 100-150 м и мощностью отложений 3-4 м.

Ниже устья р. Авахилчай долина постепенно расширяется и ширина ее по дну до устья Сулутчай достигает 200-250 м с сужением в отдельных местах до 50-80 м. Высота склонов вниз по течению увеличивается до 200-300 м. Они становятся более крутыми (30-50°) и изрезанными долинами притоков и оврагами глубиной 50-100 м с повторяемостью через 1,5-2,0 км [3].

В таблице 1 приведены морфометрические и стоковые характеристики Ширванских рек.

**Таблица 1**

### Морфометрические и стоковые характеристики Ширванских рек

№	Река - пункт	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Средняя высота водосбора, м	Расход воды, м <sup>3</sup> /с		
					Q <sub>год</sub>	Q <sub>мак</sub>	Q <sub>мин</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Алиджанчай - Халхал	78	66,7	1920	1,43	11,6	0,50
2	Алиджанчай - Гаябашы	48	708	990	4,95	146	0,40
3	Алиджанчай-Ханабад	27	930	740	3,91	62	0,26
4	Алиджанчай-Халтан	11	977	710	2,00	11,2	-
5	Тиканлычай-Тиканлы	154	125	2380	2,82	38,3	(0,54)
6	Бумчай-Бум	15	96	2240	2,24	56,7	0,40

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Дамирапаранчай-Габала	38	135	2430	3,81	91,4	0,36
8	Вандамчай - Вандам	13	69,4	2130	1,98	36,8	0,58
9	Турианчай - Савалан	106	1340	1280	15,8	383	3,94
10	Геокчай-Буйнуз	95	308	1940	8,72	107	2,06
11	Геокчай-Геокчай	51	1480	970	12,8	424	0,63
12	Ахохчай - Ханагя	13	66,4	1660	1,47	164	0,67
13	Гирдыманчай - Бруйдал	14	78,8	2260	1,26	5,17	0,20
14	Гирдыманчай-Гендоб	39	326	1870	2,80	32,6	0,39
15	Гирдыманчай-Гараноур	50	352	1820	6,65	201	1,18
16	Гирдаманчай - Кюкюлю	64	453	1570	2,31	85,2	0,06
17	Ахсу-Ахсу	48	367	1030	1,57	246	0,22
18	Агчай - Филфили	28	99	2320	3,0	59,7	0,28

В августе 2012 года были проведены полевые исследования на семи реках. На каждой реке выбирались характерные участки и створы. В створах проводились морфометрические измерения и описание морфологии речной долины (рис 1 и 2). С помощью дальномера измерялась ширина долины и русла. На берегу рек в рабочем створе выбиралась характерная точка, для которой, используя GPS, определялись географические координаты (табл. 2).

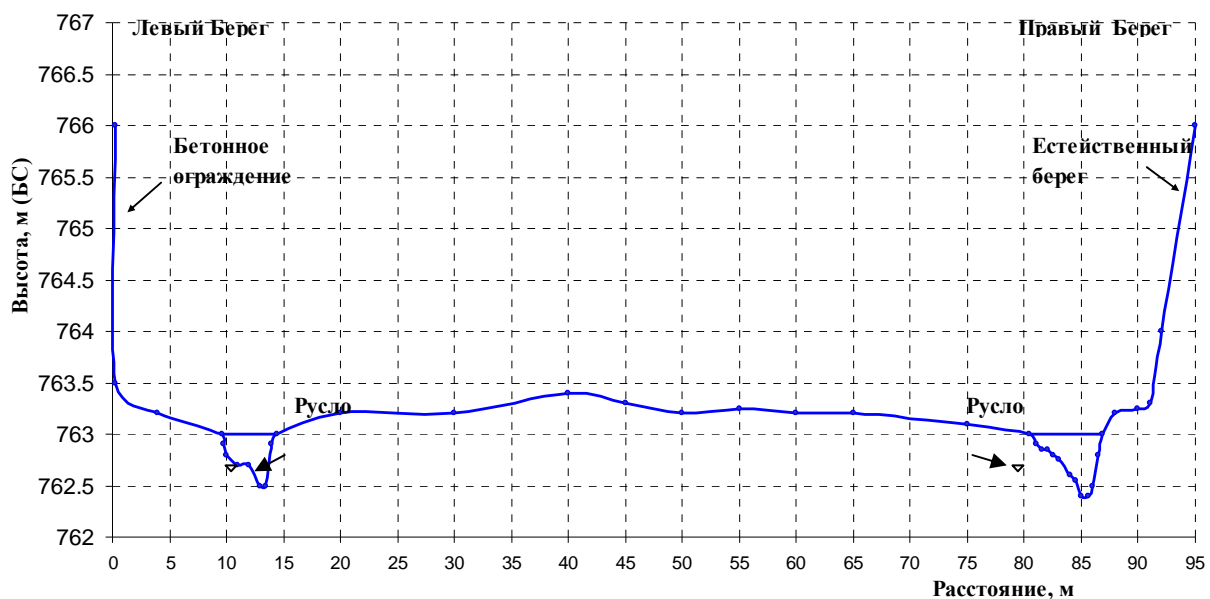


Рис. 1. Поперечный профиль реки Тиканлычай у с. Тиканлы



Рис 2. Вид долины реки Дамирапаранчай у г. Габала

Таблица 2

**Морфометрические данные по створам исследования**

	Река - створ	Координаты		Высота местности (м)	Ширина долины (м)	Ширина русла (м)	Расход воды (м <sup>3</sup> /сек)
		Широта	Долгота				
1	Агсучай – Створ 1	40 <sup>0</sup> 35.061'	48 <sup>0</sup> 23.856'	210	184	6,20	1.27
2	Агсучай – Створ 2	40 <sup>0</sup> 35.709'	48 <sup>0</sup> 24.347'	231	57	5,04	1,52
3	Агсучай – Створ 3	40 <sup>0</sup> 36.124'	48 <sup>0</sup> 24.374'	243	122	3,20	2.71
4	Гирдыманчай-3 км выше моста	40 <sup>0</sup> 38.895'	48 <sup>0</sup> 14.387'	401	128	19.1	2,74
5	Гекчай – с. Буйнуз	40 <sup>0</sup> 55.717'	48 <sup>0</sup> 04.073'	791	132	11,5	8.63
6	Вандамчай – 30 м ниже моста	40 <sup>0</sup> 57.103'	47 <sup>0</sup> 55.932'	777	109	3,16	0.55
7	Дамирапаранчай – г. Габала	40 <sup>0</sup> 58.791'	47 <sup>0</sup> 51.863'	818	154	6,20	7.75
8	Тиканлычай – с. Тиканлы	41 <sup>0</sup> 00.671'	47 <sup>0</sup> 45.221'	763	91	11.21	6,84
9	Бумчай – с. Бум	41 <sup>0</sup> 02.520'	47 <sup>0</sup> 46.981'	976	64	5,2	2.97

**ВЫВОДЫ**

Для изучения горизонтальных и вертикальных деформаций речных русел необходимо исследование формы речных долин и его морфологических элементов. Выполненные работы будут продолжены для различных фаз гидрологического режима рек. Для этого будут также использованы космические снимки.

**Литература**

1. **Маккавеев Н.И., Чалов Р.С.** Русловые процессы. Москва, 1986. 264 с.
2. Материалы по гидрографии СССР. Реки Азербайджанской ССР. Бассейн р. Куры (без Аракса). Баку, 1955. 322 с.
3. **Рустамов С.Г.** Реки Азербайджанской ССР и их гидрологические особенности. Баку 1960. 196 с. (на азерб. языке).

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ОПАСНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОГО МОРЯ

Иорданишвили И.К., Иорданишвили К.Т., Хосрошвили Е.З., Канделаки Н.В.

Email: [irinaiord48@mail.ru](mailto:irinaiord48@mail.ru)

Институт водного хозяйства Грузинского технического университета  
пр. И. Чавчавадзе, 60, г. Тбилиси, Грузия

### ВВЕДЕНИЕ

Проблема – сколько прослужит Черное море – была и остается весьма актуальной. Продолжение безопасной эксплуатации Черного моря на долгие годы основано на прогнозировании его экологического состояния. Авторами данной работы уже проведены исследования по определению срока безотказного функционирования Черного моря на основе оценки объема речных наносов, впадающих по всему периметру Черного моря, [Иорданишвили И.К. и др., 2007, 2008]. Данная работа – продолжение исследований по оценке безотказного функционирования Черного моря с учетом объема основных загрязняющих элементов – фосфатов и нитритов.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

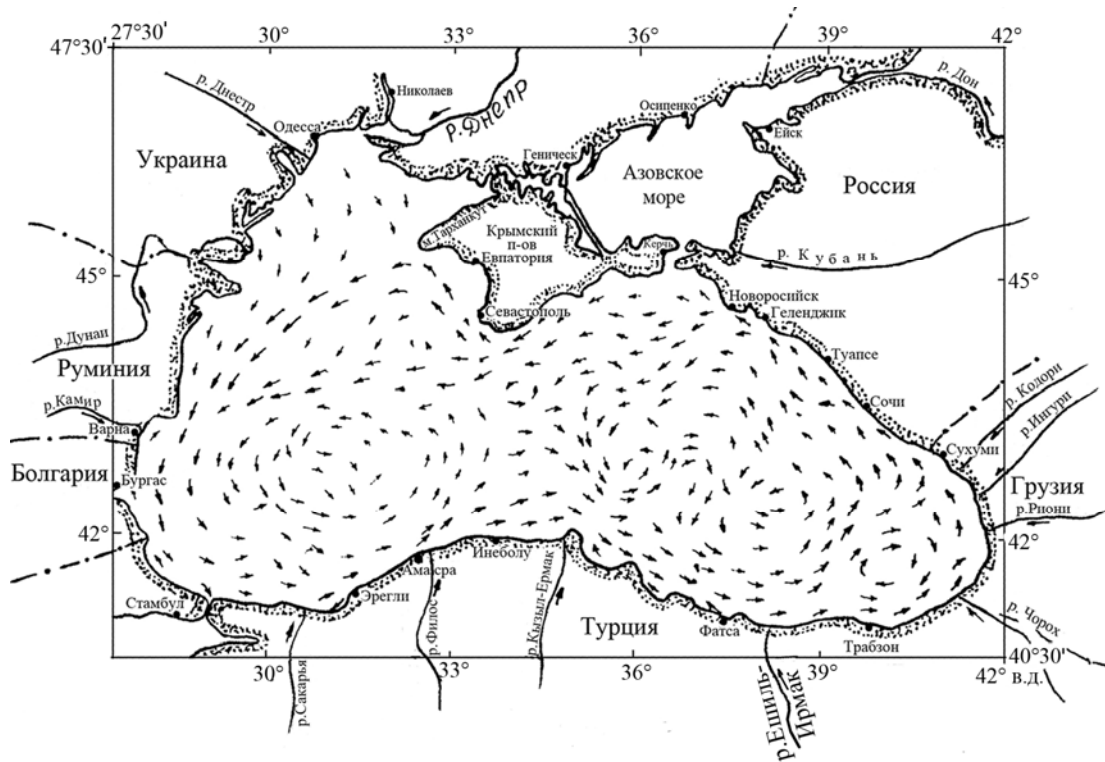
Решение задачи представляется с использованием современных методов системного анализа [Мирцхулава Ц.Е., 2003].

Шельфовая и прибрежная зона Черного моря уже находится в зоне необратимых экологических изменений, что определяет его предкризисное состояние. Поэтому прогноз предельно допустимых нагрузок на рассматриваемую зону может дать возможность назначения защитных и охранных мероприятий, обеспечивающих экологическую сбалансированность использования Черного моря. Загрязнение акватории Черного моря формируется за счет твердых и жидких объемов, сложенных из: мертвого объема – пикноклин; сбросов неочищенных сточных вод с территорий; рекреационного использования побережья; загрязнения от судов, портов и терминалов; очистки подходных каналов и акватории порта; сброса речных стоков; абразии берегов; развития зеленой массы; фосфора; азота и других химических элементов.

- Проведение своевременных эффективных природоохранных мероприятий с помощью современных очистных сооружений обусловит повышение уровня экологической безопасности Черного моря. Для этого необходима объективная количественная оценка риска наступления опасного состояния загрязнения с учетом случайного характера, времени и других показателей, характеризующих функционирование загрязненного Черного моря. При применении приемов теории надежности *под отказом* подразумеваем превышение воздействия достижения уровня восприимчивости. Т.о., *надежность* (безотказность) Черного моря – это его свойство выполнять свои функции при сохранении основных показателей в течении определенного времени. Для этого необходимо определение вероятности отказа объекта (Черное море) в единицу времени при условии безотказного функционирования в течении заданного отрезка времени. Анализ молисмологического уровня загрязнения вод Черного моря произведен на основе материалов, собранных различными экспедициями Украины, Болгарии, Турции, России, Грузии, систематизированных в обзорах, монографиях и специальных библиографических изданиях, в

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ОПАСНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОГО МОРЯ

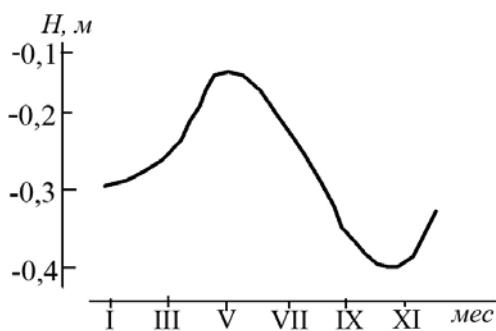
частности [Альтман Э.Н.,..., 1987; Гавардашвили Г.В.,..., 2012; Варазашвили Н.Г., 1999; Иорданишвили И.К.,..., 2007, 2008; "Black Sea Bibliography", 1974-1994], научных исследований региональных институтов и др. Основными факторами, определяющими формирование и изменчивость показателей экологического состояния Черного моря, являются: климат; водный, солевой и тепловой балансы; динамика его вод; наносный режим загрязненных рек (рис. 1).



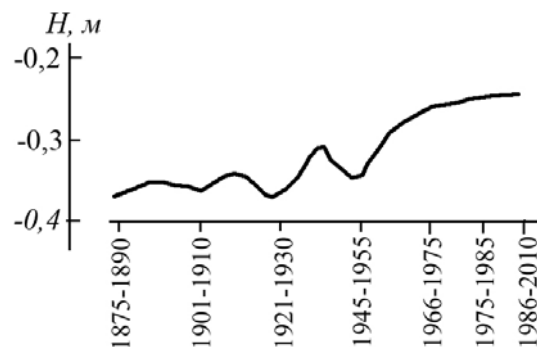
**Рис.1. Основные источники наносов в Черное море**  
( → направление среднегодовых поверхностных течений)

Влияние природных и антропогенных факторов привело в последние десятилетия к последствиям, которые могут быть необратимыми и привести к гибели экосистемы Черного моря.

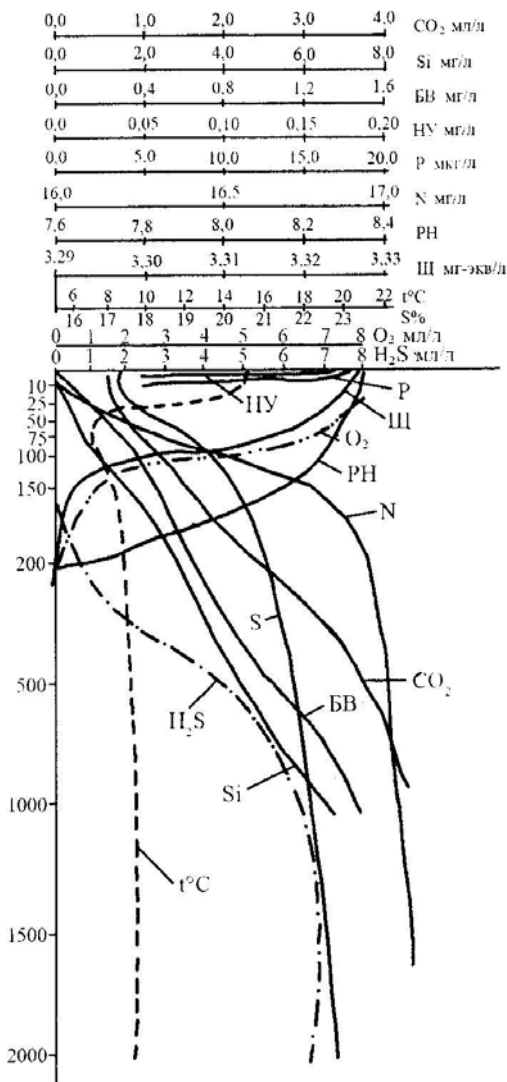
**Режим уровня** Черного моря характеризуется выраженными сезонными изменениями (рис. 2). В многолетнем разрезе прослеживается повышение уровня на 2,0 мм/год, что согласуется с тенденцией повышения уровня мирового океана (рис. 3).



**Рис.2. Среднегодовой ход уровня Черного моря**



**Рис.3. Многолетний ход уровня Черного моря**



Современная структура водных масс Черного моря сформировалась 7000 лет назад. Внешняя граница шельфа располагается на глубинах 90-110 м, вследствие землетрясений отмечены случаи поднятия шельфа до 15 м. Чаша моря пополняется за счет пресного речного стока рек, антропогенной нагрузки и за счет соленых вод. Известны районы шельфовой зоны Черного моря, где необратимые экологические изменения уже произошли, это – северо-западные районы. Перестройка экосистемы Черного моря, массовые заморные явления – результат присутствия в воде токсичных ионов тяжелых металлов; хлорорганических соединений; высокой концентрации на поверхности опасных для здоровья веществ; заиление дна, приводящее к сероводородному отравлению; поступления в море органических отходов; радиоактивных веществ и др. (рис. 4).

Рис. 4. Средние данные вертикального распределения температуры (t°C); солености (S‰); растворенного кислорода (O<sub>2</sub>); сероводорода (H<sub>2</sub>S) в глубоководной части Черного моря; щелочности – бикарбонаты, карбонаты – (Ш, мг-экв/л); водородного показателя (PH); азота (N, мг/л); фосфор-фосфатного (P, мкг/л); нефтяных углеводородов (НУ, мг/л); суммы биогенных веществ (БВ, мг/л); кремния (Si, мг/л); двуокиси углерода (CO<sub>2</sub>, мг/л)

Так, на основе анализа данных экологических исследований антропогенное поступление *фосфатов* с речным стоком в среднем составляет **50 тыс. т/год**, суммарный объем которых за последние 60 лет составляет ~0,003 км<sup>3</sup>(рис. 5, 6).

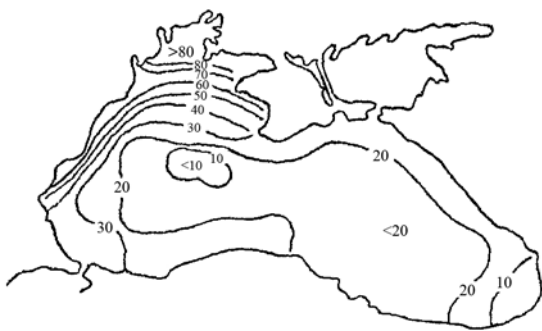


Рис. 5. Распределение фосфор-фосфатного (мкг/л) в поверхностном микрослое (≤ 1,0 мм)

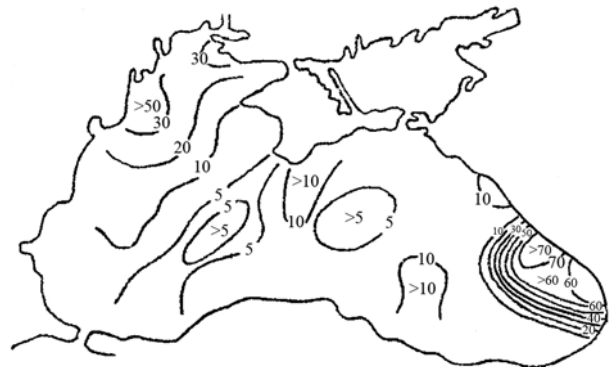


Рис. 6. Распределение фосфора-фосфатного (мкг/л) в поверхностном слое (1,0-500 мм)



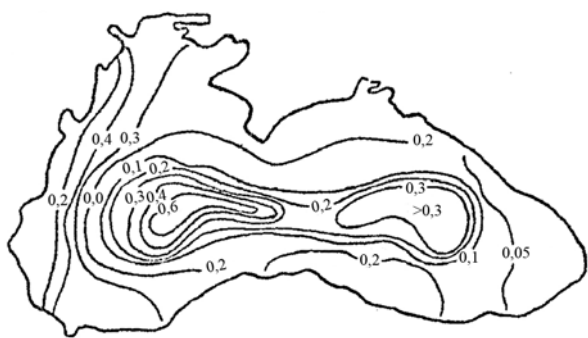


Рис.7. Распределение суммы нефтяных углеводородов (мг/л) в поверхностном микрослое ( $\leq 1,0$ м)

Нефтяные углеводороды (НУ), как правило, накапливаются в верхних слоях (до 1,0м) прибрежных частей моря. За последние 60 лет средняя концентрация (НУ) составляет 3,0 мг/л, суммарный объем которых составляет 0,000004 км<sup>3</sup> (рис. 7, 8).

Среднее значение сероводорода увеличивается с глубиной, составляя 0,4 мл/л – на глубине 150 м; 1,5 мл/л – на глубине 500 м; 8,0 мл/л – на глубине 2000 м (рис. 9).

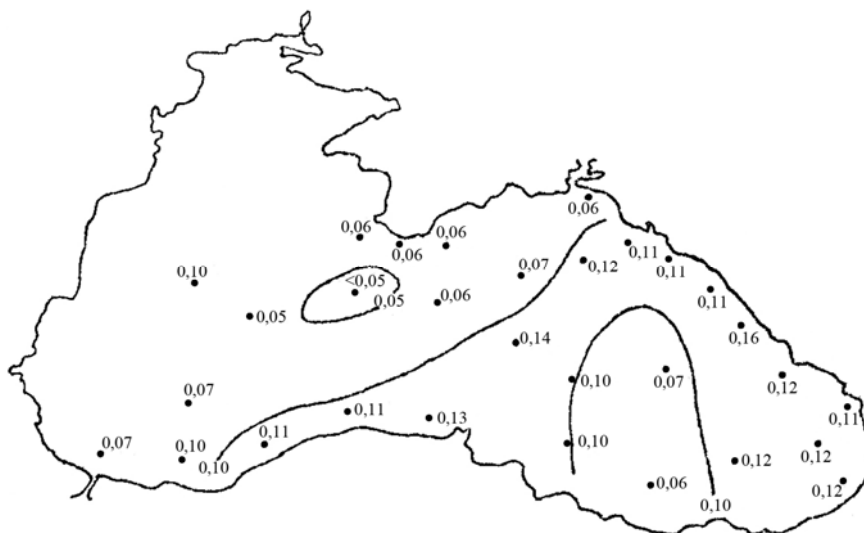


Рис.8. Поля концентрации нефтяных углеводородов (мг/л) в поверхностном слое (1,0-500 мм)



Рис. 9. Поля концентрации сероводорода (мл/л) на горизонте 150 м

Хлорированные углеводороды – гаммагексахлорциклогексан ( $Y_{гхцг}$ ) – накапливаются в верхнем слое воды (глубиной до 10 м), средняя концентрация составляет до 20 мг/л. Дeterгенты (синтетические поверхностно-активные вещества – СПАВ), ароматические углеводороды (АУ), как правило, находятся в более глубоких слоях, концентрация которых составляет до 100 мкг/л. Концентрация ртути достигает более 1 мкг/л. Соленость оценивается солевым составом ( $\geq 18\%$ ), которая возрастает с глубиной (до 22%), [Альтман Э.Н., 1987]. Среднее содержание железа – 0,02 мг/л, цинка – 0,02 мг/л, алюминия – 0,02 мг/л, меди – 0,004 мг/л, серебра – 0,0001 мг/л, золота – 0,000003 мг/л. При этом, в летние месяцы количественное содержание загрязнителей больше, чем в зимние. Среди загрязнителей Черного моря особое разрушительное место занимает радиоактивное загрязнение. Беспрецедентным

– 0,004 мг/л, серебра – 0,0001 мг/л, золота – 0,000003 мг/л. При этом, в летние месяцы количественное содержание загрязнителей больше, чем в зимние. Среди загрязнителей Черного моря особое разрушительное место занимает радиоактивное загрязнение. Беспрецедентным

источником радиоактивных изотопов стала авария в 1986 г. на Чернобыльской АЭС (рис.10), [Цицкишвили М., 2011].

Современные представления о поступлении и накоплении речных наносов в Черное море основаны на небольшом количестве наблюдений. От выявления основных масштабов поступления



Рис. 10. Динамика радионуклидного загрязнения Закавказского региона

наносов проанализированы данные многолетних исследований ученых России, Украины, Турции, Румынии, Болгарии, Грузии, с территории которых впадают в Черное море основные наносонесущие реки, [Варазашвили Н.Г., 1999; Джаошвили Ш.В., 1999; Библиограф. указ. "Black Sea Bibliography", 1974-1994]. На территории понижающихся берегов Колхиды, Добруджи, Одессы абсолютная эвстазия к 2050 г. превзойдет 50 см.

Процесс теплового расширения активного слоя спровоцирован как общим потеплением климата, так и постоянным поступлением наносов. Примерная оценка заносимости Черного моря (объем которого  $V = 555\,000\text{ км}^3$ , площадь зеркала  $422\,000\text{ км}^2$ , средняя глубина 1315 м, максимальная – 2210 м) достигает в

течении одного года около  $0,12\text{ км}^3$ , [Иорданишвили И.К., 2007,2008].

Если считать, что возраст сформулированной водной массы Черного моря 7000 лет, то за этот период в Черное море поступило  $700\text{ км}^3$  наносов. Очевидно, что экологическое состояние Черного моря зависит, в основном, от объема речных наносов, фосфатов, нитритов, нефтепродуктов, радиоактивного загрязнения и др.

Превышение предельно допустимой нормы загрязнения закрытого водоема приводит к необратимым изменениям свойств воды, заполнению наносами водоема и гибели. Оценка процессов самоочищения водоемов на биологическом уровне не позволяет решить задачу по определению критического загрязнения водоемов.

В соответствии с диалектическим законом развития произвольной системы результат развития определяется в зависимости от двух тенденций, из которых одна – тормозит, а другая – способствует процессу развития [Мирицхулава Ц.Е., 1993, 2001, 2003, 2005; Колмогоров А.Н.1938].

При анализе критичности используется один из важных показателей, характеризующий это состояние – *критическая нагрузка*. Критические нагрузки определяются с использованием знаний, основанных на обширных исследованиях критических (предельно допустимых) уровней загрязнения. *Предельно допустимый уровень* – это концентрация веществ не вызывающих нетолерантную деградацию экосистем. *Предельно допустимая концентрация* в воде Черного моря это концентрация загрязнителя в воде, при повышении которой вода становится непригодной для одного или нескольких видов водопользования.

*Под экологически допустимыми нагрузками* подразумевается поступление в среду обитания одного или нескольких загрязняющих веществ, которые не оказывают вредное воздействие. Аналогичное понятие на Западе принято называть *критическими нагрузками*. Методы определения ограничения нагрузок разрабатываются для какого-либо одного фактора, являющимся главным среди основных факторов. Выход из строя (отказ) загрязненной водной среды в момент  $t$  наступит тогда, когда величина, характеризующая загрязнение превзойдет значение критической нагрузки

(экологически допустимое воздействие). В соответствии с определением академика Ц.Е. Мирцхулава [2003] "предельное состояние объекта (Черного моря) наступит, когда максимальное значение загрязняющих факторов будет равно значению параметра, определяющего сопротивляемость к внешним факторам". Тогда, следуя подходам, разработанным академиком Ц.Е. Мирцхулава, для монотонного динамического процесса, зависящего от времени деградирования Черного моря, используем статистическое дифференциальное уравнение Ито [Мирцхулава Ц.Е., 2003]:

$$dy(t) = m_0(t)dt + \sigma(t)dx(t) \quad (1)$$

где  $y(t)$  – определяющий (загрязняющий) параметр;  $m_0(t)$  – средняя скорость изменения загрязняющего параметра;  $\sigma(t)$  – среднее квадратическое отклонение загрязняющего параметра;  $x(t)$  – случайная составляющая Гауссова процесса.

Задача сводится к определению распределения времени до достижения заданной величины индикатора процесса деградации. В случае известной условной плотности перехода Марковского процесса диффузионного типа из одного состояния в другое, задача решается с помощью уравнения Фоккера–Планка–Колмогорова [Колмогоров А.Н., 1938; Свешников Л.Л., 1968]. Главная задача – выявление основной причины изменения деградации – производится при известной скорости ( $m$ ) изменения загрязняющего параметра ( $I$ ) с постоянным среднее квадратическим отклонением ( $\sigma$ ) [Мирцхулава Ц.Е., 2001].

После ряда математических преобразований уравнения (1) с помощью уравнения Фоккера–Планка–Колмогорова получена зависимость для расчета времени наступления уязвимого состояния Черного моря от одного или ряда загрязняющих веществ [Мирцхулава Ц.Е., 2003; Иорданишвили И.К., 2007, 2008]:

$$t = \frac{I_{кр} (2 + Z^2 C_v) \pm \sqrt{(4 + Z^2 C_v^2) Z^2 C_v^2}}{2m}, \quad (2)$$

где  $I_{кр}$  – предельное значение параметра, определяющего деградацию объекта, после достижения которого объект (Черное море) становится уязвимым;  $Z$  – статистический запас сопротивления, который определяет функционирование объекта до достижения его уязвимого состояния  $0,00 \leq Z \leq 4,99$ ;  $m$  – средняя скорость изменения загрязняющего параметра;  $C_v = \frac{\sigma_x}{\bar{x}}$  – коэффициент вариации, значение которого равно отношению среднее квадратического отклонения изменения загрязняющего параметра ( $\sigma_x$ ) к его среднему значению ( $\bar{x}$ ).

Как известно, с увеличением значения среднее квадратических отклонений показателей ( $\sigma$ ) уменьшается количество отказов. Поэтому для особо важных объектов – внедрение системы ( $6 \cdot \sigma$ ) – резко сократит интенсивность опасных ситуации и повысит продолжительность функционирования объекта (Черного моря). Тогда для упрощения расчетов с использованием правила "трех сигм" с помощью поля допусков, принимаемого, как правило, равным 20% от среднего значения параметра ( $m$ ), имеем, [А.Н.Колмогоров, 1938]:

$$\sigma_m = \frac{0,2\bar{m}}{6} = 0,033\bar{m}. \quad (3)$$

Результаты расчетов для нескольких загрязняющих элементов сведены в табл.1.

Таблица 1

Результаты расчетов наступления уязвимости Черного моря от различных определяющих факторов

№	Определяющий фактор Загрязнения	Параметры расчетов	$\sigma = 0,033 \cdot m$	$C_v = \sigma^2 / m$	Показатель надежности Р	Средняя скорость заносимости моря наносами $m$	Статистический запас сопротивления $Z^{***}$	Предельное значение параметра деградации $I_{кр}$	Время функционирования Черного моря $t$ , лет
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Заносимость Черного моря речными наносами	0,00396	0,033	0,95	0,12 *) (км <sup>3</sup> /год)	1,65	300 000 км <sup>3</sup> – предельное значение объема Черного моря за вычетом мертвой зоны – пикноклина	2 641 250 лет	
2	Загрязнение фосфатами	0,000033	0,033	0,95	0,001 **) мг/л/год	1,65	0,2 мг/л – предельное значение фосфора, при котором в воде могут сохраниться живые организмы	210 лет	
3	Загрязнение нитритом азота	0,000001	0,033	0,95	0,00002 ***) мг/л/год	1,65	0,001 мг/л – предельное значение нитрита, при котором в воде могут сохраниться живые организмы	52 года	

\*) – средняя скорость заносимости Черного моря твердыми наносами рассчитана со времени его существования, т.е. 7 000 лет.

\*\*) – средняя скорость заносимости Черного моря фосфатами и нитритами рассчитана со времени интенсивного сбрасывания их в море, т.е. 100 лет.

\*\*\*) Z – статистический запас сопротивления, определяемый по уровню надежности Р = 0,95 [Мирхулава Ц.Е. 2003].

## ВЫВОДЫ

Вероятность наступления опасного состояния – выхода из строя Черного моря только при заносимости речными наносами составит 2 641 250 лет, фосфатами – 210 лет, а нитритами – 52 года!

С помощью теории надежности определено время функционирования Черного моря с заданной надежностью. Всем, кому дорого сохранение экосистемы Черного моря откликнется на необходимость бережного отношения к Черному морю и в выделении средств для выработки природоохранных мероприятий.

## Литература

1. **Альтман Э.Н., Гертман И.Ф., Касич Т.Г.** Многолетняя изменчивость солевого баланса Черного моря. //Тр. Гоин, вып. 180, 1987, с. 33-44.
2. Библиографический указатель литературы по Черному морю (Black Sea Bibliography), 1974- 1994, 364 с.
3. **Гавардашвили Г.В., Чахая Г.Г., Диаконидзе Р.В., Цулукидзе Л.Н., Супаташвили Т.Л.** Исследование прибрежной полосы Черного моря. //2-ая Межд, научно-техническая конф. "Современные проблемы охраны окружающей среды, архитектуры и строительства". Тбилиси, Кобулет, 2012, с. 23-29.
4. **Варазашвили Н.Г.** Формирование и регулирование литодинамической обстановки устьевых участков рек Колхидской низменности. //Тр. V конференции "Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей". РАН, М., 1999г., с 411-414.
5. **Джаошвили Ш.В.** Морфодинамика южных берегов Черного моря. //Тр. V конференции "Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей", РАН, М., 1999, с 270-277.
6. **Иорданишвили И.К., Иорданишвили К.Т., Ахвледиани Т.Э., Хосрошвили Е.З., Кикнадзе Х.Л., Махарадзе Я.В.** Оценка уязвимости и безопасности Черного моря. //Сб.тр. Института водного хозяйства Грузии, № 63, Тбилиси, 2007, с. 102-109.
7. **Иорданишвили И.К., Иорданишвили К.Т., Ахвледиани Т.Э., Хосрошвили Е.З., Кикнадзе Х.Л., Махарадзе Я.В.** Оценка критического загрязнения Черного моря. //Ж. "Экологические системы и приборы", № 5, М., 2008, с 56-60.
8. **Колмогоров А.Н.** Об аналитическом методе в теории вероятностей. //Успехи математических наук, вып. 5, 1938.
9. **Мирицхулава Ц.Е.** Количественная оценка предельно допустимых нагрузок на ландшафт. // М., "Наука", Изв. РАН, серия География, № 3, 2001, с. 68-74.
10. **Мирицхулава Ц.Е.** Опасности и риски на некоторых водных и других системах. Виды, анализ, оценка. В 2-х книгах, Тбилиси, "Наука", 2003, 537 с.
11. **Мирицхулава Ц.Е.** Об экологически целесообразном сроке эксплуатации потенциально опасных сооружений различного назначения. //Сб. трудов "Экологическая безопасность, устойчивость и надежность водохозяйственных и гидромелиоративных объектов", Грузгидроэкология, Тбилиси, 2005, с.112-128.
12. **Свешников Л.Л.** Прикладные методы теории случайных функций. М., Наука, 1968г., 512 с.
13. **Цицкишвили М.** О влиянии Чернобыльской катастрофы на регион Кавказа. //Ж. "Наука и технологии", № 4-6, Тбилиси, 2011, с.25-31.

**წყალმომარაგებისა და წყალარინების სისტემების აგების ტექნოლოგია  
მონოლითური რკინაბეტონისაგან**

ინგა ირემაშვილი<sup>1</sup>, ზურაბ ეზუგბაია<sup>2</sup>, გიორგი იოსებაშვილი<sup>2</sup>,  
ნინო მსხილაძე<sup>2</sup>, ლევან ჩალაძე<sup>2</sup>  
Email: [ingairema@yahoo.com](mailto:ingairema@yahoo.com)

- 1) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო  
2) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მ. კოსტავას ქ. 77, ქ. თბილისი, საქართველო

**შესავალი**

წყალმომარაგებისა და წყალარინების სისტემების ნაგებობების მონოლითური რკინაბეტონით აგებისას სამუშაოთა საწარმოებლად ყველაზე რთული და შრომატევადია ისეთი ნაგებობების მშენებლობა, როგორცაა სხვადასხვა სახის ტევადობები – სალექარები, ფილტრები, რეზერვუარები, აეროტეკები, ბიოფილტრები და სხვ. მსგავსი ნაგებობების დაბეტონების სირთულე იმაში მდგომარეობს, რომ ნაგებობების ძირითადი კონსტრუქციული ელემენტების – ძროს, კედლების, ტიხრების დაბეტონებისას საჭიროა უზრუნველყოფილი იყოს არამარტო სიმტკიცე და მდგრადობა, არამედ ყინვამდეგობა და წყალშეუღწევადობაც. მრგვალ ნაგებობებში კედლების დაბეტონების შრომატევადობა დამატებით იზრდება, ვინაიდან ნაგებობას უნდა მიეცეს მრუდხაზოვანი ფორმა და მთელი ნაგებობა გაძლიერდეს არმატურის დახვევით კედლებზე წინასწარი დაძაბვისათვის, რითაც იზრდება ნაგებობის ბზარმდეგობა და წყალშეუღწევადობა.

ასეთი ნაგებობების აგების ტექნოლოგია ითვალისწინებს შემდეგ ძირითად ეტაპებს:

- ფუძის მომზადებას;
- ძროს, ნაგებობის ქვედა კონსტრუქციული ნაწილის დაბეტონებას;
- ნაგებობის კედლების აგებას.

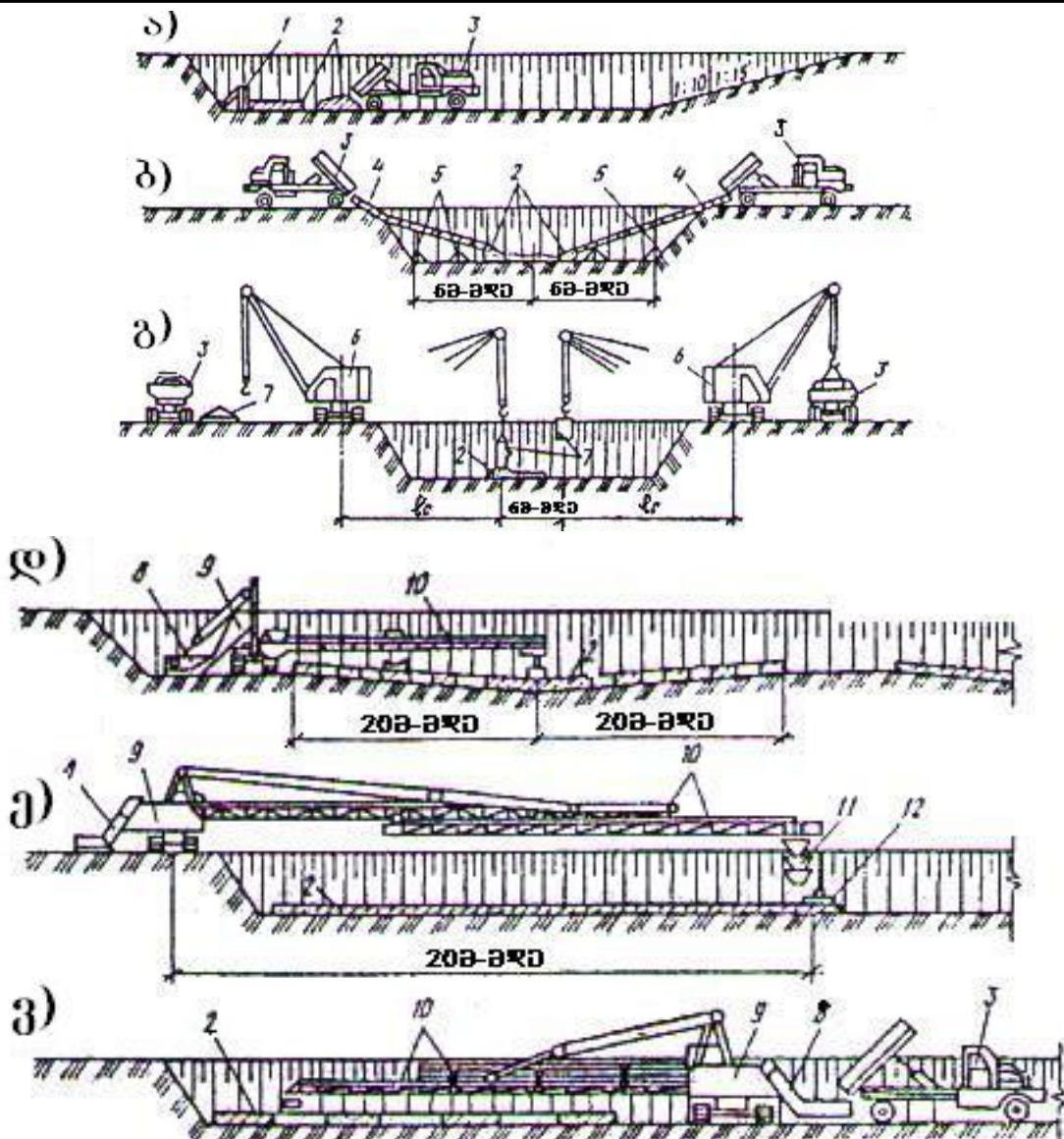
ჩამოთვლილი ეტაპების სწორი განხორციელება, თანმიმდევრული ტექნოლოგიების დაცვა გარანტიას იძლევა, რომ აგებული იქნება ნაგებობა, რომელიც პასუხობს ყველა ტექნიკურ და ექსპლუატაციურ მოთხოვნებს.

**ძირითადი ნაწილი**

რეზერვუარებისა და სხვა ტევადობებიანი ნაგებობების ძროს დაბეტონებას იწყებენ გრუნტზე ღორღოვანი და ბეტონის მომზადების მოწყობის შემდეგ.

**2.1. ღორღოვანი და ბეტონის მომზადების მოწყობა.**

მომზადების მოწყობა დამოკიდებულია გრუნტის სახეობაზე. მკვრივი გრუნტების შემთხვევაში ღორღი და ბეტონი მიეწოდება მოხრებულში ავტოთვიტსაცლევებით უშუალოდ მუშა ზონაში (ნახ. 24.1-ა).



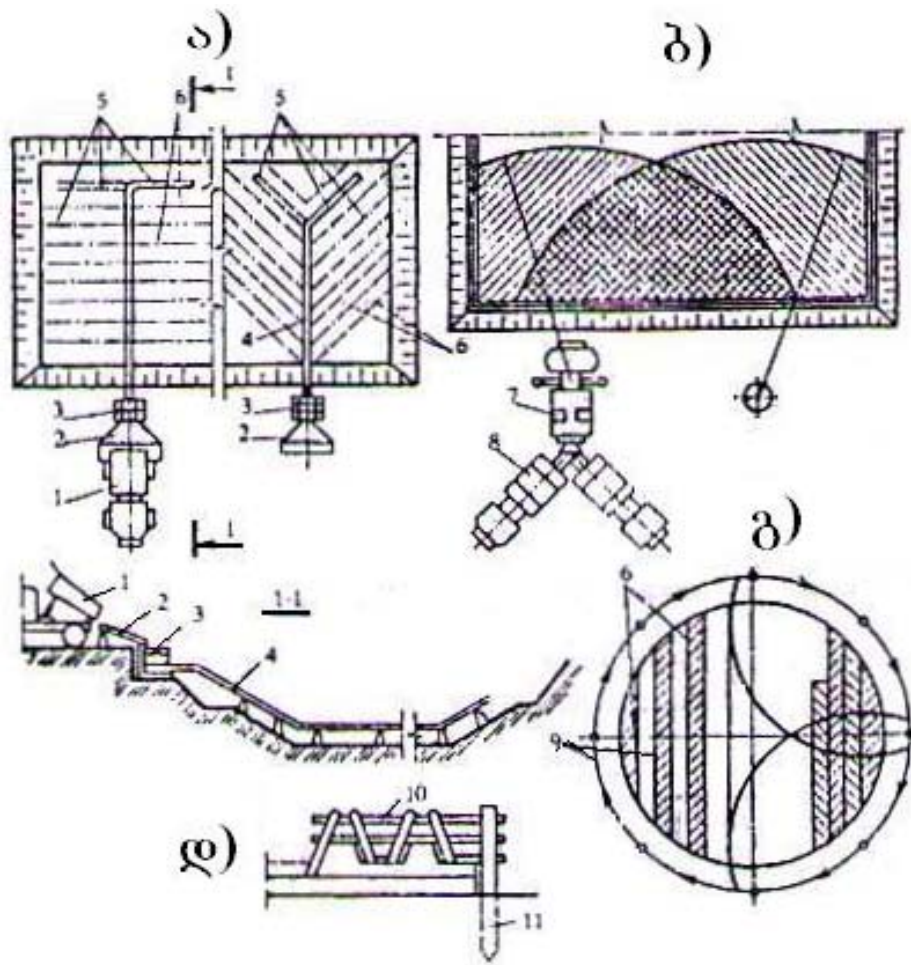
ნახ. 1. ნაგებობის ძროს ქვეშ ხრეშოვანი ან ბეტონის მომზადების მოწყობის სქემები:

- 1 – ყალიბი; 2 - ღორღი ან ბეტონის ნარევი; 3 – ავტოთვიტსაცლელი;
- 4 – ვიბროლარი; 5 – საყრდენები; 6 – ამწე; 7 – ბადია; 8 – სკიპის საწვეველა;
- 9 – ბეტონჩამგები; 10 – კონვეიერი; 11 – ხორთუმი; 12 – ვიბრატორი

სუსტი გრუნტების შემთხვევაში, როდესაც მანქანები ვერ ჩადის მთხრებლში, ღორღი და ბეტონის ნარევი მიეწოდება ვიბროლარების საშუალებით (ნახ. 1-ბ). ბეტონის ნარევი შეიძლება მიეწოდოს ამწეებით ბადიებში (ნახ. 1-გ) ან ლენტური ბეტონჩამგებით (ნახ. 1-დ, ე, ვ).

ბეტონის მომზადების მოწყობა, ისევე როგორც შემდგომში ძროს დაბეტონება, შეიძლება შესრულდეს ბეტონსატუმბით. მომზადების მოწყობას ასრულებენ 6 მ-იანი ზოლებით (ნახ. 2-ა). მომზადების მოწყობა ეფექტურია ავტობეტონსატუმბით (ნახ. 2-ბ), ვინაიდან ერთი დგომიდან შესაძლებელია საკმარისი რადიუსის ფართობის დაბეტონება. ცილინდრულ ნაგებობებში მომზადების და ძროს დაბეტონებას ასრულებენ სექტორით, ძირის ქორღების მიხედვით (ნახ. 2-გ).





ნახ. 2. ბეტონის ნარევის მიწოდება ბეტონსატუმბით და ძროს ყალიბის მოწყობის სქემები:

- 1 – ავტოთვითსაცლელი; 2 – ვიბრობუნკერი; 3 – ბეტონსატუმბი; 4 – ბეტონსადენი;  
 5 – დაბეტონების პროცესში ბეტონსადენების დალაგების ადგილები; 6 – მუშა ნაკერები  
 ბეტონში; 7 – ავტობეტონსატუმბი; 8 – ავტობეტონსაზუელი; 9 – დაბეტონებული ზოლები;  
 10 – რიგელი; 11 – ხიმინჯი

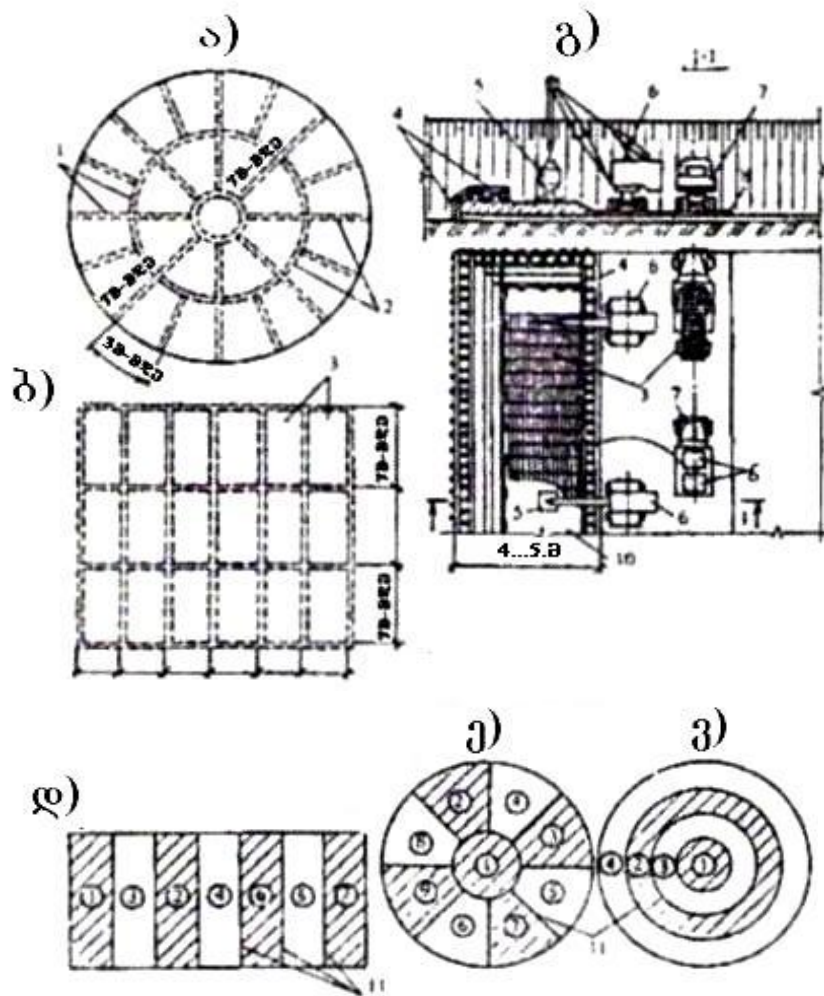
## 2.2. ძროს დაბეტონება.

ძროს დაბეტონების წინ მომზადებას ასწორებენ ცემენტის დუღაბის ქერქით და ასრულებენ ჰიდროიზოლაციას. შემდეგ აწყობენ დამცავ ქერქს, აყენებენ ყალიბს, ალაგებენ მასში არმატურას და აბეტონებენ ძროს. დამცავი ქერქი სრულდება ჰიდროიზოლაციაზე ცემენტქვიშის დუღაბით, სისქით – 2.5-3 სმ (ან ასფალტის ფენით, სისქით – 5 სმ). ცემენტის ქერქს ამკვრივებენ ვიბროლარტყის გამოყენებით და გასწორებით შუქურებზე.

ძროს ყალიბი მოიცავს ძროს გარე პერიმეტრის ყალიბს, ანაკრები კედლების შემთხვევაში – ყალიბს კილოებისა (ნახ. 2-დ) და თანაორმოებისათვის.

ძროს არმატურას ასრულებენ არმატურის ბადეების, კარკასების ან ცალკეული დეროებისაგან. ცილინდრულ ნაგებობებში ძროს ყოფენ კონცენტრული წრეხაზებით, რომლებიც შემდეგ იყოფა ტრაპეციის ფორმის სექტორებზე (ნახ. 3-ა). ამ სექტორების ზომების მიხედვით ამზადებენ არმატურის კარკასებს და ანაწილებენ სექტორებზე.





ნახ. 3. სამუშაოების ორგანიზაციის სქემა ნაგებობის ძროს მოწყობისას:

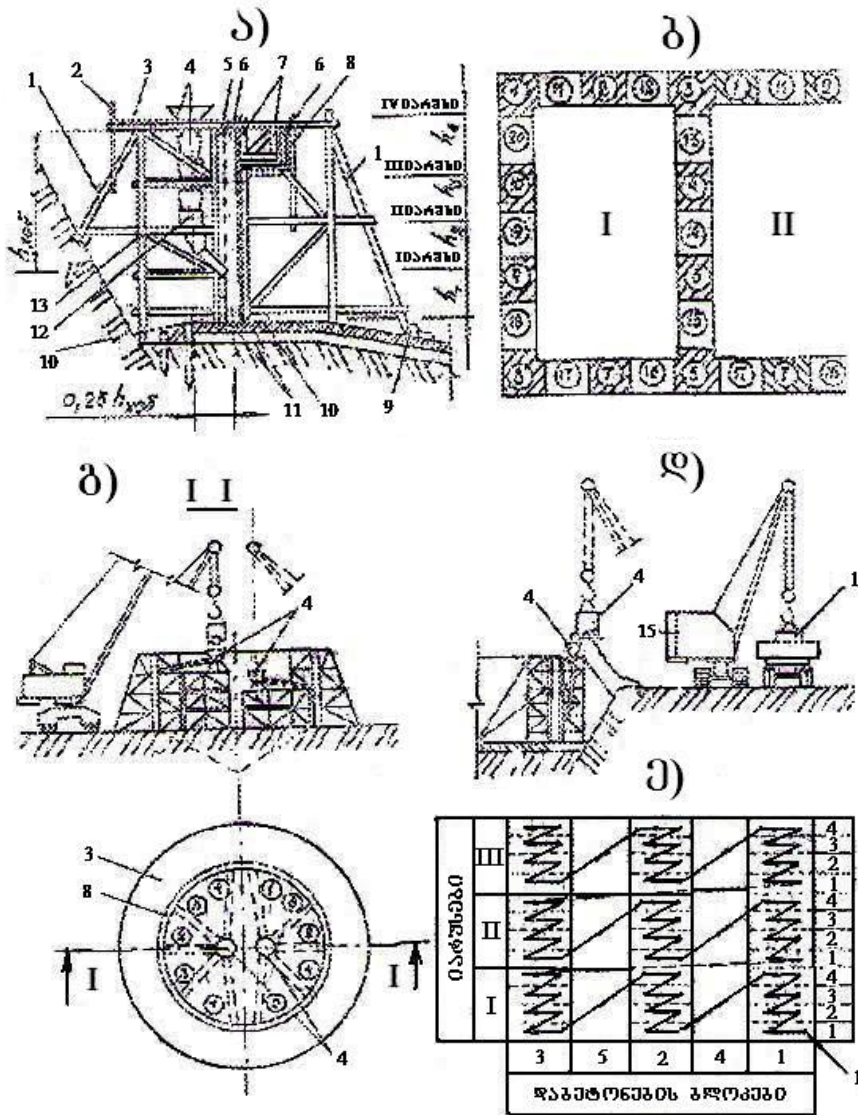
1 – კარკასის კონტურები; 2 – არმატურის კარკასების პირგადაღება; 3 – ბადე რულონების სახით; 4 – ყალიბი; 5 – ბადია; 6 – ამწე; 7 – ავტომატები არმატურის კარკასებისა და ბეტონის ნარევის ბადეების ტრანსპორტირებისათვის; 8 – დროებითი ფენილი ამწისა და მანქანების მოძრაობისათვის; 9 – ბეტონის ჩალაგება; 10 – დაბეტონებული ძრო; 11 – მუშა ნაკერები, ყალიბის ფიცრების დაყენების ადგილები (ციფრებით მითითებულია დაბეტონების თანმიმდევრობა)

ძროს დაარმატურებისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნეს 5-8 მმ დიამეტრის დეროებისაგან დამზადებული არმატურის ბადეები, რომლებიც მიეწოდება სამუშაო ადგილზე რულონების სახით. არმატურის ჩალაგების სქემები ნაჩვენებია ნახ. 3-ბ, გ, დ-ზე. ძროს დაბეტონებას ასრულებენ ვიბროლარებით, ბადეებით ან, რაც უფრო ეფექტურია, ბეტონსატუმბი დანადგარებით. დაბეტონება მიმდინარეობს ზოლებად, სექტორებად, უბნებად.

### 2.3. ტევადობითი ნაგებობების კედლების დაბეტონება ფარიან ყალიბებში.

კედლებს აბეტონებენ იარუსებად, რომელთა სიმაღლე არ აღემატება 1-1.2 მ-ს (ნახ. 4) და ბლოკებად (ნახ. 4-ბ, დ). აყენებენ ყალიბს ცალი მხრიდან და არმატურის კარკასებს ნაგებობის მთელ სიმაღლეზე. შემდეგ იარუსის მეორე მხრიდან აყენებენ ყალიბს იარუსის სიმაღლეზე და იწყებენ დაბეტონებას.

დაბეტონება სრულდება ყალიბების წაზრდით ეტაპობრივად იარუსების მიხედვით. დაბეტონების ასეთი თანმიმდევრობა მისაღებია ისეთი ნაგებობის აგებისას, რომელსაც არ გააჩნია გადახურვა (აეროტექები, რადიალური სალექარები, ფილტრები და სხვ.). სხვა ნაგებობებში, რომლებსაც გააჩნია გადახურვები, გარე კედლის დაბეტონებამდე ამოჰყავთ რკინაბეტონის კონსტრუქციები უშუალოდ ნაგებობაში – სვეტები, ტიხრები და მათზე დაყრდნობილი გადახურვის ნაწილი, შემდეგ აბეტონებენ გარე კედლებს (სუფთა წყლის რეზერვუარები და სხვ.).

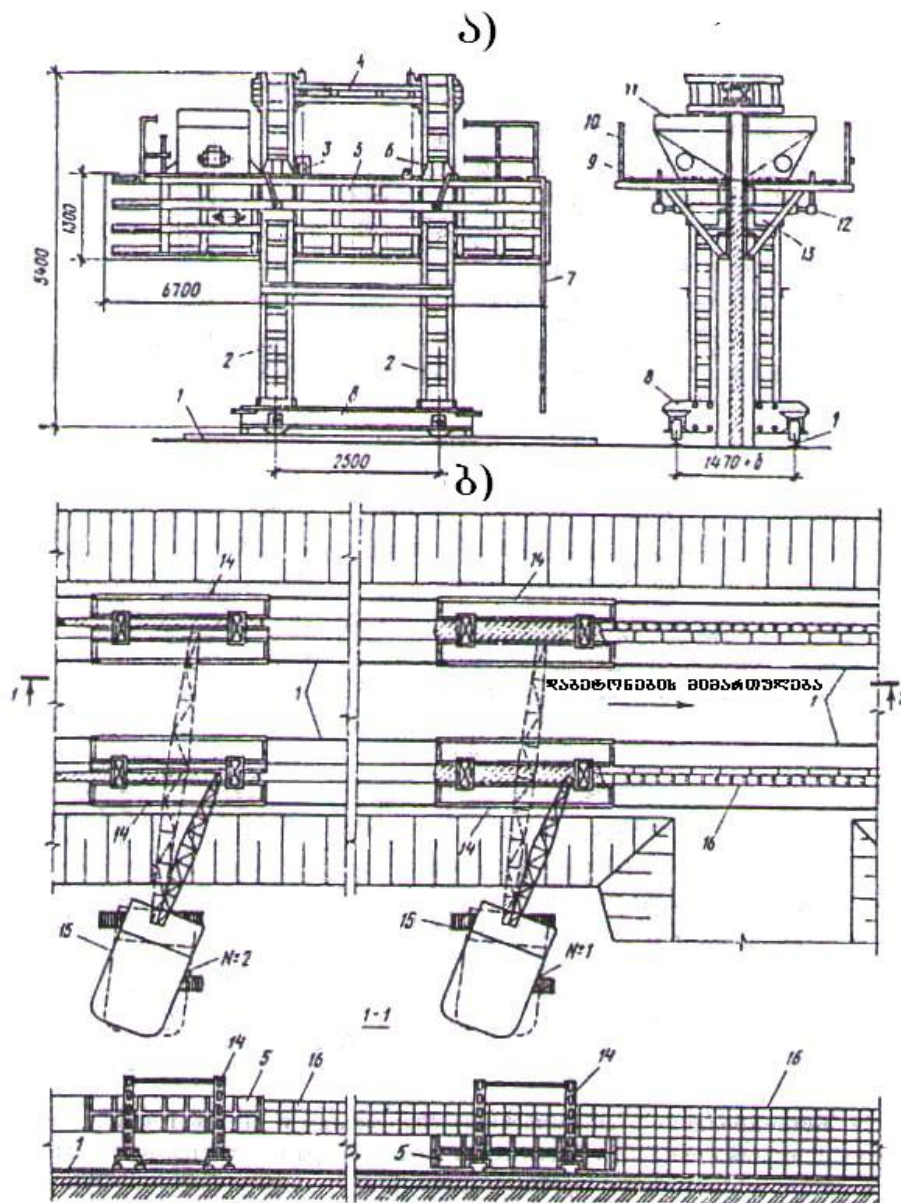


ნახ. 4. ტევადობითი ნაგებობების კედლების დაბეტონება ფარიან ყალიბებში:

- ა – კედლის დაბეტონების საერთო სქემა და დაყოფა იარუსებად; ბ – კედლის დაყოფა მონაზომებად (რომაული ციფრები) და დაბეტონების ბლოკები (არაბული ციფრები);
- გ, დ – ბეტონის მიწოდება ბადიებით ამწეების გამოყენებით; ე – ყალიბის დაყენებისა და ბეტონის ჩალაგების თანმიმდევრობა; 1 – დონიჯი; 2 – შემოდობა; 3 – მუშა ფენილი;
- 4 – მიმღები ბუნკერი; 5 – ყალიბის ფარების ზღვრები; 6 – კონსტრუქციის დაბეტონება;
- 7, 8 – ღარის ყალიბი და მისი კარკასი; 9 – საბჯენი; 10 – მიმჭერი დაფა; 11 - სიხისტის წიბოები; 12 – ხორთუმი; 13 – ხარაჩოების საყრდენი; 14 – ვიბრობადია; 15 – ამწე. ციფრებით მითითებულია კედლების დაბეტონების თანმიმდევრობა. h<sub>1</sub>–h<sub>4</sub>– იარუსების სიმაღლე

2.4. კედლების დაბეტონება საგორავ და ჰორიზონტალურად მცოცავ (სრიალა) ყალიბში. კედლების კონსტრუქციების დაბეტონებისათვის შეიძლება იყოს გამოყენებული საგორავი და ჰორიზონტალურად გადასადგილებელი ყალიბები. საგორავი ყალიბის ძირითადი უარყოფითი მხარე ის არის, რომ დაბეტონების პროცესში მას სჭირდება ტექნოლოგიური პაუზები: სანამ ბეტონი დაბეტონებულ უბანზე არ მიიღებს განყალიბების სიმტკიცეს, მისი მოხსნა და გადაადგილება არ შეიძლება. ეს ყველაფერი ანელებს ბეტონის სამუშაოების ტემპს და ზრდის შრომატევადობას.

უფრო ეფექტურია კედლების აგება ჰორიზონტალურად მცოცავ ყალიბებში, რომელიც წარმოადგენს რელსებზე მოძრავ აგრეგატს (ნახ. 5-ა). ის იძლევა დაბეტონების პროცესის უწყვეტად შესრულების საშუალებას.



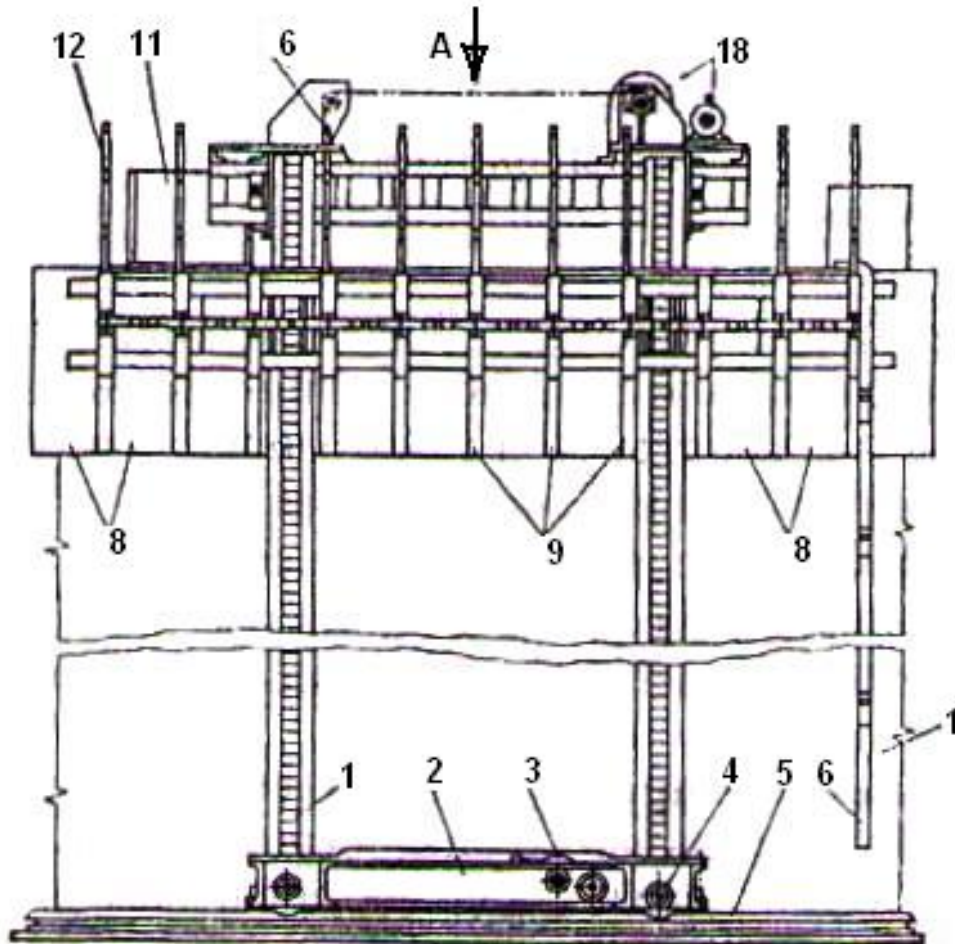
ნახ. 5. მართკუთხა სალექარის კედლების დაბეტონება ჰორიზონტალურად მცოცავ ყალიბებში:  
 ა - ყალიბის სქემა; ბ - კედლების დაბეტონების ტექნოლოგიური სქემა;  
 1 - სარელსო გზა; 2 - დგარი; 3 - ფარის ასაწევი ჯალამბარი; 4 - კოჭი;  
 5 - ყალიბის ფარები; 6 - ფიქსატორები; 7 - კიბე; 8 - ყალიბის ურიკა; 9 - მუშა ფენილი;  
 10 - შემოდობა; 11 - ბუნკერი; 12 - მიმჭერი მოწყობილობა; 13 - ცოცია;  
 14 - ყალიბის აგრეგატები; 15 - ამწეები; 16 - არმატურის ბადეები

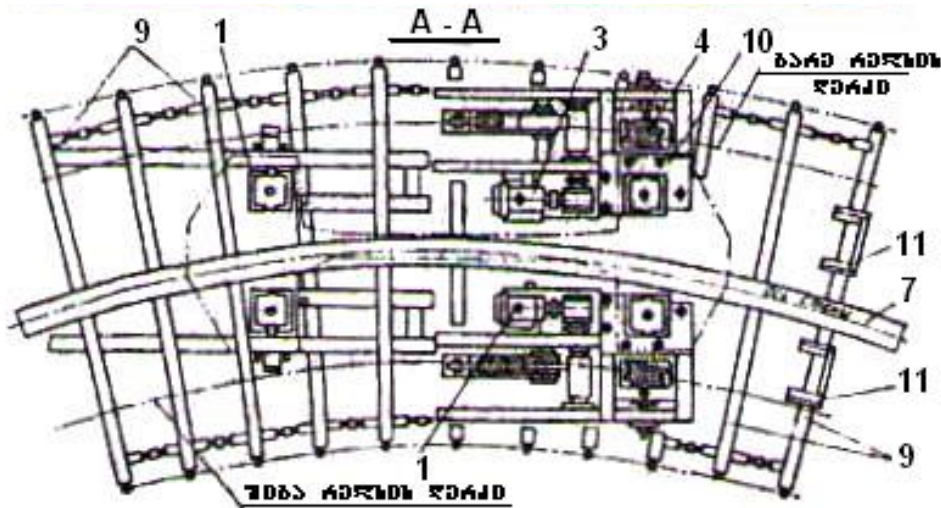


დაბეტონების დაწყებამდე ჰორიზონტალურად მცოცავი ყალიბი მოჰყავთ მუშა მდგომარეობაში, აყენებენ ყალიბის ფარებს საპროექტო ნიშნულზე. კედლის დაბეტონების ტექნოლოგიური სქემა ნაჩვენებია 5-ბ ნახ-ზე. დაბეტონებისათვის გამოიყენება დაბალი ძვრადობის ბეტონის ნარევი, კონუსის ჯდენით 0–2 სმ, წყალცემენტი ფარდობით  $V/C=0.45-0.55$ . დაბეტონებას ასრულებენ იარუსებად, გამკვრივებისათვის გამოიყენება ყალიბის ფარებზე დაყენებული ვიბრატორები. ყალიბის მოძრაობის სიჩქარე 4–8 მ/სთ, გამყარების დამაჩქარებლების გამოყენებისას – 10–12 მ/სთ.

**2.5. ცილინდრული ნაგებობების კედლების დაბეტონება** ხორციელდება უნივერსალურ, ჰორიზონტალურად მცოცავ ყალიბებში. სარელსო გზის სიმრუდე, დასაბეტონებელი კედლის რადიუსის შესაბამისია. აქ შიგა რელსს ალაგებენ და ამაგრებენ უშულოდ ბეტონის პროზე, გარეს კი – ხის შპალებზე. ყალიბის აგრეგატს ცალკეული გამსხვილებული კვანძებიდან ამონტაჟებს ამწე.

კედლის არმატურის კარკასების მონტაჟის და პროსთან სამუშაო ადგილის მომზადების შემდეგ იწყებენ კედლის იარუსებად დაბეტონებას. ცილინდრული ნაგებობის კედლის დაბეტონების საერთო სქემა წარმოდგენილია 6 ნახ-ზე.





ნახ. 6. ცილინდრული ტევადობითი ნაგებობის კედლების დაბეტონების სქემა უნივერსალურ ჰორიზონტალურად მცოცავ ყალიბებში:

- 1 – დგარი; 2 – ჩარჩო; 3 – თვითმავალი ურიკის ამძრავი; 4 – ბორბლები; 5 – სარელსო გზა;  
6 – კიბე; 7 – ნაგებობის კედელი დაბეტონების პროცესში; 8 – ყალიბის ფარები;  
9 – ფარების დასამაგრებელი დეტალები; 10 – ყალიბის ფარების ასაწევი მექანიზმი;  
11 – ღარი ბეტონის ნარევის მისაღებად; 12 – ხარაჩოების შემოღობვა

### დასკვნა

წყალმომარაგებისა და წყალარინების სისტემების აგება მოითხოვს სამუშაოთა წარმომების ტექნოლოგიებისა და სამუშაოთა თანმიმდევრობის სწორ და ზუსტ დაცვას, რადგან ასეთი ნაგებობები უნდა პასუხობდეს ყველა ტექნიკურ-ნორმატიულ მოთხოვნებს, როგორცაა: ნაგებობების მდგრადობა, სეისმომდგრადობა, წყალშეუღწევადობა, ხანგამძლეობა. ამ შედეგების მისაღებად საჭიროა გამოყენებულ იქნეს თანამედროვე ეფექტური ბეტონები, საყალიბე სისტემები და სამუშაოთა წარმომების ტექნოლოგიები.

### ლიტერატურა

1. ეზუგბაია ზ., იოსებაშვილი გ., ირემაშვილი ი. შენობებისა და ნაგებობების აგების ტექნოლოგია. თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი. 2012წ.
2. Кирнев А. и др. Технология возведения зданий и сооружений гражданского и водохозяйственного назначения. Ростов-на дону: феникс, 2009.

**ბენტონიტის მოდიფიკაციით მრავალმიზნობრივი ბრუნტბამაშენი კომპოზიტის მიღების ტექნოლოგია**

**ლევან იტრიაშვილი, ხათუნა კიკნაძე**

**E-mail: khkiknadze@mail.ru**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

**შესავალი**

თიხოვან მინერალთა შორის ბენტონიტს ახასიათებს რიგი უნიკალური თვისებები, რომლებიც განპირობებულია მისი ძირითადი შემადგენელი ნაწილის მონტმორილონიტის კრისტალური აღნაგობის თავისებურებებით, რაც განაპირობებს ბენტონიტის მაღალი გაჯირჯეების უნარს და, რაც მთავარია, სუსპენზირებისას წყალში კოლოიდური ხსნარების შექმნას. ამ დროს ხდება ბენტონიტის ნაწილაკების დამატებითი დისპერგაცია (0.1 მიკრონამდე) და ხვედრითი ზედაპირის მკვეთრი გაზრდა. ასეთ კოლოიდურ მდგომარეობაში ბენტონიტი წარმოადგენს უმაღლესი ხარისხის ადსორბენტს და შეუძლია თავის ზედაპირზე დაიკავოს სხვადასხვა ნივთიერებები, მათ შორის მაღალმოლეკულური, რაც არსებითად მოქმედებს ბენტონიტის სუსპენზირების მდგრადობაზე და საშუალებას იძლევა მიზნობრივად ვარეგულიროთ ბენტონიტის თვისებები.

პოლიელექტროლიტების ადსორბციის შედეგად მკვეთრად იცვლება ბენტონიტის კოლოიდური ხსნარების თვისებები და წარმოიშობა საშუალება ხელოვნურად ვმართოთ ეს პროცესი, მითუმეტეს რომ, ხსნარის გაშრობის შემდეგ შეიძლება მიზნობრივად მიღებული იყოს სრულიად ახალი უნიკალური თვისებების მქონე პროდუქტები, რომლებიც შემდგომში შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სხვადასხვა მიზნებისათვის.

უნდა აღინიშნოს, რომ არსებობს მსგავსი პროდუქტების ბუნებრივი ანალოგები – გაღებულ მონტმორილონიტური თიხები (კერძოდ კოლხეთის დაბლობზე, გალის რაიონში), რომლებიც წარმოიქმნა ხანგრძლივი გეოლოგიური პროცესების განმავლობაში მონტმონორილონიტური თიხების ნაწილაკების ზედაპირზე სხვადასხვა ბუნებრივი ორგანული დაბალმოლეკულური პოლიმერების ადსორბციის შედეგად.

ზემოთ მოყვანილიდან გამომდინარე, პერსპექტიულად იყო მიჩნეული აღნიშნული თვისებებისა და პროცესების გამოყენებით შეიქმნას თვისებების ანალოგიური, მაგრამ ბევრად უფრო მაღალეფექტური მასალა, რომლის მცირე დანამატების გამოყენებით შეიძლება ნიადაგ-გრუნტებისა და სხვა დისპერსული მასალების მრავალი თვისების მიზნობრივი რეგულირება.

პოლიმერის სახით შერჩეულ იქნა მაღალმოლეკულური პოლიელექტროლიტი (პელ), რომლის მოლეკულაში კარბოქსილის ჯგუფების არსებობა განაპირობებს მისი წყალხსნარების პოლიელექტროლიტულ თვისებებს და, აქედან გამომდინარე, მაღალ აქტივობას კოლოიდურ სუსპენზიასთან ურთიერთობისას, კერძოდ, ბენტონიტის სუსპენზიასთან. ამასთან ერთად, მისი დაბალი კონცენტრაციის ( $10^{-3}$ -მდე) ხსნარები არაა ტოქსიკური და გამოიყენება ღვინის, სურსათისა და პარფიუმერიის წარმოებაში.

გამომდინარე ზემოთ მოყვანილიდან, ბენტონიტის და პელ-ის თვისებების გამოყენების გზით შეიძლება მიღებული იქნეს სრულიად ახალი კომპოზიტი, რომელიც გააერთიანებს მათ დადებით თვისებებს.

## ძირითადი ნაწილი

პელ-ისა და ბენტონიტის ურთიერთმოქმედების მექანიზმი მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული პელ-ის კონცენტრაციაზე და ბენტონიტის და პელ-ის ურთიერთ-შეფარდებაზე.

ვინაიდან ახალი მასალის მიღებისას აუცილებელია მისი დისპერსული შემადგენლის ნაწილაკების მაქსიმალური ადსორბციული გაჯერება მოდიფიკატორის მოლეკულებით და თხევადი ფაზის (ჩვენ შემთხვევაში წყლის) შემდგომი მოცილება, დისპერსული სუსპენზიის და მოდიფიკატორის ხსნარის ნარევი (სუსპენზია) უნდა ინარჩუნებდეს მდგრადობას ტექნოლოგიური პროცესის სრულ დამთავრებამდე.

ყოველივე ზემოთ მოყვანილი მჭიდროდ არის დამოკიდებული როგორც დისპერსული შემადგენლის სუსპენზიის, ასევე მოდიფიკატორის ხსნარის სუსტ ოპტიმალურ კონცენტრაციების დადგენასთან, რამაც უნდა უზრუნველყოს:

მუშა სუსპენზიის მდგრადობა მთელი ტექნოლოგიური პროცესის განმავლობაში მისი შეუფერხებლად მიმდინარეობისათვის;

მოდიფიკატორის ისეთი შემცველობა ხსნარში, რომელიც საკმარისია ნაწილაკების მაქსიმალური ადსორბციული გაჯერებისათვის.

ოპტიმალური კონცენტრაციების დადგენას დიდი მნიშვნელობა აქვს არა მარტო სრულყოფილი ტექნოლოგიური პროცესის მიმდინარეობისათვის, არამედ გააჩნია ეკოლოგიური და ეკონომიკური მხარე, ვინაიდან ოპტიმალური შემადგენლობის მუშა სუსპენზიის გამოყენება უზრუნველყოფს მიღებული მასალის მაღალ ხარისხსა და მაქსიმალურად შესაძლებელ გამოსავლიანობას. დისპერსული შემადგენლის და მოდიფიკატორის მთლიანად რეაქციაში შესვლა კი უზრუნველყოფს მოცილებული წყლის სისუფთავესა და მეორედ გამოყენების საშუალებას.

ზემოთ მოყვანილი პირობების სუფთა ემპირიული გზებით დადგენა მეტად რთული და ხანგრძლივი პროცესია, რომელიც მაინც არ იძლევა ზუსტ პასუხებს. ამიტომ ოპტიმალური კონცენტრაციების დადგენისათვის გამოყენებული იყო დისპერსული მასალების ფიზიკურ-ქიმიური, მექანიკის მეთოდები, რომელიც საშუალებას იძლევა სტრუქტურულ-მექანიკური კონსტანტების განსაზღვრის საშუალებით მოვახდინოთ სტრუქტურირებული სისტემების რაოდენობრივი შეფასება და დავადგინოთ მასალების შემადგენლობის ოპტიმალური ვარიანტები.

ამ კონსტანტების განსაზღვრისათვის გამოყენებული იქნა ველერებისდერის (განზავებული სუსპენზიებისათვის) მეთოდები.

მდგრადი თიხოვანი სუსპენზიების მიღებისათვის საჭიროა მათი სტრუქტურულ-მექანიკური მახასიათებლები აკმაყოფილებდეს მდგრადობის ძირითად კრიტერიუმებს: ელასტიურობა  $f < 0.5 - 0.6$ ; სტატისტიკური პლასტიურობა  $P_{K1}/h_1 < 60-80-10-6$ ; ჭეშმარიტი რელაქსაციის პერიოდი  $Q > 400-450$ წმ.

თიხოვანი სუსპენზიების მდგრადობა (K) გამოისახება, როგორც სწრაფი ელასტიური დეფორმაციის  $\theta$ (%) ფარდობა დისპერსული ფაზის კონცენტრაციასთან C%:  $K = \theta/C$ .

ჩვენს მიერ გამოყენებული ოზურგეთის ბენტონიტისათვის სტაბილური სუსპენზია მიიღება მისი 10-20% კონცენტრაციის ფარგლებში, რომლის დროსაც მდგრადობის მახასიათებლები აკმაყოფილებს შესაბამის კრიტერიუმებს. ამიტომ ტექნოლოგიურ პროცესში პროდუქტის მაქსიმალური გამოსავლიანობისთვის გამოყენებულ იქნა 20% სუსპენზია.

აღნიშნულ სუსპენზიაში პოლიაკილამიდის ხსნარის დამატებისას ის ინარჩუნებს მდგრადობას, მაგრამ წყლის აორთქლების შემდეგ მიღებული პროდუქტი ვერ პასუხობს

წაყენებულ მოთხოვნებს – აქვს დაბალი გაჯირჯევის, მაღალი დისპერგირების უნარი და ახასიათებს ტიქსიტროპიულობა. პაა ხსნარის კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად უმჯობესდება საბოლოო პროდუქტის ხარისხი, რომელიც აღწევს მაქსიმუმს 0.4-0.5% კონცენტრაციის დიაპაზონში. ამავე ფარგლებში მუშა სუსპენზია (ბენტონიტის სუსპენზიის და პელ ხსნარის ნარევი) ინარჩუნებს თავის მდგრადობას (ცხრ. 1).

ცხრილი 1

**ბენტონიტის და ბენტონიტ-პელ სუსპენზიის მდგრადობის კრიტერიალური მახასიათებლები**

სუსპენზიის დასახელება	კონცენტრაცია ა %		PK/hl•10-6 წმ-1	I წმ	K
ბენტონიტის სუსპენზია	8.0	0.582	29.2	375	0.75
	10.0	0.486	26.0	525	1.46
	12.0	0.467	22.7	655	1.74
	14.0	0.380	21.6	985	1.95
	16.0	0.300	18.0	1460	2.03
	18.0	0.193	5.5	1740	2.04
	20.0	0.162	12.6	1240	2.06
	22.0	0.546	32.4	325	1.98
20% ბენტონიტის სუსპენზია პელ ხსნარი	0.1	0.174	13.6	1180	2.03
	0.2	0.423	20.5	644	1.64
	0.3	0.428	9.6	652	1.77
	0.4	0.418	20.0	623	1.80
	0.5	0.420	20.4	640	1.80
	0.6	0.493	28.0	531	1.44
	0.7	0.574	37.3	362	0.82

პელ კონცენტრაციის გაზრდისას მუშა სუსპენზია კარგავს მდგრადობას და მიმდინარეობს კოაგულაციური პროცესები, გამსხვილებული ნაწილაკების სწრაფი დალექვა და სისტემის გაყოფა მყარ კოლოიდურ და თხევად ფაზებად.

მაღალკონცენტრირებული სუსპენზიების შემთხვევაში პელ ასრულებს კოაგულანტის როლს და სუსპენზია იძლევა ფხვიერ ნალექს. დაბალი კონცენტრაციების შემთხვევაში პელ ახდენს კოლოიდების სტაბილიზაციას, ზრდის მათ მდგრადობას და იწვევს სტრუქტურულ ცვლილებებს. ამ დროს წარმოიშობა ახალი ტიპის კოლოიდური ხსნარები, და მიმდინარეობს პელ მოლეკულების ადსორბცია ბენტონიტის ნაწილაკების ზედაპირზე, რის შედეგადაც წარმოებს ნაწილაკების გამსხვილება ახალი ტიპის ზედაპირებით.

პელ-ის საკმარისად დიდი კონცენტრაციის შემთხვევაში ნალექს ახასიათებს ბლანტ-ლორწოვანი კონსისტენცია, კონცენტრაციის შემცირებისას ნალექი ხასიათდება ადვილი ამღვრევადობით და მოძრავობადობით.

0.063% კონცენტრაციის პელ ქმნის ბენტონიტთან წყალში მდგრად, მაღალი სიბლანტის მქონე კოლოიდურ სუსპენზიებს. 0.032 და 0.016% მონაკვეთში სისტემა ხასიათდება არამდგრადი კოლოიდური სტრუქტურით (ცხრილი 2).

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ბენტონიტის 5% სუსპენზიაში 0.008%-ზე მცირე კონცენტრაციის პაა (ბენტონიტი-პელ თანაფარდობა =600:1) შეტანის შედეგად წარმოებს კოაგულაციის პროცესი, რომლის სიჩქარე იზრდება პელ კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად და აღწევს მაქსიმუმს პაა 0.015% კონცენტრაციის დროს.



<b>№</b>	<b>პელ კონცენტრაცია %(გ/მლ)</b>	<b>კოაგულაციის არსებობა</b>	<b>კოაგულაციის საწყისი სიჩქარე (15 წთ განშრეების %)</b>	<b>ბენტონიტის და პელ-ის თანაფარდობა (წონით)</b>
1	0.5	-	0	10:1
2	0.25	-	0	20:1
3	0.125	-	0	40:1
4	0.063	-	0	80:1
5	0.032	-	0	160:1
6	0.016	-	0	310:1
7	0.008	-	1	620:1
8	0.004	-	2	1250:1
9	0.0015	-	3.5	3300:1
10	0.00015	-	4.5	33300:1
11	0.00008	-	2.5	62500:1
12	0.000015	-	0	333000:1

პოლიმერის მცირე (ბენტონიტის ნაწილაკების მიმართ) რაოდენობების შეყვანას შეაქვს არსებითი თავისებურებანი სუსპენზიის აღნაგობაში და არღვევს მის მდგრადობას. ამ დროს ბენტონიტის ნაწილაკების ზედაპირი მხოლოდ ნაწილობრივ იფარება ადსორბირებული პოლიმერით. მათი ზედაპირების მნიშვნელოვანი ნაწილი რჩება თავისუფალი, რის გამოც პოლიმერის მოლეკულები (მათი დიდი ზომებისა და სიგრძის გამო) უერთდება ერთდროულად თიხის რამდენიმე ნაწილაკს. თიხის ნაწილაკების გამსხვილების შედეგად წარმოებს კოლოიდის კოაგულაცია.

ბენტონიტ-პელ სისტემაში ყალიბდება მდგრადი კოლოიდური ხსნარი, რომლის ნაწილაკები წარმოქმნილია თიხის ნაწილაკებითა და მათ ზედაპირზე დამაგრებული პოლიმერის მოლეკულებით. ასეთი ნაწილაკები მოძრაობს ურთიერთმიმართ და ერთდროულად სხლტება უარყოფითად დამუხტული ზედაპირებით. ადსორბირებული პოლიმერის მოლეკულის ბოლოები ექსპოლირებულია წყლის არეში, რაც წარმოშობს სისტემის გადიდებულ სიბლანტეს. კოლოიდური სუსპენზია წარმოადგენს სტატიკურად მოწესრიგებულ სტრუქტურას ნაწილაკების ფარდობითი დამაგრების გარეშე. სუსპენზიის წყლით განზავებისას წარმოებს ნაწილაკების განაწილება დიდ მოცულობაში.

ამგვარად, საჭირო კონცენტრაციის პელ იწვევს სისტემის სტაბილიზაციას დისპერგირების წინააღმდეგ, რაც განპირობებულია მაღალი სიბლანტით. ბენტონიტის და პაა სუსპენზიაზე წყლის ზემოქმედების შედეგად წარმოიშობა ბიფაზური სისტემა, რომელიც გამოირჩევა დროში მაღალი მდგრადობით. თიხის ნაწილაკების, პელ მოლეკულების ან წყლის ტრანსპორტი ფაზების გაყოფის ზღვარზე არ წარმოებს.

ასეთი ხსნარების შრობის პროცესში წარმოებს სისტემიდან წყლის თანდათანობითი განდევნა და სრული გაუწყლოვანების შემთხვევაში ახალი ტიპის ორკომპონენტიანი სისტემის წარმოქმნა, რომლის თვისებები განსხვავდება საწყისი ბიფაზური სუსპენზიის თვისებებისაგან.

წყლის თანდათანობითი განდევნა კოლოიდური ნაწილაკების ფარდობითი მოწესრიგების შენარჩუნებისას იწვევს განსაზღვრული ატომების ჯგუფების მოწესრიგებულ დაახლოებას. მათ შორის წარმოიქმნება საკმაოდ ძლიერი არავალენტური

ურთიერთქმედებები, რომლებიც აფიქსირებს სტრუქტურებს. შედეგად მიიღება ახალი მასალა, რომელშიც ზემოთ აღწერილი სტრუქტურის კოლოიდური ნაწილაკები შეკრულია პოლიმერული ჯაჭვის კონტაქტური ურთიერთმოქმედებით. მიღებული მასალა ისრუტავს წყალს გაჯირჯვების კონტაქტების რღვევის გარეშე.

გამოშრობის შედეგად მიღებული მყარი პროდუქტი (მასალა) ხასიათდება ახალი და საინტერესო თვისებებით, რომლებიც მკვეთრად განსხვავდება საწყისი სუსპენზიის თვისებებისაგან. მიღებული პროდუქტი ხასიათდება მაღალი გაჯირჯვების უნარით (5000%-მდე), შესაბამისი წყლის რაოდენობის მობილიზაციით, მექანიკური სიმტკიცით მყარ მდგომარეობაში და ელასტიურობით გაჯირჯვებულ მდგომარეობაში. გაჯირჯვებისას ინარჩუნებს პირველად ფორმას, ინტენსიური მორევისას პოლიმერი არ გადადის თხევად ფაზაში, ვინაიდან მჭიდროდ არის შეკრული თიხასთან. ზემოთ მოყვანილის საფუძველზე ტექნოლოგიური პროცესებისათვის შერჩეული იყო პელ 0.5% კონცენტრაცია და მუშა სუსპენზიაში შემავალი ინგრედიენტების კონცენტრაციები და რაოდენობა:

- ბენტონიტი – 20% სუსპენზია, 200გრ/ლ;
- პოლიელექტროლიტი – 0.5% ხსნარი, 0.125% გრ/ლ.

**დასკვნა**

ჩატარებული კვლევების შედეგად, საქართველოს ბენტონიტური თიხების (ასკანგელი) ბაზაზე შექმნილია სრულიად ახალი პოლიმინერალური კომპოზიტი, რომელსაც მისი უნიკალური თვისებების გამო დიდი პერსპექტივები გააჩნია სხვადასხვა სფეროში მრავალი ამოცანის გადაწყვეტისათვის და მათ შორის, ნიადაგ-გრუნტების თვისებების გაუმჯობესებისათვის (ცხრ. 3).

ცხრილი 3

დასახელება	გაჯირჯვება,%	გაჯირჯვების დრო, სთ	გამოშრობის დრო (20°C) სთ	მდგომარეობა შრობის შემდეგ
ბენტონიტი	26.0-30.0	48.0	20.0	ბზარები, გაშრევა
გალელებული მონტმორილუზიტი	30.0-35.0	50.0	24.0	ბზარები, გაშრევა
კომპოზიტი	4000-5000	16.0	120.0	საწყისი მდგომარეობა

მიღებული კომპოზიტი მდგრადია ქიმიური, მიკრობიოლოგიური, რადიაციული და ტემპერატურული (-40°C + +100°C) ზეგავლენების მიმართ.

**ლიტერატურა**

1. იტრიაშვილი ლ. მრავალმიზნობრივი პოლიმინერალური კომპოზიტი (მიღების და გამოყენების ტექნოლოგიები), მეცნიერება, თბილისი, 2008, 85 გვ.
2. იტრიაშვილი ლ. ნიადაგგრუნტების თვისებების მიზნობრივი მართვა, მონოგრაფია, მეცნიერება, თბილისი, 2005, 323 გვ.

ნიადაგბრუნების თვისებების მართვა პოლიკომპლექსის გამოყენებით

ლევან იტრიაშვილი, ხათუნა კიკნაძე, ელენე ხოსროშვილი,  
მარინე შავლაყაძე, ქეთევან დადიანი  
E-mail: khkiknadze@mail.ru

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

**შუსაგალი**

ნიადაგ-გრუნტებში, როგორც ნებისმიერ დისპერსული კოლოიდურ სისტემებში, მიმდინარე პროცესები, მათ შორის პოლიკომპლექსებსა და გრუნტების ზედაპირებს შორის ურთიერთქმედება, მიმდინარეობს ფაზების გამყოფ ზედაპირზე. ამიტომ საკითხის განსაზღვრისათვის გამოყენებული იქნა ადსორბციული პროცესების შემსწავლელი მეთოდები, კერძოდ, წყლისა და წყლის ორთქლის ადსორბციის, ელექტროკინეტიკური პოტენციალის პლასტიკური სიმკვრივისა და წებოვნების შემსწავლელი მეთოდები [1]. პოლიკომპლექსის სახით გამოყენებული იყო ტექნიკური ლიგნინებისა და კარბამიდული ფისებისაგან ჩვენ მიერ მიღებული ახალი მრავალფუნქციური მელიორანტი სსბმ-ი [1, 2].

**პირითაღი ნაწილი**

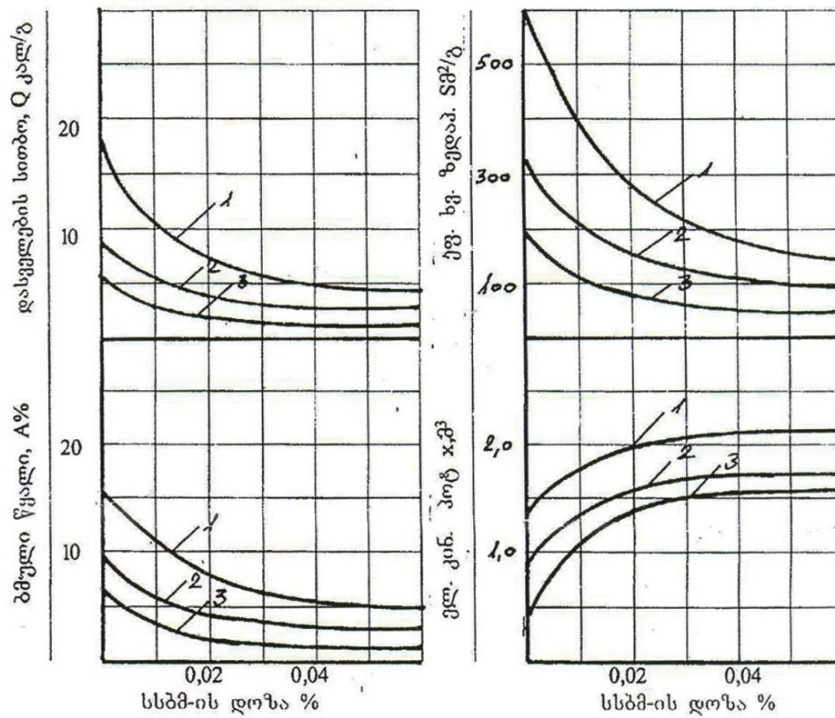
დასველების სიბოლო რეალურად ასახავს მინერალური ნაწილაკების ზედაპირების მიერ წყლის შებმისა და შეკავების უნარს და, შესაბამისად, ჰიდროფილობის ხარისხს.

გამომდინარე იქიდან, რომ დასველების სიბოლოს მაქსიმალური რაოდენობა გამოიყოფა წყლის პირველი მონომოლეკულარული შრის მიერთების მომენტში, შეიძლება გაკეთდეს ლოგიკური დასკვნა, რომ მონომოლეკულარული ჰიდროფობული შრე სსბმ-ის ადსორბციის შედეგად წარმოიქმნება ქვიშნარებში – 0,03-0,04%, თიხნარებში – 0,04-0,05%, თიხებში – 0,06-0,07% დოზებისას (ნახ.1).

ამას ადასტურებს გრუნტების ელექტროკინეტიკური პოტენციალის კვლევის შედეგებიც.

ნახ. 1-ზე მოყვანილი მრუდები ნათლად მიუთითებს ელექტროკინეტიკური პოტენციალის მაქსიმალური მნიშვნელობებისა და დასველების სიბოლოს შედეგად მიღებული მონაცემების სრულ შესაბამისობას.

იდენტური სურათია მიღებული გრუნტებზე წყლის ორთქლის ადსორბციის კვლევების შედეგად (ცხრილი 1) ადსორბციულ იზოთერმებზე (ნახ. 2) მკვეთრად გამოხატული გისტერეზისი – იზოთერმების ადსორბციული ტოტები მთავრდება გისტერეზისის დასაწყისისათვის ( $P/P_s=0,5$ ), შემდგომ კი მიმდინარეობს კაპილარული კონდენსაციით გამოწვეული პოლისორბცია, რომელიც ასევე მთავრდება  $P/P_s=0,5$  დროს, ე.ი. წყლის ადსორბციული მონომოლეკულარული შრის მიღწევისას. ამიტომ წებოვნების მახასიათებლები ასახავს გრუნტების ჰიდროფილობის მდგომარეობას და, კერძოდ, მათზე პოლიკომპლექსის სსბმ-ის მოქმედების ხარისხს.

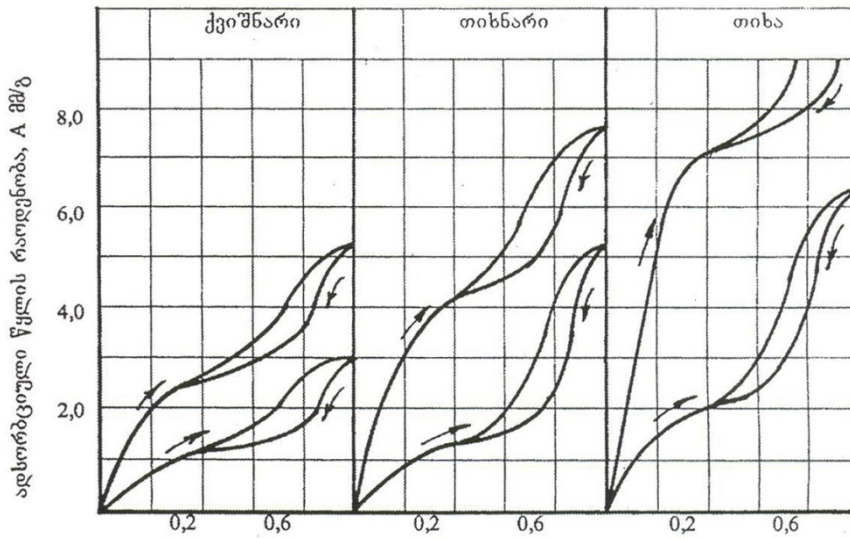


ნახ.1. გრუნტების ენერგეტიკული მახასიათებლების დამოკიდებულება სსბმ- დოზისაგან  
1 – თიხა, 2 – თიხნარი, 3 – ქვიშნარი.

ცხრილი 1

სსბმ-ით დამუშავებულ გრუნტებში ადსორბირებული წყლის რაოდენობა გაზომილი ორთქლის ფარდობითი წნევის P/Ps დროს და დასველების სიბოს განსაზღვრით

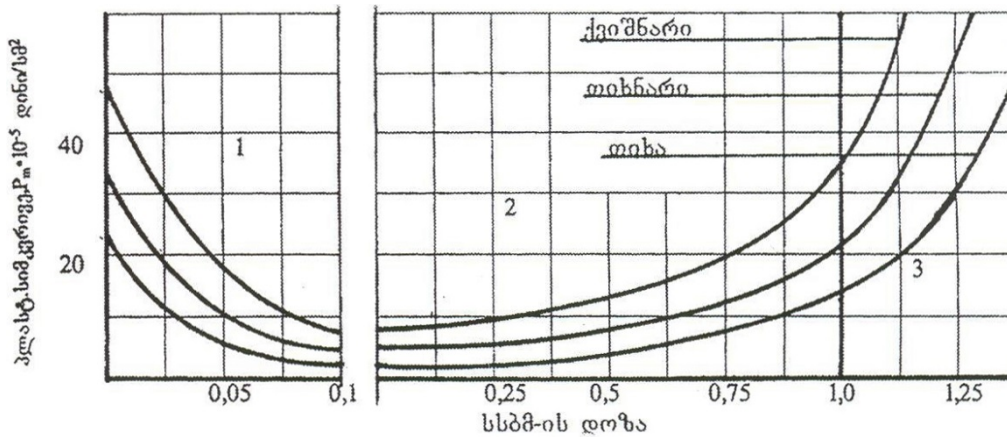
სსბმ-ის დოზა %	ადსორბ. წყლის რაოდენობა P/Ps = 0,5 დროს, მმ/გ					
	ქვიშნარი		თიხნარი		თიხა	
	ორთქლის ადს.	დასვ. სიბო	ორთქლის ადს.	დასვ. სიბო	ორთქლის ადს.	დასვ. სიბო
0.0	2.76	2.88	4.67	4.82	8.46	8.72
0.01	1.59	1.66	2.62	2.75	6.32	6.51
0.02	1.28	1.35	2.43	2.58	3.88	4.05
0.03	1.18	1.24	1.89	2.05	3.21	3.31
0.04	1.18	1.24	1.58	1.68	2.44	2.63
0.05	1.15	1.21	1.56	1.67	2.33	2.47
0.06	1.15	1.21	1.52	1.63	2.18	2.31
0.07	1.15	1.21	1.52	1.63	2.08	2.25
0.08	1.15	1.21	1.52	1.63	2.08	2.25
0.09	1.15	1.21	1.52	1.63	2.08	2.25



ნახ. 2. წყლის ორთქლის ადსორბციის იზოთერმები

წებოვნების მკვეთრი დაცემა მიმდინარეობს სსბმ-ის დოზის 0,1%-მდე, ანუ თავდება გრუნტის ზედაპირზე პოლიკომპლექსის მონომოლეკულარული შრის ფორმირებისთანავე.

ვინაიდან სსბმ-ის მოლეკულების ქემოსორბცია გრუნტების თიხოვან ნაწილაკების ზედაპირზე მკვეთრად ცვლის მათ ენერგეტიკულ სიმძლავრეს და ზრდის ჰიდროფობულობას, ცხადია რომ შესაბამისად იზრდება მათი პლასტიკური სიმკვრივე, რასაც ადასტურებს მოყვანილი პლასტიკური სიმკვრივის კვლევების შედეგები (ნახ. 3).



ნახ. 3 პლასტიკური სიმკვრივის დამოკიდებულება სსბმ-ის დოზებისაგან მაქსიმალური წყალშთანთქმის დროს.

1 – ჰიდროფობიზაცია, 2 – აგრეგირება, 3 – გამაგრება.

ჰიდროფობიზებული გრუნტების თვისებების კვლევების შედეგები მოყვანილია ცხრილში 2.

ჩატარებული კვლევების შედეგების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ სსბმ-ის გარკვეული დოზების ფარგლებში მიმდინარეობს გრუნტების ნაწილაკების ზედაპირების თანდათანობითი ადსორბციული გაჯერება პოლიკომპლექსის მოლეკულებით მთლიანი მონომოლეკულარული ჰიდროფობური შრის ჩამოყალიბებამდე. ეს პროცესი ქვიშნარებში მიმდინარეობს სსბმ-ის 0.03-0.04%, თიხნარებში 0.04-0.05%, თიხებში 0.07-0.08% დოზების ფარგლებში, რის შედეგადაც აღნიშნული გრუნტები იძენს მკვეთრად გამოხატულ



ჰიდროფობულ თვისებებს. ზემოთ მოყვანილი დოზები წარმოადგენს ერთგვარ ზღვარს, როდესაც გრუნტის ნაწილაკების ზედაპირებზე პრაქტიკულად მთავრდება მონომოლეკულარული ადსორბციის პროცესი.

ცხრილი 2

ჰიდროფობიზირებული გრუნტების თვისებები

სსბმ დოზა	ხანგრძლივ. დღე	მმწ %	წყალ შთანთქმა %	კაპილ. წვევა. მმ	პლასტ. სიმკვრ. Pm10 <sup>5</sup> დინ/სმ <sup>2</sup>	გაჯირჯევა %	Pn10 <sup>-n</sup> სმ/წმ			
							I =1.0	I=1.5	I=2.0	I=2.5
<b>ქვიშნარი</b>										
0.0	30	11.0	23.5	200.0	23.0	0.0	3.4 · 10 <sup>-3</sup>	-	-	-
0.03	1	6.5	14.2	0.0	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4 · 10 <sup>-5</sup>
	30	6.3	15.0	0.0	10.1	0.0	0.0	0.0	7 · 10 <sup>-5</sup>	6 · 10 <sup>-5</sup>
	360	6.0	15.5	0.0	11.7	0.0	0.0	3 · 10 <sup>-5</sup>	6 · 10 <sup>-5</sup>	4 · 10 <sup>-5</sup>
<b>თიხნარი</b>										
0.0	30	20.0	35.3	200.0	31.0	6.6	4.2 · 10 <sup>-4</sup>	-	-	-
0.04	1	11.3	23.4	2.5	15.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	30	11.8	24.0	2.5	15.2	3.2	0.0	0.0	7 · 10 <sup>-6</sup>	5 · 10 <sup>-5</sup>
	360	14.6	25.8	3.5	16.0	3.5	0.0	8 · 10 <sup>-7</sup>	5 · 10 <sup>-6</sup>	4 · 10 <sup>-5</sup>
<b>თიხა</b>										
0.0	30	28.0	54.2	200.0	45.0	26.0	2.5 · 10 <sup>-6</sup>	-	-	-
0.07	1	15.8	36.4	4.2	22.8	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	30	16.2	36.2	4.8	23.0	14.8	0.0	0.0	8 · 10 <sup>-7</sup>	4 · 10 <sup>-6</sup>
	360	17.5	37.7	6.0	24.2	15.0	0.0	3.8 · 10 <sup>-8</sup>	4 · 10 <sup>-7</sup>	3 · 10 <sup>-6</sup>

სსბმ-ით ჰიდროფობიზირებულ გრუნტებში მკვეთრად მცირდება მაქსიმალური მოლეკულური წყალტევადობა, წყალშთანთქმის უნარი, პლასტიკური სიმკვრივე. პრაქტიკულად არ არის წყლის კაპილარული გადაადგილება და გაჯირჯევა, I=1.0 ტოლის გრადიენტის პირობებში მათ ახასიათებს აბსოლუტური წყალგაუმტარობა. შექმნილი ჰიდროფობული თვისებები გამოიწვევა ხანგამძლეობით და მდგრადია ტემპერატურული (+50°C – -30°C) ზეგავლენების მიმართ.

სსბმ-ის დოზის გაზრდისას გრუნტსა და პოლიკომპლექსს შორის ურთიერთქმედება გამოიხატება კოაგულაციური პროცესების განვითარებით, ნაწილაკების გამსხვილებითა და აგრეგატების ჩამოყალიბებით, მათ ზედაპირებზე ადსორბირებულ მოლეკულებს შორის პოლიკომპლექსის ე.წ. “ზედმეტი” მოლეკულებისაგან შემდგარი “ხიდების” საშუალებით. წარმოქმნილ აგრეგატებს აქვს მაღალი წყალმდგრადობა, რაც განპირობებულია პოლიკომპლექსის მოლეკულებს შორის არსებული მდგრადი ქიმიური კავშირებით. აგრეგირების პროცესი მიმდინარეობს ქვიშნარებში 0.06-0.6%, თიხნარებში 0.08-0.7% და თიხებში 0.1-1.0% დოზების ფარგლებში, თავის ოპტიმუმს კი აღწევს შესაბამისად 0.6, 0.7 და 1.0% დოზებისას.

ცხრილში 3 მოყვანილია გასტრუქტურებული გრუნტების მახასიათებლები და მათი ცვლილება დროში. მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ თიხნარებსა და თიხებში სსბმ-ის შეტანის შედეგად ყალიბდება მკვეთრად გამოხატული აგრეგატული სტრუქტურა: >2.0 მმ ზომის აგრეგატების შემცველობა იზრდება 4-6-ჯერ და 540 დღის შემდეგ შეადგენს თიხნარებში 67%, თიხებში კი – 76%.

ცხრილი 3

სსბმ-ით გასტრუქტურებული გრუნტების მახასიათებლები და მდგრადობა დროში

გრუნტი	სსბმ-ის ღოზა	1 დღე	30 დღე	90 დღე	180 დღე	360 დღე	540 დღე
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>წებოვნება <math>\mu</math> <math>10^{-5}</math> გ/სმ<sup>2</sup></b>							
თიხნარი	0.0	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8
	0.5	8.1	8.7	9.8	10.6	11.2	12.6
თიხა	0.0	35.2	35.2	35.2	35.2	35.2	35.2
	1.0	9.2	10.5	11.4	12.8	14.2	14.3
<b>გაჯირჯევა</b>							
თიხნარი	0.0	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
	0.5	3.2	3.2	3.4	3.4	3.5	3.5
თიხა	0.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
	1.0	14.3	14.8	14.8	15.0	15.0	15.2
<b>&gt;2.0მმ აგრეგატების შემცველობა, %</b>							
თიხნარი	0.0	32.2	27.7	25.1	23.4	20.3	16.8
	0.5	86.4	82.9	81.3	74.7	69.0	67.2
თიხა	0.0	36.5	32.0	26.0	22.0	16.0	14.0
	1.0	88.0	87.0	86.0	83.0	80.0	76.0
<b>მოცულობითი მასა, გ/სმ<sup>2</sup></b>							
თიხნარი	0.0	0.8	1.03	1.12	1.21	1.3	1.3
	0.5	0.8	0.9	0.95	0.99	1.04	1.06
თიხა	0.0	0.8	10.5	1.16	1.27	1.36	1.38
	1.0	0.8	0.86	0.97	1.05	1.07	1.10
<b>ფორიანობა, %</b>							
თიხნარი	0.0	70.0	61.4	58.0	54.6	51.3	51.3
	0.5	70.0	66.3	64.4	63.0	61.0	60.3
თიხა	0.0	70.0	61.5	57.5	53.4	50.0	49.4
	1.0	70.0	68.5	64.5	61.5	60.8	59.7
<b>ფილტრაციის კოეფიციენტი, <math>A \cdot 10^{-n}</math>, სმ/წმ</b>							
თიხნარი	0.0	$3 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$
	0.5	$3 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
თიხა	0.0	$4 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$
	1.0	$3 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
<b>მაქსიმალური მოლეკულური წყალტევადობა, %</b>							
თიხნარი	0.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
	0.5	11.3	11.8	12.1	12.6	13.7	14.6
თიხა	0.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
	1.0	15.8	16.2	16.5	16.8	7.2	17.5
<b>წყალშთანთქმა, %</b>							
თიხნარი	0.0	35.3	35.3	35.3	35.3	35.3	35.3
	0.5	23.4	24.0	24.5	25.0	26.2	26.8
თიხა	0.0	54.2	54.2	54.2	54.2	54.2	54.2
	1.0	36.4	36.2	36.8	37.0	37.7	38.1

ცხრილში 4. მოყვანილი გასტრუქტურებული თიხის აგრეგატული შემადგენლობის მონაცემები მეტყველებს სსბმ-ის მაღალ მასტრუქტურებელ უნარზე და მიღებული

ეფექტის მაღალ მდგრადობაზე.

სსბმ-ის დოზების შემდგომი გაზრდა იწვევს უკვე წარმოქმნილი აგრეგატების ერთმანეთთან შეკვრას გრუნტის მთელ მოცულობაში და მთლიანი მონოლითური, მაღალი მექანიკური სიმტკიცის მქონე წყალგამძლე და ხანგამძლე პოლიმერგრუნტის სისტემის ჩამოყალიბებისას (ცხრილი 5). უნდა აღინიშნოს, რომ გრუნტების მექანიკური სიმტკიცე მჭიდრო კავშირშია მათი სსბმ-ით დამუშავების შემდეგ დატკეპნის ხარისხთან.

**ცხრილი 4**

**სსბმ-ით გასტრუქტურებული თიხის აგრეგატული შემადგენლობა და მდგრადობა დროში**

სსბმ-ის დოზა %	ხანგრძლივობა, დღე	აგრეგატული შემადგენლობა, %		
		< 2.0მმ	2.0 – 5.0მმ	> 5.0მმ
0.0	საწყისი	0.0	81.5	18.5
	30	96.6	3.4	0.0
	360	97.0	3.0	0.0
1.0	საწყისი	0.0	57.9	42.1
	30	12.6	49.2	38.7
	90	13.2	51.6	35.2
	180	15.3	53.9	30.8
	240	18.6	56.3	25.1
	360	23.4	53.1	23.5
	540	24.2	53.5	22.3

მაქსიმალური მექანიკური სიმტკიცე მიიღწევა ქვიშებში 3.0%, ქვიშნარებში- 4.0% და თიხნარებში- 5.0% დოზირებისას. შემდგომი გაზრდა არ ახდენს სერიოზულ გავლენას გრუნტების სიმტკიცეზე.

**ცხრილი 5**

**გამაგრებული გრუნტების მექანიკური სიმტკიცე და მისი მდგრადობა დროში**

გრუნტი	სსბმ-ის დოზა %	ტენიანობა %	სიმტკიცე კუმშვის დროს, გ/სმ <sup>2</sup>			
			1 დღე	30 დღე	120 დღე	360 დღე
ქვიშა	3.0	მშრ.	84.0	83.0	83.0	82.0
		გაჯერებ.	62.0	60.0	58.0	57.0
ქვიშნარი	4.0	მშრ.	75.0	73.0	71.0	71.0
		გაჯერებ.	58.0	56.0	54.0	53.0
თიხნარი	5.0	მშრ.	62.0	60.0	58.0	57.0
		გაჯერებ.	40.0	38.0	36.0	36.0

პოლიკომპლექსის ნიადაგ-გრუნტებში თანაბარზომიერი განაწილებისათვის საჭირო მინიმალური რაოდენობა შეადგენს 10 ლიტრს ერთ კვადრატულ მეტრზე. ამიტომ იმ შემთხვევაში, როდესაც სსბმ-ის შესატანი დოზა 10 ლიტრზე მცირეა, საჭიროა მისი გაზრდა შესაბამისი რაოდენობის წყლის დამატებით. პოლიკომპლექსის ხსნარის კონცენტრაციის შემცირება არ ახდენს გავლენას მისი მოქმედების ეფექტიანობაზე.

ყოველივე ზემოთ მოყვანილის საფუძველზე დადგენილი იყო გამოყენების ყველა მიმართულებისა და გრუნტებისათვის ოპტიმალური შედეგის უზრუნველმყოფი დოზები (ცხრილი 6).



სსბმ-ის ოპტიმალური დოზები

სახე	სსბმ-ის შემცველობა	ქვიშა	ქვიშნარი	თიხნარი	თიხა
ჰიდროფობიზაცია	% გრუნტის წონიდან	-	0.03	0.04	0.07
	ხსნარი კგ/მ <sup>3</sup>	-	0.30	0.40	0.73
	მშრალი კგ/მ <sup>3</sup>	-	0.036	0.048	0.84
	დასამატებელი წყალი, ლ/მ <sup>3</sup>	-	9.70	9.60	9.30
	სსბმ-ის ხსნარის კონც., %	-	0.36	0.48	0.84
გასტრუქტურება	% გრუნტის წონიდან	-	0.30	0.50	1.00
	ხსნარი კგ/მ <sup>3</sup>	-	3.00	5.00	10.0
	მშრალი კგ/მ <sup>3</sup>	-	0.36	0.60	1.20
	დასამატებელი წყალი, ლ/მ <sup>3</sup>	-	7.00	5.00	-
	სსბმ-ის ხსნარის კონც., %	-	3.6	4.8	12
გამაგრება	% გრუნტის წონიდან	3.0	4.0	5.0	-
	ხსნარი კგ/მ <sup>3</sup>	30.0	40.0	50.0	-
	მშრალი კგ/მ <sup>3</sup>	3.6	4.8	6.0	-
	დასამატებელი წყალი, ლ/მ <sup>3</sup>	-	-	-	-
	სსბმ-ის ხსნარის კონც., %	12.0	12.0	12.0	-

დასკვნა

ზემოთ მოყვანილიდან გამომდინარე შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ სსბმ-ის ნიადაგბრუნტებში შეტანის რაოდენობის რეგულირებით შესაძლებელია მათი თვისებების მიზნობრივი რეგულირება შემდეგი მიმართულებით: ჰიდროფობიზაცია, გასტრუქტურება და გამაგრება.

ლიტერატურა

1. იტრიაშვილი ლ. ნიადაგბრუნტების თვისებების მიზნობრივი მართვა. მონოგრაფია, მეცნიერება, თბილისი, 2005, გვ. 322.
2. იტრიაშვილი ლ. ნიადაგგამაუმჯობესებელი პოლიკომპლექსის მიღების ხერხი. პატენტი P3661, 2005.

**შორ მანძილზე ენერგიის გადაცემა წყალბადის გამოყენებით**

კონსტანტინე კამკამიძე, იულიონ გაბრიჩიძე, ეკატერინე გვარამია

1) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მ. კოსტავას ქ. №77, ქ. თბილისი, საქართველო

**შესავალი**

ცნობილია წყალბადის მიღების თანამედროვე მეთოდები, წყალბადის შენახვისა და ტრანსპორტირების საშუალებანი. აგრეთვე მისი გამოყენების ძირითადი მიმართულებები, ასევე ენერგეტიკული და ტექნიკურ - ეკონომიკური პერსპექტივები წყალბადის ტექნოლოგიებზე გადასვლაზე [1]. შესწავლილია უსაფრთხოების ტექნიკის საკითხები წყალბადის საწარმოებში. ეს ეკოლოგიურად სუფთა ნედლეული უნდა იყოს სწორად გამოყენებული მიზნობრივი მიმართულებით, მაგ. ელექტრო-ენერგეტიკაში. დაფუძნებული ელექტრო-ენერგეტიკული სისტემით დანაკარგები 5-13 ჯერ მაღალია ვიდრე დანაკარგები, რომლებიც გამოწვეულია ბუნებრივი აირის ან წყალბადის სისტემის გამოყენების დროს. დატვირთვის ზრდის დროს ელექტროქსელების მოქნილი ცვლილება შეუძლებელია, ხოლო აირის ქსელში ეს არ იწვევს სერიოზულ გართულებას. ამავე დროს, აირმომარაგების სისტემების მართვა უფრო მარტივი და მსუბუქია ვიდრე ელექტრომომარაგების ქსელებისა.

ევროპის ქვეყნების პირობებისათვის აირმომარაგების ქსელები მუშაობენ დაბალ დაწნევაზე, რომელიც მართებულია ხაზობრივი დამოკიდებულებით წნევის დავარდნისა და მანძილის შორის. დაკვირვებებმა აჩვენა, რომ დაბალი წნევით წარმოშობული კუმშვადობა შეიძლება იყოს უგულვებელყოფილი და მიღებში გატარებული იქნება ერთნაირი რაოდენობის აირი და წყალბადი [2]. აქ მნიშვნელოვანია, რომ დანაკარგები, მაგალითად, წყალბადის ტრანსპორტირების დროს ენერგიის გადაცემის დროს კარგვებთან შედარებით ბევრად ნაკლებია.

**ძირითადი ნაწილი**

ელ. ენერგიის გადაცემის დროს კარგვები, როგორც ცნობილია, 6-8% წარმოადგენს. ამიტომ მიზანშეწონილია აირის გადაცემა მოხდეს შორ მანძილზე და შემდეგ, ამ აირის გარდაქმნა ელექტროენერგიად [3].

ცხრილი 1

**ხარჯები ენერგიის სხვადასხვა ფორმირებით ტრანსპორტირებაზე**

ტრანსპორტის სახეობა	სიმძლავრე $1,055 \cdot 10^{12}$ ჯ/დღ	ტრანსპორტირების ღირებულება, ცენტები $(1,055 \cdot 10^6$ ჯ/160 კმ)
მილსადენიანი:		
ბუნებრივი აირი	1,5	1,5 – 2,0
გათხევადებული აირი	0,5	1,5 – 3,0
ელექტრობა	0,1	7,0 – 14,0

წყალბადის სასარგებლო შესაძლებლობები უნდა იყოს გამოყენებული ელექტროენერგეტიკაში. წყალბადი არის ეკოლოგიურად სუფთა ნედლეული. ეს უპირატესობა ამჟამად ძალიან აქტუალურია, როდესაც ატომური ელექტროსადგურების მიერ შექმნილია დიდი საფრთხე: არასწორი ექსპლუატაციის დროს რადიოაქტიური გამოსხივება, აგრეთვე მიწისძვრების დროს სადგურის ნგრევის შესაძლებლობა და ა.შ. ამჟამად, სადაც წყლის რაოდენობა მცირეა, ინერგება აირტურბიანი მოწყობილობები.

მიწოდებული წყალბადის დაგროვების შესაძლებლობა ტოლფასია ელექტროენერჯის აკუმულირებისა, ამიტომ წყალბადის მიწოდება იქნება სასარგებლო სახელმწიფოს განვითარებისა და მისი მოსახლეობის კეთილდღეობის საქმეში ელექტროენერჯის დეფიციტით და პიკური სიმძლავრის პერიოდებში.



ნახ.1. მილსადენით წყალბადის გადაცემის ტრასა

წყალბადის მილსადენით ტრანსპორტს გააჩნია ელექტროენერჯის გადაცემასთან შედარებით კიდევ ის უპირატესობა, რომ ადვილია მისი დაგროვება და შენახვა მიწისქვეშა და მიწისზედა საცავებში წნევის ქვეშ და გადაცემა აირგამტარებით განსაზღვრულ დროსა და დოზირებული რაოდენობით [4].

**დასკვნა**

თხევადი წყალბადის გამოყენების მეშვეობით მიღებულ ელ-ენერჯიას აქვს უპირატესობები:

1. ელ-ენერჯიის მომხმარებელთან ადგილზე მიღების დროს 3-5-ჯერ იაფდება დანახარჯები იმასთან შედარებით, რამდენიც ესაჭიროება ელ-გადამცემი ხაზებით რამდენიმე ათას კმ-ზე მომხმარებელზე მიწოდებულ ენერჯიას.

2. რამდენიმე ათას კმ-ზე თხევადი წყალბადის მილსადენით მიყვანით (მაგ. აფრიკაში) გაზის ელ-სადგურების გამოყენებით თხევადი წყალბადის მთავარ მომხმარებელთან მიყვანის შედეგად უფრო რენტაბელური, ეფექტური და ეკონომიური იქნება იმათაც, რომ რამდენიმე ათას კმ-ზე ელ-გადამცემ ხაზებში დანაკარგებიც არ იქნება, გარდა ელ-ენერჯისა. ეს მოყვანილი წყალბადი შეიძლება გამოყენებული იქნეს სოფლის მეურნეობაში, მეტალურგიაში, კომუნალურ მეურნეობებში, ავტომანქანებში, თვითმფრინავებში, რაკეტულ და სხვა დარგებში, მიწისზედა ტრანსპორტში, როგორც სტრატეგიული ნედლეული.
3. მიწოდებული წყალბადის დაგროვება - ეს იგივე ელ-ენერჯის აკუმულირებაა, რომელსაც დიდი მნიშვნელობა აქვს სახელმწიფოს განვითარებისა და მისი მოსახლეობის კეთილდღეობის საქმეში - ელ-ენერჯის დეფიციტის და პიკური სიმძლავრეების მოთხოვნების პერიოდებში.
4. წყალბადის დაგროვებას თავისი საცავეებით იგივე მნიშვნელობა ექნება, როგორც წყალსაცავეებს.

### ლიტერატურა

1. **Гамбург Д.Ю., Дубовкина Н.Ф.** Справочник. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение. М. Химия 1989.
2. **Горшков В.Г., Дольник В.Р.** Успехи физических наук. 1980. Т 131, №3, стр 441-478.
3. **Черников А.С., Фазеев В.Н., Бабин В.И.** Атомно водородная энергетика и технология. М. 1980 стр 248-267.
4. **Коршан А.А., Нечваль А.М.** Трубопроводный транспорт нефти, нефтепродуктов и газа. Уфа. Дизайн полиграф Сервис, 2005.

**ხუდონის წყალსაცავში წყლის ხარისხისა და ევტროფიკაციული პროცესების პროგნოზირება**

**დავით კერესელიძე, ვაჟა ტრაპაიძე, გიორგი ბრეგვაძე**

**E-mail: [davitkereslidze@yahoo.com](mailto:davitkereslidze@yahoo.com); [v.trapaidze@yahoo.com](mailto:v.trapaidze@yahoo.com)**

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ი. ჭავჭავაძის №1, ქ. თბილისი, საქართველო

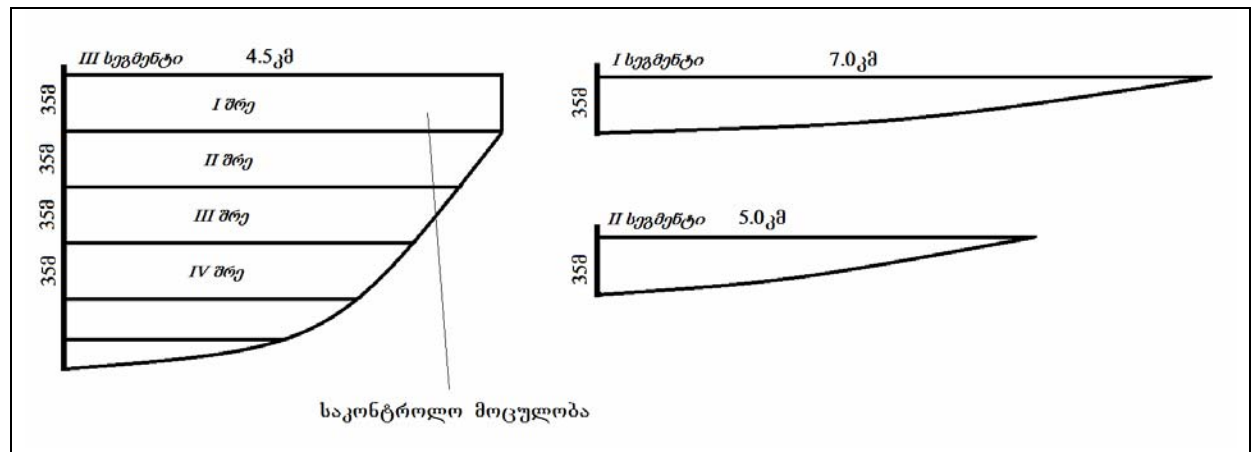
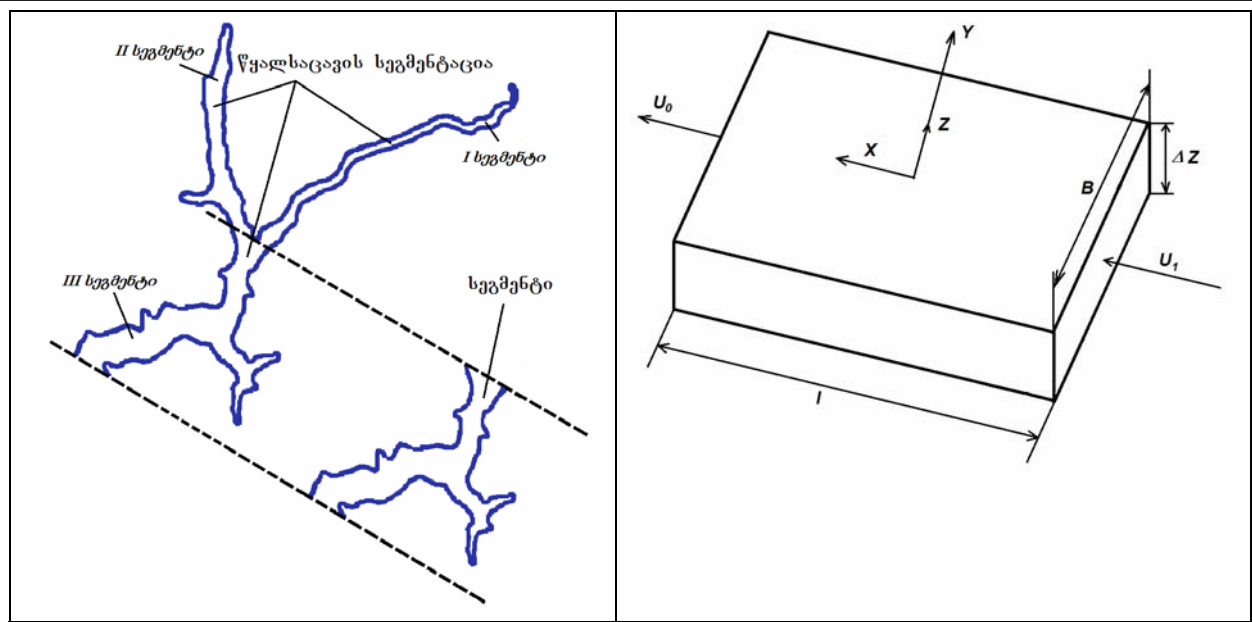
**შეჯამება**

ხუდონის ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობა ძალზე აქტუალურია ქვეყნის ენერგოდამოუკიდებლობის მისაღწევად, მაგრამ მისი მშენებლობისა და ექსპლუატაციის დროს აუცილებლად გასათვალისწინებელია წყალსაცავის მრავალმხრივი ზეგავლენა ბუნებრივ გარემოზე, რომელთა შორის მნიშვნელოვანია წყლის ხარისხი და ევტროფიკაციული პროცესები. ხუდონის ჰიდროელექტროსადგურის კომპლექსის მშენებლობა დაგეგმილია მდ. ენგურზე სოფ. ხაიშის მიდამოებში. ჰესის კაშხალი აგებული იქნება სოფ. ხაიშის ქვემოთ მდინარის დინების მიმართულებით დაახლოებით 4 კმ-ში და მდ. ენგურის არსებული კაშხლიდან ზემოთ, მდინარის დინების საწინააღმდეგო მიმართულებით დაახლოებით 34 კმ-ში, ბეტონის თაღოვანი კაშხლის სიმაღლე 200,5 მ, წყალსაცავის მთლიანი მოცულობა ნორმალური შეტვირთვის დონეზე 64,5 მლნ მ<sup>3</sup>, მისი სარკის ფართობი 5.28 კმ<sup>2</sup>-ია.

ხუდონის წყალსაცავის ჰიდროქიმიური რეჟიმის პროგნოზირებას დიდი მნიშვნელობა აქვს წყალსაცავის ეფექტური ფუნქციონირებისათვის. წყალსაცავის ჰიდროქიმიური რეჟიმის ცვალებადობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: ტემპერატურაზე, საზრდოობის წყაროებზე, აუზის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ თავისებურებებზე, სამეურნეო გამოყენებაზე და სხვა.

**ძირითადი ნაწილი**

ხუდონის წყალსაცავის წყლის ხარისხის პროგნოზირებისათვის გამოვიყენეთ სეგმენტურ-შრეობრივი მეთოდი. ეს მოდელი დაფუძნებულია სისტემის მარტივ გეომეტრიულ წარმოსახვაზე. წყალსაცავის მთელი მოცულობა დაყოფილია სეგმენტებად (ნახ. 1), ასევე დანაწევრებულია ჰორიზონტალურ შრეებად და თითოეული შრისათვის სათანადო მათემატიკური მოდელის გამოყენებით გაანგარიშებულია წყლისა და ჰაერის ტემპერატურის, წყალში გახსნილი ჟანგბადის, ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნის, ნიტრატის აზოტის, ნიტრიტის აზოტის, ამონიუმის აზოტის, ფოსფატის, ასევე ძირითადი იონების და მინერალიზაციის რაოდენობრივი მაჩვენებლები.



ნახ 1. ხუდონის წყალსაცავის გეომეტრიული წარმოსახვა

**წყალში გახსნილი ჟანგბადის პროგნოზირება:** წყალში გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა დამოკიდებულია წყალსაცავში მიმდინარე იმ პროცესებზე, რომლებიც ამდირებენ წყალში ჟანგბადის შემცველობას.

წყალსაცავში ჟანგბადს წარმოქმნის წყალმცენარეების ფოტოსინთეზი, რომლის ინტენსიურობა დამოკიდებულია ტემპერატურასა და განათებაზე. ფოტოსინთეზი მიმდინარეობს შედარებით მცირე სიღრმეებზე, უმთავრესად წყლის ზედაპირზე, კარგად განვითარებულ და გამთბარ ფენაში. იგი წარმოადგენს წყალში გახსნილი ჟანგბადის მძლავრ წყაროს. ჟანგბადით წყლის გამდიდრების მეორე წყაროა ატმოსფერო, რომლიდანაც ჟანგბადი შეიძლება წყლის ზედა ფენებმა შთანთქოს. წყალში აირთა გავრცელების სინქარე გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე ჰაერში, ამიტომ წყალსაცავში ეს პროცესი მეტისმეტად ნელა მიმდინარეობს. ძლიერი ქარის დროს წყლის ჟანგბადით გაჯერების პროცესი მნიშვნელოვნად ჩქარდება.

წყლის ჟანგბადით გამდიდრებას თან ერთვის მისი ხარჯვა ისეთ ჟანგვით პროცესებზე, როგორცაა ორგანიზმების სუნთქვა, წყალსაცავში სხვადასხვა ორგანული ნივთიერებების ღპობა, აგრეთვე არაორგანული და აზოტის ნაერთების ჟანგვა. ჟანგბადის

**ხულონის წყალსაცავში წყლის ხარისხისა და ეპიტროფიკაციული პროცესების პრობნოზირება**

მნიშვნელოვანი რაოდენობა იხარჯება წყალში ორგანიზმების (პლანქტონის, მაკროფიტების, ბენტოსის, თევზების) სუნთქვის პროცესებზე.

როგორც საპროგნოზო გათვლებმა გვაჩვენა, ხულონის წყალსაცავში წყლის ტემპერატურისა და განათებულობის ცვლის შედეგად ჟანგბადის რაოდენობა განიცდის პერიოდულ სეზონურ რყევას. ამავდროულად, იგი იკლებს წყალსაცავის სიგრძის მიხედვით. როგორც გათვლები გვიჩვენებს მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა არის I სეგმენტში, ხოლო მინიმალური III სეგმენტის მეოთხე შრეში (№1).

**ცხრილი 1**

**წყალში გახსნილი ჟანგბადი მლგ/ლ**

	I სეგმენტი	II სეგმენტი	III სეგმენტი			
			I შრე	II შრე	III შრე	IV შრე
შემოდგომა	9.9	9.5	9.8	9.3	8.7	8.4
ზამთარი	11.2	11.0	10.9	9.6	9.2	8.1
გაზაფხული	10.1	9.8	9.7	9.4	8.9	8.2
ზაფხული	8.8	8.7	8.7	8.6	8.6	8.5

**ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნილება (ჟბმ):** საპროგნოზო წლიური სვლის ანალიზმა ხულონის წყალსაცავში გვაჩვენა, რომ მას აქვს მაქსიმუმი წყალდიდობის პერიოდში, როცა წყალსაცავი ივსება. სწორედ ამ პერიოდში ხულონის წყალსაცავის წყალშემკრებ აუზში ადგილი ექნება ეროზიულ პროცესებს, რომლის შედეგადაც წყალსაცავში მოხვდება ბიოგენური ელემენტების მოჭარბებული რაოდენობა. ეს უკანასკნელი კი განსაზღვრავს ჟბმ-ს რეჟიმს წყალსაცავში, მისი სიდიდე მერყეობს 1,29-დან 1,86-ის ფარგლებში, 1,86-ს იგი აღწევს ხულონის წყალსაცავის III სეგმენტის მეოთხე შრეში (ცხრილი 2.)

**ცხრილი 2**

**ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნა**

	I სეგმენტი	II სეგმენტი	III სეგმენტი			
			I შრე	II შრე	III შრე	IV შრე
შემოდგომა	1.45	1.32	1.41	1.46	1.54	1.57
ზამთარი	1.33	1.29	1.31	1.36	1.43	1.49
გაზაფხული	1.68	1.69	1.70	1.74	1.79	1.86
ზაფხული	1.53	1.51	1.51	1.56	1.63	1.68

**წყალსაცავში წყლის აქტიური რეაქცია (PH):** სუფთა წყალი ქიმიურად ნეიტრალური ნაერთია, მას თანაბრად ახასიათებს როგორც მჟაური, ისე ტუტე თვისებები. წყლის აქტიური რეაქცია (PH) დამოკიდებულია წყლის შემადგენლობაზე და მათ კონცენტრაციაზე, უმთავრესად კი წყალში გახსნილი ნახშირორჟანგის სხვადასხვა ფორმის თანაფარდობაზე. არსებითი გავლენა (PH)-ზე შეიძლება მოახდინოს იმ ფაქტორებმაც, რომლებიც წყალსაცავში ბიოლოგიური პროცესების ინტენსივობას განსაზღვრავს. თავის მხრივ წყალბადის იონების კონცენტრაცია დიდ გავლენას ახდენს წყალსაცავში მიმდინარე ბიოლოგიურ პროცესებზე, წყლის ფლორასა და ფაუნაზე. როგორც მცენარეულ, ისე ცხოველურ ორგანიზმებს შეუძლიათ წყალში იარსებონ (PH)-ის გარკვეული

მნიშვნელობების დროს. ხუდონის წყალსაცავში (PH)-ის ცვალებადობა სეზონური იქნება, იგი ცვალებადი იქნება შემდეგ დიაპაზონებში - მაქსიმალური იქნება შემოდგომაზე (8,3), ხოლო მინიმალური - ზამთარში (7.0).

**ბიოგენური ელემენტები:** ბიოგენური ელემენტებიდან ხუდონის წყალსაცავში აღსანიშნავია რკინა, ფოსფორი და აზოტის ნაერთები.

რკინა ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ბიოგენური ელემენტია, რომლის არსებობა წყალში აუცილებელია წყლის ცხოველების, ასევე მცენარეების ცხოველმოქმედებისათვის, რკინა ბუნებრივ წყლებში გვხვდება ქვეყანგისა და ჟანგის სახით. რკინის ქვეყანგი ჟანგში გადადის წყალში ჟანგბადის არსებობისას, ასევე (PH)-ის გაზრდის დროსაც, ხუდონის წყალსაცავში რკინის კონცენტრაციის საშუალო წლიური მნიშვნელობა დაახლოებით 1,15 მგ/ლ იქნება. წყალსაცავში რკინის კონცენტრაციის შედარებით მაღალი მაჩვენებელი განპირობებული იქნება მდინარე ენგურის წყალში რკინის მაღალი კონცენტრაციით.

ფოსფორი ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ბიოგენური ელემენტია. ხუდონის წყალსაცავში ზაფხულის პერიოდში ფოსფატების რაოდენობა ზედა ფენაში უფრო ნაკლებია, ვიდრე ქვედაში. ფოსფატების რაოდენობის ზრდა ერთ ლიტრზე რამოდენიმე მილიგრამამდე, როგორც წესი, წყალსაცავების დაბინძურებაზე მიუთითებს (ცხრილი 3).

ცხრილი 3

ფოსფორი მგ/ლ

	I სეგმენტი	II სეგმენტი	III სეგმენტი			
			I შრე	II შრე	III შრე	IV შრე
შემოდგომა	0.005 - 0.012	0.004 - 0.010	0.006 - 0.011	0.006-0.013	0.006-0.015	0.006-0.021
ზამთარი	0.006 - 0.028	0.005 - 0.022	0.007 - 0.024	0.007-0.028	0.007-0.031	0.007-0.034
გაზაფხული	0.010 - 0.012	0.009 - 0.010	0.010 - 0.041	0.010-0.043	0.010-0.042	0.010-0.047
ზაფხული	0 - 0.22	0 - 0.021	0-0.23	0-0.29	0-0.36	0-0.41

აზოტი ერთ-ერთი აუცილებელი და მნიშვნელოვანი ბიოგენური ელემენტია, მისი შემცველი ნივთიერებები ბუნებრივ წყალში სხვადასხვა ფორმით გვხვდება, ხუდონის წყალსაცავში ის წარმოდგენილია ამონიუმის აზოტად, ნიტრატად და ნიტრიტად.

გრუნტის წყლებში ამონიუმის იონები მიკროორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგად წარმოიქმნება, ზედაპირულ წყლებში კი ჩნდება მცირე რაოდენობით. მათი მოჭარბებული რაოდენობა ძირითადად შეინიშნება ზამთრისა და გაზაფხულის პერიოდში, ხოლო ზაფხულში მცენარეების მიერ მათი გამოყენების შედეგად - მცირდება (ცხრილი 4,5,6).

ცხრილი 4

ამონიუმის აზოტი  $NH_4$

	I სეგმენტი	II სეგმენტი	III სეგმენტი			
			I შრე	II შრე	III შრე	IV შრე
შემოდგომა	0.034-0.095	0.032-0.091	0.035-0.096	0.034-0.095	0.033-0.094	0.032-0.093
ზამთარი	0.013-0.30	0.013-0.30	0.014-0.30	0.013-0.29	0.012-0.28	0.011-0.27
გაზაფხული	0.03-0.11	0.03-0.12	0.03-0.012	0.03-0.011	0.03-0.11	0.03-0.10
ზაფხული	0.05-0.18	0.05-0.19	0.06-0.021	0.06-0.020	0.06-0.020	0.06-0.019



**ცხრილი 5**

**ნიტრიტის აზოტი  $NO_2$**

	I სეგმენტი	II სეგმენტი	III სეგმენტი			
			I შრე	II შრე	III შრე	IV შრე
შემოდგომა	0-0.026	0-0.024	0-0.023	0-0.022	0-0.021	0-0.018
ზამთარი	0.014-0.031	0.013-0.030	0.014-0.031	0.012-0.028	0.011-0.026	0.011-0.024
გაზაფხული	0.028-0.073	0.026-0.063	0.028-0.073	0.027-0.072	0.026-0.074	0.024-0.073
ზაფხული	0-0.016	0-0.015	0-0.017	0-0.016	0-0.015	0-0.012

**ცხრილი 6**

**ნიტრატის აზოტი  $NO_3$**

	I სეგმენტი	II სეგმენტი	III სეგმენტი			
			I შრე	II შრე	III შრე	IV შრე
შემოდგომა	0.200-1.250	0.150-1.100	0.100-1.350	0.100-1.300	0.100-1.250	0.100-1.200
ზამთარი	0-1.350	0-1.250	0-1.300	0-1.250	0-1.200	0-1.150
გაზაფხული	0.650-1.500	0.450-1.300	0.500-1.400	0.400-1.300	0.300-1.200	0.200-1.100
ზაფხული	0-1.250	0-1.150	0-1.200	0-1.150	0-1.100	0-1.050

მეტად მნიშვნელოვანია ხულონის წყალსაცავში ძირითადი იონებისა და მინერალიზაციის პროგნოზირება. წყალსაცავების ჰიდროქიმიური რეჟიმისათვის დამახასიათებელია წყლის შემადგენლობის თავისებურება დატბორვის პირველ ფაზაში, რომელიც გამოიხატება იმაში, რომ მდინარის გადაკეტვის შემდეგ იტბორება ხმელეთის დიდი ფართობი, რის შედეგადაც ნიადაგის ზედაპირიდან გადაირეცხება გახსნილი ორგანული და არაორგანული პროდუქტების მნიშვნელოვანი რაოდენობა. ამასთან ერთად იცვლება ჰიდროლოგიური პირობებიც (აორთქლება, ტემპერატურა, გრუნტის წყლებით საზრდობის ინტენსივობა), ყოველივე ამის გამო პირველ პერიოდში ხდება მინერალიზაციის ერთგვარი გაზრდა ნიადაგის მიერ შთანთქმული იონების გამორეცხვის ხარჯზე, აორთქლების ზრდაც იწვევს მინერალიზაციის გადიდებას.

შემდგომში ჰიდროქიმიური პროცესების ინტენსივობა დამოკიდებულია წყალსაცავის წყალშემკრები აუზის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებზე. წყლის ზედაპირის გადიდება და წყლის ტემპერატურის ზრდა განაპირობებს აორთქლების გაძლიერებას, რის გამოც წყალსაცავიდან წყლის გადენა იწვევს პერიოდულ ხასიათს, ან საერთოდ, წყდება, ამ შემთხვევაში იქმნება ქიმიური ელემენტების აკუმულაციისა და წყლის მინერალიზაციის ზრდის პირობები.

დიდ ფართობზე მცენარეული და ნიადაგური საფარის დატბორვას თან ახლავს, როგორც ორგანული ნივთიერებებით გამდიდრება, ასევე ბიოლოგიური პროცესების ინტენსიფიკაცია, რომელსაც ხელს უწყობს წყლის ზედა ფენების ტემპერატურის ზრდაც. ფოტოსინთეზის დროს, თუ ზედაპირულ ფენებში შეინიშნება ნახშირორჟანგის სრული გაქრობა და წყლის გამდიდრება ჟანგბადით, ღრმა ფენებში, პირიქით, ჟანგბადის შემცველობა შეიძლება მკვეთრად დაეცეს. ბიოგენური ელემენტების რაოდენობა იზრდება ბიოლოგიური პროცესების ინტენსივობასთან ერთად, ამასთან მათი შემცველობა მკვეთრად მერყეობს წლისა და დღე-ღამის განმავლობაში (ცხრილი 7).

ხულონის წყალსაცავის მინერალიზაციის და ძირითადი იონების მნიშვნელობები  
(მგ-ექვ/ლ)

	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Na + K</i>	<i>HCO<sub>3</sub></i>	<i>SO<sub>4</sub></i>	<i>Cl</i>	მინერალიზაცია
საშ	1.13	0.39	0.19	1.61	0.41	0.09	149.7
მაქს	1.77	0.61	0.71	2.23	0.59	0.23	198.9
მინ	1.04	0.17	0.06	0.99	0.12	0.05	101.2

**ეკტროფიკაციული პროცესები:** ავტორების მიერ შემუშავებული და წარმოდგენილია ეკტროფიკაციული პროცესების პროგნოზირების მათემატიკური მოდელი, მისი გაანგარიშება საკმაოდ რთულია, რადგან არ გვაქვს საკმარისი დაკვირვების მონაცემები. მაგრამ, ვინაიდან ხულონის წყალსაცავში სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო მიზნით გამოყენებული წყლების ორგანიზებული ჩაშვება სავარაუდოდ არ მოხდება, ასევე ნაკლებად სავარაუდოა მიმდებარე აგროეკოსისტემიდან მოსალოდნელი ჩამონადენი და წყალსაცავიდან წყალგაცემა იქნება ინტენსიური, ამიტომ ხულონის წყალსაცავში ნაკლებად არის მოსალოდნელი ეკტროფიკაციული პროცესების განვითარება

**დასკვნა**

ხულონის წყალსაცავის წყლის ხარისხის პროგნოზირების ანალიზმა ცხადყო, რომ თუ მასში მიმდებარე მდინარეთა აუზებიდან სამრეწველო ან სასოფლო სამეურნეო საქმიანობის შედეგად არ ჩაიღვარა შედარებით დიდი რაოდენობის გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებები, წყალსაცავის წყლის ხარისხობრივი მდგომარეობა დააკმაყოფილებს წყალსაცავის რეგულირებისათვის საჭირო მოთხოვნებს.

**ლიტერატურა**

1. **კერესელიძე დ.** საქართველოს წყალსაცავების ჰიდროეკოლოგიური პრობლემები. თბილისი, 1994. 220 გვ.
2. ხულონის გარემოზე და სოციალური ზემოქმედების შეფასება. საბოლოო ანგარიში, მოკლე მიმოხილვა. საქართველოს ენერგეტიკის სამინისტრო, თბილისი, 2008; 36 გვ.
3. **Бородавченко Н.И. и др.** Охрана водных ресурсов. М., Колос, 1979; 248 стр.
4. **Вельнер Х.А.** Некоторые вопросы современной научной и практической гидрологии. Ч.1. Водные ресурсы, гидрологические расчеты и прогнозы, изд. МГУ, 1981, 198 стр.
5. **Караушев А.В. и др.** Изучение и количественная оценка антропогенного влияния на качество поверхностных вод суши. МГУ, 1987. 244 стр.

**ДИССИПАЦИЯ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И  
КОЭФФИЦИЕНТ ПОГЛОЩЕНИЯ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ  
ЗАГРУЖЕНИИ-РАЗГРУЖЕНИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО БЕТОНА**

**Клекчян Д. Г.**

**E-mail: klekchyan@mail.ru**

Ереванский Государственный Университет Архитектуры и Строительства  
Республика Армения, г. Ереван 375009, ул Теряна 105

Гидротехнический бетон рассматривается как упругопластический материал. При повторных испытаниях сжимающими напряжениями по программе загрузка до точки  $M$  – полная разгрузка до  $M_1$ , загрузка до  $M$  – полная разгрузка до  $M_2$ , загрузка до  $M$  – полная разгрузка до  $M_3$  и т. д. характерные графики зависимости деформация-напряжение ( $\varepsilon - \sigma$ ) для упругопластического (УП) материала показаны на рис.1. При каждом цикле остаточная деформация постепенно уменьшается:

$$OM_1 > M_1M_2 > M_2M_3 > \dots$$

Если через  $k$  обозначить количество циклов:  $k=1,2,3,\dots$ , то при достаточно больших значениях  $k$   $MM_k$  стремится к  $MM_0$  ( $MM_0$  параллельна касательной в точке  $O$ , проведенной к базовой кривой  $\varepsilon = F(\sigma)$ ):

$MM_0 \parallel ON \parallel M_1N_1$ ) и материал становится псевдоупругим. Такая закономерность поведения упругопластических материалов при циклических нагружениях согласуется с многочисленными экспериментами [1].

Если нисходящую кривую  $MM_k$  обозначить через  $f_k$ , а восходящую -  $M_kM$  через  $\bar{f}_k$ , то петля гистерезиса, заключенная между этими кривыми и отражающая количество израсходованной безвозвратно диссипированной пластической энергии при каждом цикле, при увеличении  $k$  монотонно уменьшается и стремится к нулю, когда  $MM_k$  совпадает с  $MM_0$ . Для вычисления количества диссипированной энергии  $\dot{Y}_i$  при каждом цикле  $k$ :  $\dot{Y}_{ik}$  необходимо иметь аналитическую функцию кривых  $f_k$  и  $\bar{f}_k$ . Эта весьма важная проблема решена в [2]: реологическим моделированием упругопластических процессов и для первой разгрузочной кривой  $f_M$  выведено уравнение

$$f_M = F(\sigma_M) - 2F[0,5(\sigma_M - \sigma)]. \tag{1}$$

На основе (1) можно получить аналитическую функцию разгрузочных кривых  $f_k$  и загрузочных кривых  $\bar{f}_k$ :

$$f_k(\sigma) = \bar{f}_{k-1}(R) - 2\{\bar{f}_{k-1}[0,5(R - \sigma)] - \bar{f}_{k-1}(0)\}, \tag{2}$$

$$\bar{f}_k(\sigma) = \bar{f}_{k-1}(R) - 2[\bar{f}_{k-1}(0,5R) - \bar{f}_{k-1}(0,5\sigma)], \tag{3}$$

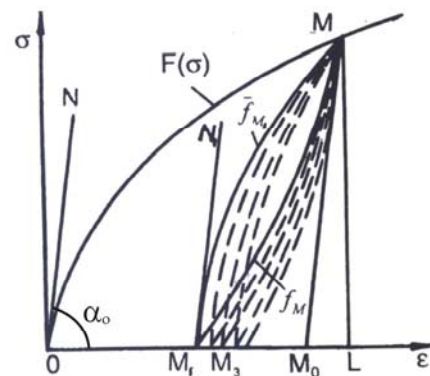


Рис. 1. Деформационные следы

где  $k = 1, 2, 3, \dots$ ,  $\bar{f}_0 = F(\sigma)$ ,  $R = \sigma_M$ .

При растяжении (сжатии) элемента из упругопластического материала до состояния  $M[\varepsilon_M, \sigma_M]$  по кривой функции  $\varepsilon = F(\sigma)$  затрачивается работа, величина которой равняется площади, заключенной между кривой функции  $F(\sigma)$  в промежутке  $OM$  и прямыми  $\sigma = 0$  и  $\varepsilon = \varepsilon_M = F(\sigma_M)$  (рис.2):

$$\mathcal{E}_0 = OLxML - \int_0^{\sigma_M} F(\sigma) d\sigma = \sigma_M F(\sigma_M) - \int_0^{\sigma_M} F(\sigma) d\sigma. \quad (4)$$

Затраченная работа  $\mathcal{E}_0 = \Omega_0$  (индекс при  $\mathcal{E}$  означает процесс из исходной позиции  $O$ ) состоит из двух составляющих: линейно-упругой –  $\mathcal{E}_L$  и нелинейно - диссипированной –  $\mathcal{E}_H$ :  $\mathcal{E}_0 = \mathcal{E}_{L0} + \mathcal{E}_{H0}$  (рис.2). При разгрузке упруго-линейная - составляющая израсходованной энергии  $\Omega_E$  возвращается полностью, а нелинейная часть безвозвратно затрачивается на преодоление внутренних неупругих сопротивлений, обусловленных пластической структурой УП материала.

Площадь  $\Omega(M_0ML)$ , заключенная между кривой  $f_M$  и прямыми  $\sigma = 0$  и  $\varepsilon = \varepsilon_M$ , равняется упруго-линейной энергии, которая возвращается при разгрузке:

$$\mathcal{E}_{L0} = \Omega(M_0ML) = OLxML - \int_0^R f_M(\sigma) d\sigma. \quad (5)$$

Количество нелинейно - диссипированной энергии равно:

$$\mathcal{E}_{H0} = \mathcal{E} - \mathcal{E}_{L0} = \int_0^R [f_M(\sigma) - F(\sigma)] d\sigma. \quad (6)$$

При разгрузке  $M$  с позиции до  $M_0$  и вторым нагружением с  $M_0$  до  $M$  петля гистерезиса будет ограничена кривыми  $f_M - \bar{f}_{M_0}$  (рис.3). Имея аналитическую функцию уравнений деформационных кривых  $F(\sigma)$ ,  $f_M$  и  $\bar{f}_{M_0}$  получится количество безвозвратно израсходованной пластической энергии при первом цикле разгрузка-нагрузка по  $M - M_0 - M$ :

$$\Omega_f = \int_0^R [f_M(\sigma) - \bar{f}_{M_0}(\sigma)] d\sigma. \quad (7)$$

В этом случае приложенная упругопластическая энергия равняется площади фигуры, заключенной между кривой  $\bar{f}_{M_0}$  и прямыми  $\sigma = 0$  и  $\varepsilon = \varepsilon_M$ :

$$\mathcal{E}_{M_0} = \Omega(M_0ML) = OLxML - \int_0^R \bar{f}_{M_0}(\sigma) d\sigma, \quad (8)$$

что значительно меньше, чем изначально затраченная работа  $\mathcal{E}_0$ , израсходованная для того, чтобы достичь точки  $M$ , только с начала координат  $O$ :

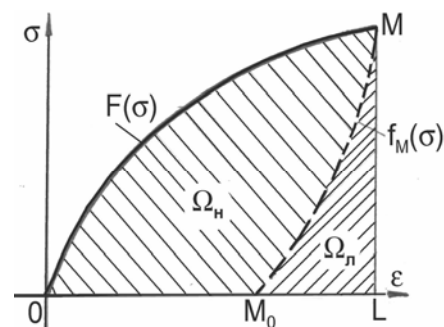


Рис.2. Потенциальная энергия УП деформирования:  $\Omega_E$  - упругая энергия,  $\Omega_H$  - диссипированная энергия

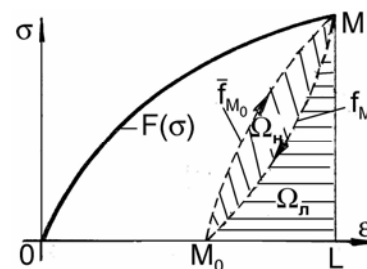


Рис. 3. Величины упругой и пластической энергий

**ДИССИПАЦИЯ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И КОЭФФИЦИЕНТ ПОГЛОЩЕНИЯ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ЗАГРУЖЕНИИ-РАЗГРУЖЕНИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО БЕТОНА**

$$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_O - \mathcal{E}_{M_0} = \int_0^{\sigma_M} [f_{M_0}(\sigma) - F(\sigma)] d\sigma. \quad (9)$$

Это объясняется тем, что упругая составляющая деформирования по  $\bar{f}_{M_0}$  с точки  $M_0$  до  $M$  в процентном отношении (по сравнению с пластической составляющей от общей израсходованной энергии) гораздо больше, чем от точки  $O$  до  $M$  по  $F(\sigma)$ .

Таким образом, для любой петли гистерезиса под номером  $k$ :

$$\Omega_{ik} = \int_0^R [f_k(\sigma) - \bar{f}_k(\sigma)] d\sigma. \quad (10)$$

Имея уравнения загрузочных и разгрузочных кривых  $f_k$  и  $\bar{f}_k$ , можно определить величины коэффициентов поглощений  $\psi_k$  для каждого отдельного полного цикла загрузки - разгрузки. Для первого цикла, произведенного по  $OMM_1$  по следам  $F(\sigma) - f_1$  (рис.1), коэффициентом поглощения является отношение диссипированной энергии (площадь  $OMM_1O$ ) к израсходованной общей энергии (площадь  $OMLO$ ). Для второго цикла по  $\bar{f}_1 - f_2$ :  $\psi_2$  определяется как отношение количества диссипированной энергии к израсходованной общей энергии. При этом ее величина равна отношению площади, заключенной между  $\bar{f}_1$  и  $f_2$  к затраченной энергии (площадь между  $\bar{f}_1$ ,  $ML$  и  $M_1L$ ). Коэффициент поглощения при реализации цикла под номером  $k$  ( $\psi_k$ ) есть отношение площади между кривыми  $\bar{f}_{k-1}$  и  $f_k$  к площади между кривой  $\bar{f}_{k-1}$  и прямыми  $OL$  и  $M_kL$ :

$$\begin{aligned} \psi_1 &= \left[ \int_0^R [f_1(\sigma) - \bar{f}_0(\sigma)] d\sigma \right] / \left[ \Omega - \int_0^R \bar{f}_0(\sigma) d\sigma \right]; \\ \psi_2 &= \left[ \int_0^R [f_2(\sigma) - \bar{f}_1(\sigma)] d\sigma \right] / \left[ \Omega - \int_0^R \bar{f}_1(\sigma) d\sigma \right]; \dots; \\ \psi_k &= \left[ \int_0^R [f_k(\sigma) - \bar{f}_{k-1}(\sigma)] d\sigma \right] / \left[ \Omega - \int_0^R \bar{f}_{k-1}(\sigma) d\sigma \right], \end{aligned} \quad (11)$$

где  $\Omega = R \times OL$ .

Для примера рассмотрим функцию напряжения:

$$F(\sigma) = [a\sigma + (b\sigma)^{n+1}] / E_0, \quad (12)$$

где  $n$  - степень нелинейности,  $a, b$  - опытные параметры, притом:

$$a + b = 1, \quad E_0 = tg\alpha_0.$$

Уравнения разгрузочных и загрузочных кривых имеют вид:

$$f_k(\sigma) = \left\{ (bR)^{n+1} + a\sigma - 2^{-kn} [b(R - \sigma)]^{n+1} \right\} / E_0, \quad (13)$$

$$\bar{f}_k(\sigma) = \left\{ (1 - 2^{-kn})(bR)^{n+1} + a\sigma - 2^{-kn} (b\sigma)^{n+1} \right\} / E_0. \quad (14)$$

Величина остаточных деформаций при каждом цикле равна:

$$\varepsilon_k(0) = f_k(0) = \bar{f}_k(0) = (1 - 2^{-kn})(bR)^{n+1} / E_0. \quad (15)$$

Величины коэффициентов поглощения определяются рекуррентной формулой:

$$\psi_k = \frac{n+1 - 2^{-n}}{n+1 + \frac{(n+2)a}{2b^{n+1}R^n} 2^{(k-1)n}}. \quad (16)$$

Для упругого материала:  $n=0$  и  $\psi = 0$ . Для идеально пластического материала  $\psi = 1$ . Как видно из (16),  $\psi$  в явном виде не зависит от начального модуля упругости материала. Величины  $E_0$  влияют на значения параметров  $a$  и  $b$  и через них на  $\psi$ . Важное значение имеет еще и то, что  $\psi$  зависит от количества циклов  $k$  (уменьшается с ростом  $k$ , поскольку с ростом процесс все больше и больше линейризуется).

Рассчитаем численные значения коэффициентов поглощения при следующих данных:

$$a = 0,9, \quad b = 0,1, \quad R = 200 \text{ кг/см}^2.$$

Значения  $\psi_k$ , рассчитанные для степени нелинейности  $n=1-4$  и  $k=1-8$ , приведены в табл.1

Таблица 1

*Зависимость  $\psi$  от количества циклов*

$n$	$\psi_1$	$\psi_2$	$\psi_3$	$\psi_4$	$\psi_5$	$\psi_6$	$\psi_7$	$\psi_8$
1	0,560	0,448	0,319	0,203	0,117	0,064	0,033	0,017
2	0,903	0,865	0,739	0,468	0,189	0,056	0,015	0,003
3	0,968	0,963	0,927	0,712	0,250	0,040	0,005	0,001
4	0,988	0,987	0,979	0,868	0,307	0,027	0,002	0,0001

## ВЫВОДЫ

По данным таблицы можно сделать ряд важных выводов о поведении упругопластического деформирования под воздействием циклически меняющейся нагрузки. Так, например, с ростом  $n$  значения  $\psi_k$  растут до шестого цикла. Начиная с шестого цикла, с ростом  $n$  величины  $\psi_{6,7,\dots}$  значительно уменьшаются, т.е.

$$\psi_{6,7,\dots}(n=1) > \psi_{6,7,\dots}(n=2) > \psi_{6,7,\dots}(n=3) > \psi_{6,7,\dots}(n=4).$$

Это значит, что чем больше степень нелинейности, тем активнее процесс линейризации кривых деформаций с увеличением циклов «загрузки-разгрузки». Это можно объяснить тем, что чем больше внутреннее трение, тем активнее диссипация нелинейной составляющей энергии и рост отношения упругой составляющей к пластической.

## Литература

1. Москвитин В.В. Пластичность при переменных нагружениях. – М.: Изд-во МГУ, 1965-264 с.
2. Есяян С.Г. Реологическое моделирование вязкоупругих, упругопластических и вязкоупругопластических сред. – Ереван, Чартаген, 2009, 368 с.

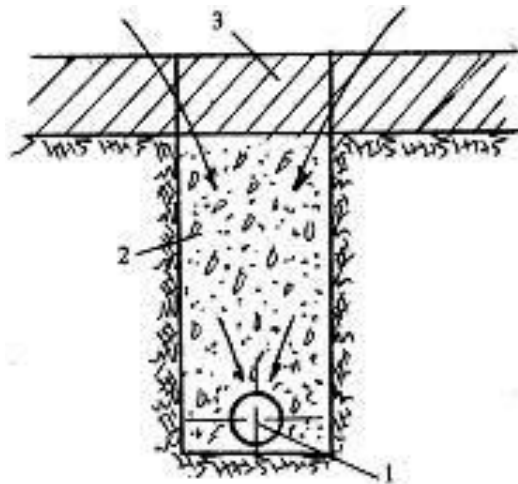
დახურული შემკრებების მუშაობის თავისებურებების დადგენა

შორენა კუპრეიშვილი, პაატა სიჭინავა, ღია მაისაია,  
მაია კიკაბიძე, ზურაბ ლობჯანიძე  
E-mail: shorena\_12@mail.ru

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

შეშავალი

ატმოსფერული ნალექებით გამოწვეული ჭარბტენიანობის დროს, ღია მარეგულირებელი არხების გარდა, მაღალინტენსიური კულტურების ქვეშ იყენებენ დახურულ შემკრებებს. ისინი წარმოადგენს ტრანშეებს, რომელთა ძირში ეწყობა ბეტონის, პლასტმასის ან კერამიკული მილები (ნახ. 1). ისინი დაფარულია დამცავ-მფილტრაცი მასალით. ტრანშეები სახნავ ფენამდე შევსებულია ფილტრაციული ნაყარით (ამით განსხვავდება დახურული შემკრები დახურული დრენაჟისაგან, სადაც ფილტრაციული ნაყარი ეწყობა ტრანშის ძირიდან 20...30 სმ-ზე), რისთვისაც გამოიყენება მაღალი წყალგამტარობის უნარის მქონე მასალა – სილა, წიდა, ხრეში, ჰუმუსოვანი გრუნტი და სხვ. ზედაპირული ჩამონადენის მაქსიმალურად გადაჭერის მიზნით ტრანშეები იჭრება ზედაპირული წყლების მოძრაობის განივად, მახვილი კუთხით ადგილმდებარეობის ჰორიზონტალების მიმართ.



ნახ. 1. დახურული შემკრებები  
1 – სადრენაჟო მილი; 2 – ფილტრაციულნაყარი; 3 – სახნავი ფენა

პირითაღი ნაწილი

დახურული შემკრებების მუშაობის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: ზედაპირის ქანობის მიმართულებით მოძრავი წყალი ხვდება ნიადაგის ზედაპირსა და სახნავ ფენაში და, მიაღწევს რა დახურულ შემკრებს, იჟონება ფილტრაციულ ნაყარში და აღწევს

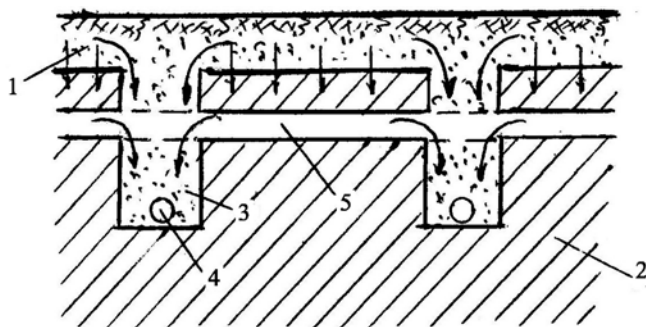
სადრენაჟო მილამდე, რომლის საშუალებითაც ჩაედინება კოლექტორში. ტრანშეის ფილტრაციული ნაყარი ისე უნდა შეირჩეს, რომ მან დახურული შემკრების მოქმედების მთელი დროის განმავლობაში შეინარჩუნოს საანგარიშო წყალგამტარობა და არ მოხდეს ფილტრაციული ნაყარის კოლმატაცია (დალექვა).

ხშირი და ინტენსიური ნალექების პერიოდში, როდესაც წყალგაუმტარი ფენა ღრმად არ მდებარეობს, ნიადაგში ჩაქონილი წყალი შეიძლება შეჩერდეს ამ ფენაზე და დაგროვდეს მის ზევით. იმ შემთხვევაში, თუ ამ წყალს ჰიდრაულიკური კავშირი არა აქვს გრუნტის წყლის ჰორიზონტთან, წარმოიქმნება დროებითი წყლოვანი ფენა, რომელსაც ლექერი წყალი ეწოდება.

სახნავი და სახნავქვეშა ფენების სრული გაჟღენთვის პირობებში დახურული შემკრებები მუშაობს, როგორც ზედაპირული, ასევე აღნიშნული ფენებიდან ჭარბი წყლების გაყვანაზე. ამ შემთხვევაში, დახურული შემკრებების პარამეტრების გაანგარიშებისას მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული მათი მუშაობის ორი შესაძლებელი რეჟიმი – როგორც ზედაპირული წყლების შემკრები და როგორც დახურული დრენაჟი, რომელიც მუშაობს სახნავქვეშა ფენიდან ე.წ. ლექერი წყლების გაყვანაზე.

დახურული შემკრების ეფექტურობის განმსაზღვრელი ერთ-ერთი მთავარი ფაქტორია მათი ჩაწყობის სიღრმე. როდესაც დახურული შემკრები მუშაობს დახურული დრენაჟის რეჟიმში, რაც უფრო ღრმად ჩაეწყობა იგი, მით უფრო მეტი იქნება წნევის გრადიენტი და, შესაბამისად, მიღში წყლის შედინების სიჩქარე. ზედაპირული წყლების გაყვანის შემთხვევაში, როდესაც გრავიტაციული წყალი სახნავი ფენიდან უნდა ჩავიდეს მიღში, თუ დახურული შემკრები ღრმად იქნება ჩაწყობილი, გრძელი ფილტრაციული მანძილის გამო დიდია ფილტრაციული წინააღმდეგობა, ამიტომ დახურული შემკრებების ჩაწყობის ოპტიმალურ სიღრმედ, მისი ორივე რეჟიმზე მუშაობის გათვალისწინებით, მიღებულია 0,7...1,0 მ; მათი სიგრძე აიღება 150...200 მ, ტრანშეის ქანობი – 0,002...0,003; მანძილი მათ შორის დამოკიდებულია ზედაპირის ქანობზე, ნიადაგის წყალგამტარობაზე, ატმოსფერული ნალექების ინტენსივობაზე და ისეთი უნდა იყოს, რომ სახნავი ფენის გათავისუფლება გრავიტაციული წყლისაგან მოხდეს არაუგვიანეს 1-2 დღე-ღამის განმავლობაში და აიღება 12...30-დან 40...60 მეტრამდე.

დიდი ინტენსიური წვიმებისა და ზედაპირის უმნიშვნელო ქანობის შემთხვევაში, ხშირად დახურულ შემკრებებს შორის საანგარიშო მანძილები დასაშვებზე ნაკლებია, ამიტომ ამ მანძილების გასაზრდელად და სახნავი ფენის ჭარბი წყლისაგან გათავისუფლების დროის დასაჩქარებლად მიმართავენ ნიადაგის დასოროვებას (ნახ. 2).



ნახ. 2. ნიადაგის დასოროვება

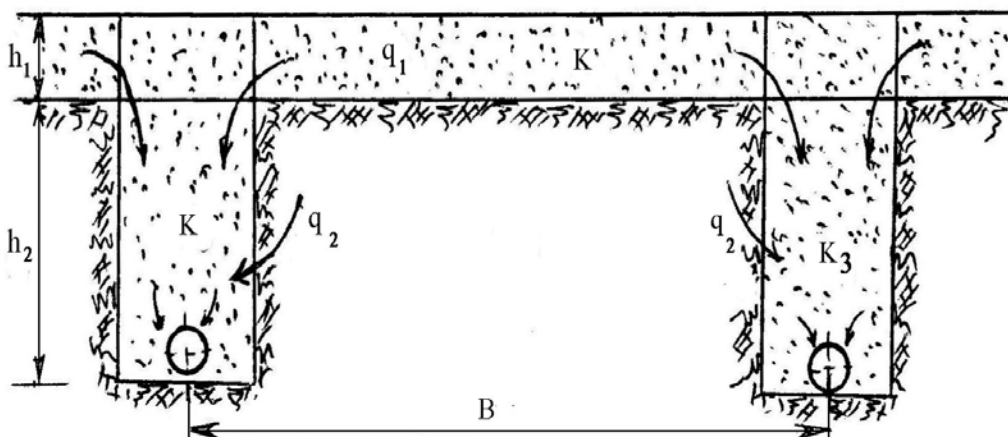
1 – სახნავი ფენა; 2 – სახნავქვეშა ფენა;

3 – ფილტრაციული ნაყარი; 4 – დახურული შემკრები; 5 – სორი.



დასოროვებას აწარმოებენ ყოველ 1...3 მეტრში, შემკრებების განივად, 0,5 მ სიღრმემდე, სპეციალური მანქანა-დრენიორის მეშვეობით, რომელიც ფართობზე გაეღისას ნიადაგში ტოვებს 7...10 სმ დიამეტრის სოროს. ამ შემთხვევაში წყალი სახნავი ფენიდან შედის დრენიორის მიერ შექმნილ 1,5...2,0 სმ სივანის ხვრელში, აქედან სოროს ღრუში, შემდეგ მოძრაობს დახურული შემკრების მიმართულებით ფილტრაციული ნაყარის გადაკვეთამდე და, ბოლოს, აღწევს სადრენაუო მილში. დასოროვება 1,5...2-ჯერ ზრდის დახურულ შემკრებებს შორის მანძილს. დახურული შემკრებების ეფექტურობის ასამაღლებლად მძიმე ნიადაგებზე მიმართავენ, აგრეთვე, სხვადასხვა საინჟინრო და აგრომელიორაციულ ღონისძიებებს – ზედაპირის მოშანდაკებას, ღრმა გაფხვიერებას, წყალგამყვანი კვლების მოწყობას, ღრმა ხვნას და სხვ. [1, 2, 3].

მძიმე ნიადაგებზე დახურული შემკრებების მუშაობის ანალიზისას იყენებენ ფილტრაციის თეორიაში კარგად ცნობილ ორშრიან გარემოში წყლის გადაადგილების მიახლოებით საანგარიშო სქემას, რომლის მიხედვითაც დახურულმა შემკრებებმა უნდა უზრუნველყოს გრავიტაციული წყლის გაყვანა [4] როგორც სახნავ, ასევე სახნავქვეშა შრეებიდან (ნახ. 3).



ნახ. 3. სახნავქვეშა შრეებიდან გრავიტაციული წყლის გაყვანის სქემა

### დასკვნა

სახნავი შრის გრავიტაციული წყლებისაგან გათავისუფლების საშუალო ინტენსივობა იანგარიშება ფორმულით:

$$q_1 = \frac{\delta H_1}{T} - \ell, \quad (1)$$

სადაც  $q_1$  – სახნავი შრიდან წყლის გათავისუფლების საშუალო ინტენსივობაა, მ/დღ;  $\delta$  – სახნავი ფენის წყალგაცემის კოეფიციენტი;  $H_1$  – სახნავი ფენის სისქე, მ;  $T$  – სახნავი ფენიდან წყლის გაყვანის ნორმატიული დრო, დღე-ღამე;  $\ell$  – აორთქლების ინტენსივობა სახნავი ფენიდან, მ/დღე-ღამე;

დახურულ შემკრებში სახნავქვეშა ფენიდან წყლის შესვლის ინტენსივობა იანგარიშება ფორმულით:

$$q_2 = \frac{4k_2 h_2}{B^2}, \quad (2)$$

სადაც  $B$  დახურულ შემკრებებს შორის მანძილია, მ;  $k_2$  – სახნავქვეშა შრის ფილტრაციის კოეფიციენტი, მ/დღ-ღ;  $h_2$  – სახნავქვეშა ფენის სისქე, მ;

აღნიშნული სიდიდეების გაანგარიშებების მიხედვით ხდება დახურულ შემკრებებს შორის მანძილის შერჩევა. ამასთანავე, ფილტრაციული ნაყარისა და სახნავი ფენის წყალგამტარობას შორის დაცული უნდა იქნეს პირობა

$$K_3 b \geq 1,48 K_1 h_1,$$

სადაც:  $K_3$  ტრანშეის ნაყარის ფილტრაციის კოეფიციენტი, მ/დღ;

$b$  – ტრანშეის სიგანე;

$K_1$  – სახნავი ფენის ფილტრაციის კოეფიციენტი, მ/დღ;

$h_1$  – სახნავი ფენის სისქე, მ.

### ლიტერატურა

1. **Ерхов М.С., Ильин Н.И., Мисенев В.С.** – *Мелиорация земель*. М.: ВО Агропромиздат, 1991.
2. **Костяков А.Н.** – *Основы мелиорации*. М.: Сельхозгиз, 1960.
3. **კუპრეიშვილი შ., ხარაიშვილი ო.** – დამშრობი ქსელის წყალშემკრებ არხებს შორის მანძილების განსაზღვრა. სსაუ, აგრარული მეცნიერების პრობლემები, სამეცნიერო შრომების კრებული, ტ. 28, 2004, გვ. 197-199
4. **Одилавадзе Т.В., Купрейшвили Ш.З.** – Определение основных гидромеханических и морфомеханических параметров склонового стока. Известия аграрной науки, Том. 3, #. 1, 2005, с.101-104.

## ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ НЕКОТОРЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ И СТЕПЕНЬЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В ГОРОДАХ АЗЕРБАЙДЖАНА

Мамедова Ш.И.

E-mail: sheker.mammadova@mail.ru

Бакинский Государственный Университет  
ул. Халилова, 23, Аз1148, Баку, Азербайджан

### ВВЕДЕНИЕ

Считается, что присутствие в атмосферном воздухе вредных веществ, увеличивает болезни людей на 30 - 40% [1]. Иногда применяют такое специальное понятие, как индекс рисков. Это дает возможность оценить концепцию ухудшения здоровья под влиянием загрязняющих атмосферу веществ [2]. В работе был проведен статистический анализ корреляционной взаимосвязи индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) и заболеваний (злокачественные новообразования (ЗН)). Концентрация ИЗА рассчитывается на основе среднегодовых значений. Поэтому, это показатель характеризует хронический и долгосрочный уровень загрязнения воздуха.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

ИЗА не только показывает концентрацию различных веществ, а также учитывает их вредное воздействие на здоровье. Этот показатель рассчитывается следующим образом:

$$I_n = \sum_{j=1}^n I_i = \sum_{j=1}^n (X_i / ПДК_i) C_i, \quad (1)$$

здесь  $X_i$  – средняя концентрация  $i$ -го вещества в течение года,  $C_i$  – коэффициент, позволяющий приводить степень загрязнения воздуха  $i$ -ым веществом, к уровню загрязнения воздуха диоксидом серы,  $I_n$  – ИЗА, безразмерная величина.

Результаты расчетов моделей приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты анализа зависимости ИЗВ и злокачественных опухолевых заболеваний за пять лет

Год	$a$	$\sigma_a$	$b$	$\sigma_b$	$R$	$r^2$
2002	1,59	1,06	0,11	0,03	0,69	0,48
2003	1,47	1,17	0,13	0,03	0,58	0,34
2004	1,94	0,95	0,10	0,02	0,69	0,46
2005	1,93	1,25	0,11	0,04	0,42	0,18
2006	1,58	1,16	0,11	0,02	0,66	0,43
За весь период	1,80	1,11	0,11	0,01	0,60	0,36
Среднее за период	1,67	1,00	0,12	0,02	0,62	0,38

В этой таблице  $a$  – свободный член уравнения линии регрессии,  $b$  – коэффициент ИЗА,  $r$  - коэффициент корреляции.

Из таблицы 1 следует, что корреляция между индексом загрязнения воздуха и болезнями злокачественных новообразований (ЗН) высокая и устойчивая. Все статистические параметры ( $a$ ,  $\sigma_a$ ,  $b$ ,  $\sigma_b$ ,  $R$ ) мало меняются из года в год. За период 2002 – 2006г.г. коэффициент корреляции составил  $0,60+ 0,07$ . Связь между ИЗА и количеством случаев ЗН показан на графике 1.

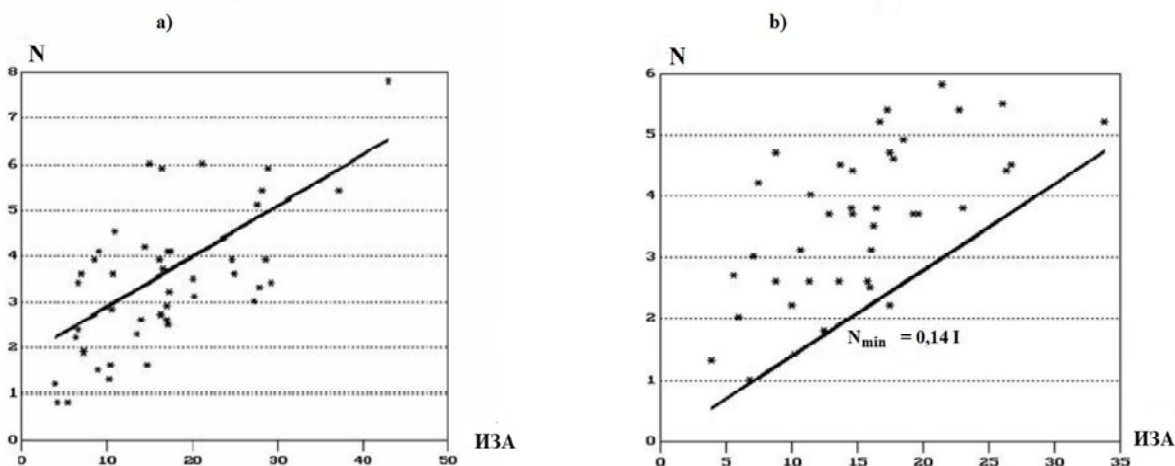


Рис.1.Зависимость числа заболеваний ЗН от ИЗА (на 1000 людей).

а) 2006 год, б) 2002 – 2006 годы

Из всех расчетов видно, что 36-38% показанных изменений заболеваний связаны с загрязнением воздуха. Очевидно, что другие факторы (климат, вода, питание, курение и т.д.) составляют остальную часть изменения. Действительно, местные факторы в каждом городе различны. Начальное значение уровня (коэффициент  $a$  уравнения регрессии) слегка меняется из года в год (с 1,47 в 2003году до 1,94 в 2004 году). Однако, следует заметить, степень изменения в городах разная.

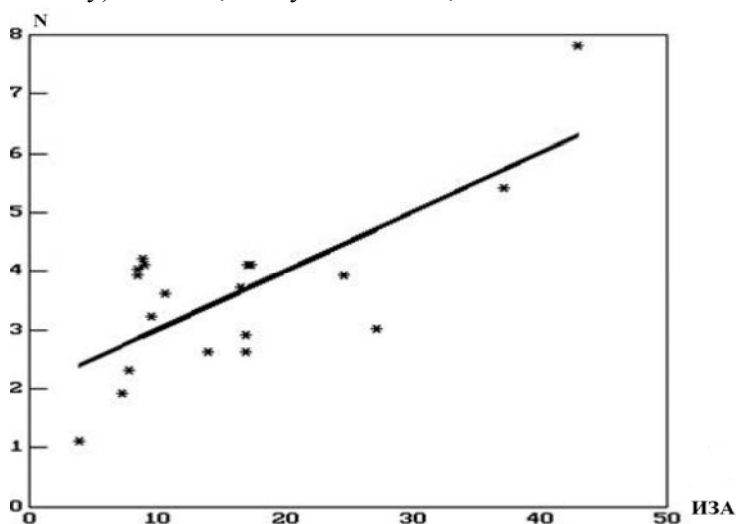


Рис.2. Зависимость числа заболеваний ЗН от ИЗА (на 1000 людей) для крупных городов Азербайджана (Баку, Гянджа, Сумгайыт)

Во всех расчетах значение  $b$  изменилось в пределах 0,10 - 0,13. Это показывает, что увеличение степени загрязнения воздуха сопровождается увеличением темпов роста  $N_{ЗН}$ . Результаты анали-

## ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ НЕКОТОРЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ И СТЕПЕНЬЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В ГОРОДАХ АЗЕРБАЙДЖАНА

зов каждого отдельного года отличаются от результатов анализа в течение всего периода на 10 - 15% . Уравнение регрессии выражается следующей формулой:

$$N_{3H} = 1,8 + 0,11 \cdot ИЗА \quad (2)$$

Минимальное количество заболеваний ЗН, которые возникают из-за атмосферных загрязнений, растет с увеличением ИЗА. В этом случае, согласно расчетам, коэффициент корреляции  $R$  равен 0,934. В отсутствие других вредных эффектов количество болезней  $N$ , вызванное загрязнением атмосферы может быть рассчитано следующим образом:

$$N_{3H} = 0,14 \cdot ИЗА \quad (3)$$

Линия минимума болезней показана на рисунке 1 б. Из уравнения (3) можно получить, что если  $ИЗА = 10$  (из расчетов предельно допустимая концентрация (ПДК) диоксида серы равна 10), начальная стадия появления заболевания ЗН составляет 1,4 на 1000 населения, при  $ИЗА$  равном 20 возрастает вдвое. Следует отметить, что  $ИЗА$  рассчитывается таким образом, что загрязнение воздуха показывает ПДК частей двуокиси серы. Если  $ИЗА$  равен 2, то это соответствует концентрации двуокиси серы, равной  $100 \text{ мкг/м}^3$ . При увеличении  $ИЗА$  число случаев заболеваний, таких как злокачественные новообразования (ЗН), увеличивается в 0,28 на 1000 человек, то есть на 20%. Возрастание  $ИЗА$  в два раза не обычное явление, увеличение же болезней на 20% - это достаточно ощутимый уровень.

Полученные результаты были проверены независимыми друг от друга данными 5-6 городов 2007 года. Из результатов сравнения видно, что ошибка между расчетным количеством заболеваний и фактическим данными, составляет 29% (рис. 2).

В течении нескольких лет в США были изучены последствия концентрации токсичных веществ на здоровье [2]. На основе этих исследований была определена оценка риска, при помощи которой можно устанавливать риск для людей. Допустим, какое количество людей могут заболеть или умереть от рака при загрязнении атмосферы. Оценка риска в  $20 \text{ м}^3$  загрязненного воздуха в течение 70 лет (средний возраст) определяется с учетом ежедневного ее влияния.

По Ханту и другим исследователям в США средняя оценка риска рассчитывается следующим образом [3]:

$$N_p = \frac{R(X_1 N_1 + X_2 N_2)}{70 \cdot 230} \quad (4)$$

где  $R$  - индекс риска,  $N_p$  - среднее число больных раком;  $N_1$  - численность городского населения в Соединенных Штатах, млн.людей;  $N_2$  - число людей за городом, млн.людей;  $X_1$  - среднее количество вредных веществ в городе,  $X_2$  - среднее количество вредных веществ вне города.

Разработанная в США [3] оценка риска заболеваемости и смертности от рака, была сравнена с реальными данными заболеваний некоторых городов Республики. Для этой цели были использованы результаты расчета индекса рисков, а также данные по ЗН ряда городов и средней концентрации примесей. Была также произведена суммарная оценка риска отдельных веществ.

Результаты сравнений даны на рисунке 3. Как видно из рисунка 3, связь хорошая. Коэффициент корреляции между фактическим числом случаев заболевания и средним значением риска равен 0,60. Ясно видно, что при среднем значении риска, равном 1, на 1000 человек приходится три случая заболеваний.

Связь между  $ИЗА$  и значениями риска показана на рисунке 5. Из этого рисунка тоже видно, что между американским индексом риска ( $N_{3H}$ ) и значениями  $ИЗА$  тесная связь ( $R=0,79$ ).

На основе расчетов зависимость между  $ИЗА$  и значениями риска (OR) определяется следующим образом:

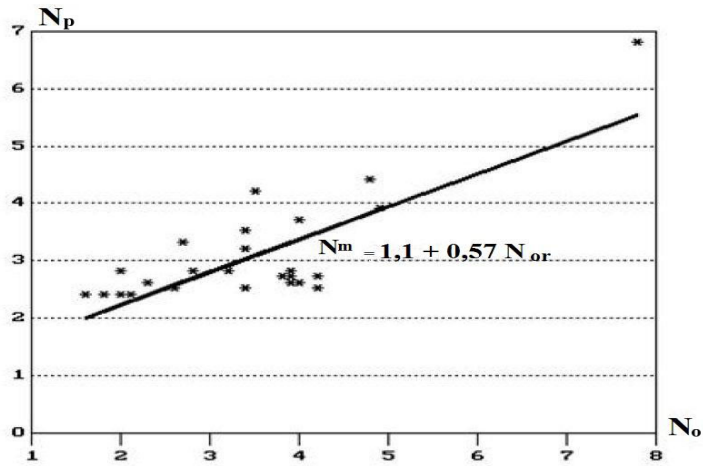


Рис.3. Зависимость между реальными  $N_o$  и расчетными  $N_p$  значениями заболеваний ЗН, 2006год.

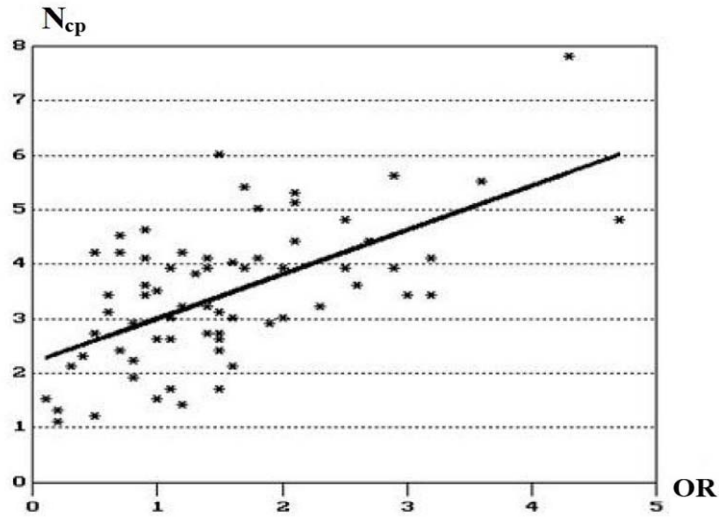


Рис.4 Связь между средними значениями оценкой риска  $OR$  американским методом и числом заболеваний  $N_{cp}$  злокачественными новообразованиями

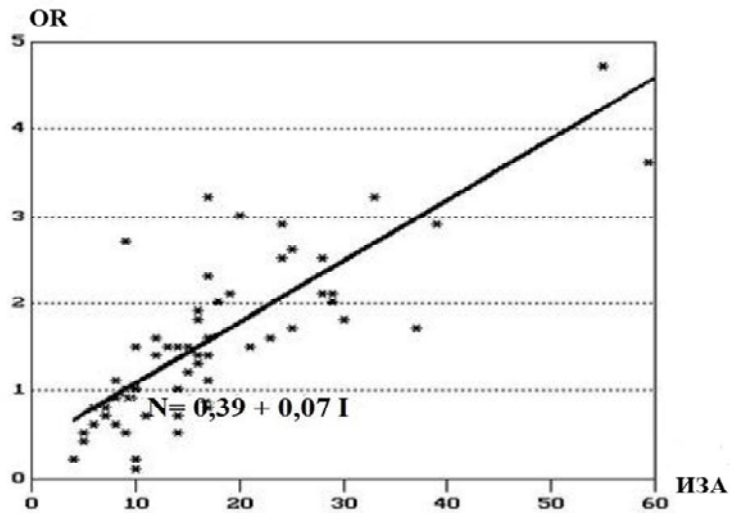


Рис. 5. Отношения между ИЗА и значениями риска  $OR$

$$OR = 0,39 + 0,07 \cdot ИЗА \quad (5)$$

Большинство исследователей отметили, что между загрязнением воздуха в крупных городах и заболеваниями детских дыхательных путей (ДДП) у детей связи не наблюдается. В большинстве случаев, число заболеваний бывает одинаковым при высоком и низком уровне загрязнения. Исследования, проведенные для некоторых городов Республики (Баку, Гянджа, Сумгайыт), показывают, что коэффициент корреляции между ИЗА и заболеваниями детских дыхательных путей является низким (табл. 2).

**Таблица 2**

**Коэффициенты корреляции между ИЗА и количеством заболеваний ДДП**

Год	<i>a</i>	$\sigma_a$	<i>b</i>	$\sigma_b$	<i>R</i>	$r^2$
2002	1,02	0,35	0,01	0,01	0,28	0,08
2003	0,88	0,31	0,02	0,01	0,29	0,08
2004	1,17	0,37	0,01	0,008	0,11	0,012
2005	0,92	0,27	0,02	0,01	0,30	0,09
2006	0,85	0,23	0,01	0,004	0,36	0,13
Среднее за 2002-2006	0,96	0,26	0,016	0,006	0,32	0,10

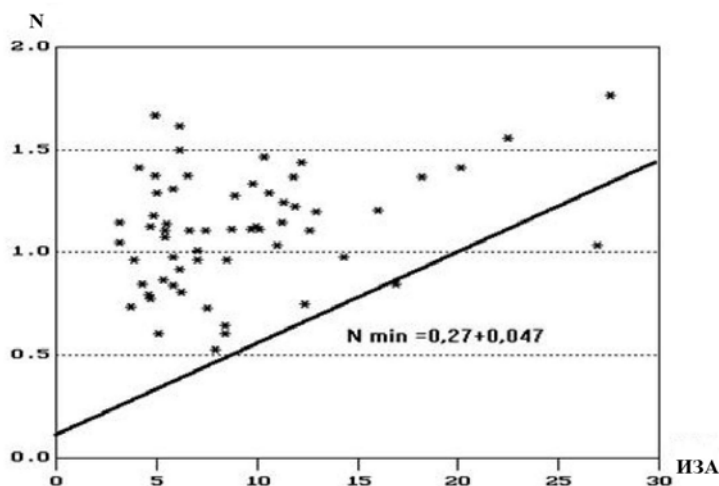
Одной из целей исследований является нахождение отдельно для каждого из упомянутых городов среднего коэффициента корреляции за пятилетний период. Эти значения приведены в таблице 3.

**Таблица 3**

**Средние коэффициенты корреляции между ИЗА и количеством заболеваний ДДП за пятилетний период**

Города	<i>a</i>	$\sigma_a$	<i>b</i>	$\sigma_b$	<i>R</i>	$r^2$
Баку	1,00	0,31	0,01	0,011	0,34	0,07
Гянджа	0,95	0,27	0,03	0,005	0,38	0,09
Мингечевир	0,94	0,24	0,00	0,008	0,35	0,065
Сумгайыт	1,03	0,22	0,04	0,013	0,32	0,13

Здоровье детей зависит от многих факторов. Последствия загрязнения воздуха могут обнаружены в том случае, если рассматривается минимальное число случаев заболеваний органами дыхания на разных уровнях загрязнения (рис.6).



**Рис. 6. Связь между заболеваниями ДДП и ИЗА**





**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СУЩЕСТВОВАНИЯ  
ЕСТЕСТВЕННЫХ МОНОПОЛИЙ  
(НА ПРИМЕРЕ ВОДЫ И ГАЗА)**

**Маркосян А.Х., Мкртумян М.М., Мартиросян Т.С., Арутюнян В.Р.**  
E-mail: *info@ysuac.am*

Ереванский государственный университет архитектуры и строительства  
Республика Армения, г. Ереван, ул. Теряна 105.

**ВВЕДЕНИЕ**

В Республике Армения переход от государственной централизованной плановой системы к рыночным отношениям произошел в беспрецедентных условиях. Вследствие разрушительного землетрясения в 1988 году треть республики превратилась в зону бедствия. Возникла транспортная и энергетическая блокада, ощущалась острая нехватка топливно-энергетических ресурсов, ситуация осложнялась наличием многотысячных беженцев. Нагорно-карабахское противостояние требовало специфических подходов к решению проблем. На начальном этапе преобразований на первый план выдвинулись основные задачи перехода к рыночной экономике (либерализация цен, приватизация, структурные реформы, финансовая стабилизация, переход на собственную валюту). Однако реформы в промышленной сфере происходили стихийно: в условиях недобросовестной конкуренции, производства товаров (услуг) монополистами, высокого уровня предпринимательского риска и существования принципов деятельности, несвойственных рыночным отношениям. В результате дезорганизовалось производство, резко увеличилась безработица, усилилась социальная напряженность.

**ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В Армении установление государственного контроля в сфере пресечения антиконкурентной политики, фактически, началось с нуля, поскольку в недалеком прошлом управление экономикой осуществлялось административно-приказным способом, который препятствовал развитию свободной экономической конкуренции. Опыт показал, что достижения в экономических преобразованиях (особенно в переходных экономиках) в немалой степени зависят от государственной системы, уравновешивающей монополистические процессы и регулирующие конкурентные отношения. В этой области необходимо разработать комплекс мероприятий, направленных на ограничение деятельности монополий, пресечение антиконкурентных соглашений, также создание условий для формирования конкуренции.

В экономической литературе используются различные определения понятия конкуренции, монополий, монополистических объединений, в том числе - естественных монополий. К последним относятся, в частности, услуги по обеспечению газо и водоснабжения. Этому виду монополий присуще гораздо больше проблем, в частности, они охватывают наиболее значимые секторы экономики и участвуют в формировании монополистической среды, в то же время естественные монополии требуют наибольшего государственного регулирования и являются одной из наименее исследованных областей.

---

Монополизация экономики является длительным процессом, который имел место как при предыдущих экономических укладах, так и в современной экономике. Осмысливая суть монополий, как особого вида производственных отношений, необходимо учитывать то обстоятельство, что для монополии характерно не столько то, что она является производителем того или иного товара, сколько то, что она получает возможность диктовать цены на производимый товар и таким способом получать сверхприбыль. Монополия имеет такую силу, которая препятствует проникновению на рынок других производителей. В общих чертах, монополии свойственны следующие отличительные черты:

1. единственный продавец,
2. получение большой (монополистической) прибыли,
3. способность противостоять конкурентам и др.

Монополизация экономики привела к формированию новых черт рынка. На данный момент наиважнейшими из них являются:

1. преобладание на рынке промышленных монополистов,
2. возникновение финансовых монополистов,
3. вывоз капиталов,
4. экономический раздел мира,
5. территориальный раздел мира.

Слово «монополия» происходит от греческих слов «mono» (один) и «polist» (продавец) [1]. Монополия является древнейшим видом производственных отношений. Древнегреческие правители владели монополией на определенные виды ремёсел, однако в тот период это было временным и стихийным явлением. Монополистическое право правителей на отдельные ремёсла и продажу некоторых товаров называлось «регалией» [2].

Изучая монополию, Аристотель писал: «Тем не менее, с точки зрения создания богатства она полезна, в случае, если кому-либо удастся овладеть монополией» [3]. В дальнейшем ученые более обстоятельно рассматривали и обращали внимание на такого рода промышленные отношения. Об этом писали многие, что доказывает возрастающее значение монополии в экономической жизни. Особо заметно это было в средние века. Например, Френсис Бэкон в 17 веке писал о разделении на различные монополии в Англии [4]. Уильям Петти также уделял большое значение изучению монополий. Он в первую очередь рассматривал торговую монополию с точки зрения налогообложения. В то же время он подчеркивал монополии в области изобретений, отмечая также печальный факт, что мало кто из изобретателей был вознагражден плодами монополий. Интересно его наблюдение в области недовольства изобретателей по этому поводу, изобретения, которые обычно умирали вместе с ними. В настоящее время в развитии экономики монополия на изобретение приобретает определяющее значение.

У.Петти отмечал, что монополия – исключительное право на торговлю[5], обладатель этого права, может продавать товар, оценив его так, как он считает нужным или устанавливать такую цену, которая будет для него прибыльной, а также, в рамках своих полномочий, использовать и то, и другое одновременно.

Признаки, категория совершенной конкуренции явились основой для критики монополий со стороны многих экономистов. Так, Адам Смит допускал, что «монополия ... - основной враг эффективного управления». Опасность монополии в том, что она, уничтожая конкуренцию, уничтожает движущую силу развития производства. «Играя» (варьируя) ценами на продукцию и её количеством, монополия способна присваивать бо'льшую, чем обычно прибыль[6].

В определенных случаях монополия ограничивает, а не уничтожает конкуренцию. Такой случай можно отнести к области естественной монополии. Конкуренция - это система взаимоотноше-

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ МОНОПОЛИЙ (НА ПРИМЕРЕ ВОДЫ И ГАЗА)

ний, где каждый хозяйствующий субъект имеет свободный, полный доступ к информации как о спросе, так и о предложении товаров и услуг, а также возможность участвовать в формировании спроса и предложения. В ранних трудах по экономике для определения понятия «конкуренция» использовалось множество ссылок, хотя понятие не было определено. А.Смит ограничился критикой монополий, искажающих свободную конкуренцию или корпоративную систему. Изучая «совершенный рынок» в «чистой экономике» Леон Вальрас отмечал, что конкуренция – понятие теоретическое, которое позволяет «получить наивысшую пользу при помощи наибольшей свободы» [7]. Он также отмечал, что на свободном рынке «краеугольным камнем» является активное признание конкуренции всеми частными предпринимателями, и если мы хотим сохранить эту систему необходимо чтобы конкуренция была активной, а рынки - свободными.» [8].

В дальнейшем исследователи сосредотачивали свое внимание на изучении монополистических отношений. Одновременно сохранились различные, скорее терминологические, чем содержательные определения монополий и монополистической деятельности. Предпринимательство рождает капитализм, а он в свою очередь превращается в монополистический капитализм или империализм. «... Можно сказать, что на известной ступени развития концентрация сама себя приводит к монополии» [9]. И в этом смысле правильно то положение, что «конкуренция убивает конкуренцию» [10]. При этом существование монополистов не исключает сохранение простой конкуренции - «монополия рождает конкуренцию, конкуренция рождает монополию» [11].

Монополизация рынка - это главнейшая экономическая закономерность. Ныне монополия является движущей силой общества и рынка. Монополистический капитализм «... капиталистов помимо их воли и сознания втягивает, можно сказать, в какую-то новую социальную формацию, переходит от свободной конкуренции к всеобщей концентрации» [12].

Предпосылки, ведущие к монополии, возникают в силу различных действий людей, правительства, руководства. Сами субъекты берут на себя полномочия использовать это право посредством различных методов, в том числе - с применением силы, борьбы, конкуренции. При этом, конкуренция - это борьба за приобретение льгот на рынке. Победители создают себе льготы, привилегии. Развитие этого процесса приводит к привилегиям особого свойства - возникновению монополий.

При монополии на рынке присутствует один продавец. Товар, который он продает не имеет заменителей. В отличие от совершенной конкуренции, конкуренция в данной отрасли «оккупирована» единственным предприятием [13].

Предпочтения и привилегии определяются как социальные явления, сформировавшиеся в результате человеческих отношений. Эти отношения являются борьбой, конкуренцией. Не только возникновение этих отношений, но и их сохранение, в той или иной степени, предполагает борьбу. То же самое происходит в экономике, борьба возникает в мире животных, а в человеческом обществе приобретает особые формы конкуренции. Борьба является объектом приобретения средств существования. Люди непрерывно борются за сохранение своего благосостояния, в каком-то смысле, имеет место известное высказывание Томаса Гоббса: «война всех против всех».

В условиях рыночной экономики борьба за средства существования, приходит в конкуренцию. Между субъектами рыночных отношений происходит конкуренция. Она зародилась одновременно с возникновением рынка и до сегодняшнего дня продолжает сохраняться в чистом виде. Без этого рынок невозможен. В то же время, кроме конкуренции в чистом виде возникает ее особая форма – монополия. Она для рынка является высшей формой конкурентной борьбы, при этом ею обладают не все субъекты рынка, а лишь отдельные его представители. Монополия не исключает своих предшественников, а возрождается на их основе, узаконивая общественно-экономический строй. «В практической жизни мы встречаемся не только с конкуренцией, монополией и их противопоставлением, но и с их синтезом, который представляет собой не формулу, а движение». Моно-

---

полю создает конкуренцию, конкуренция – монополию. Монополия может сохраняться благодаря тому, что находится в постоянной борьбе» [14]. «Конкуренция превращается в монополию, монополия не может прекратить поток конкуренции, более того сама рождает конкуренцию. Противоречия конкуренции в том, что каждый сам для себя должен желать монополии, в том случае, когда все общество понесет потери от монополии – уничтожит ее» [15]. Эти вековые положения не утратили своего значения и в наши дни, по этой причине необходимо изучать формы привилегий, борьбы, конкуренции. Не зная современной монополии не возможно постичь ее всецело, также как противопоставиться другим субъектам монополии.

Совершенной конкуренции противопоставляется собственно монополия, в этом случае, товар производится одним предприятием, а для новых производителей, из-за непреодолимых ограничений, становится невозможным внедрение в данную отрасль. Такое предприятие –производитель контролирует и производство и рынок[16].

Собственно монополия определяется в случае, когда в отрасли одна компания имеет преобладающую позицию, где границы этой компании и границы отрасли совпадают[17].

В словаре [18] «монополия» определяется как такое положение, при котором отсутствует конкуренция в создании предложения, существует единственный продавец. Монополия может создаваться законодательно, в интересах государства, государственной компании или частного лица (монополия на табачные изделия, спиртные напитки), или с целью законодательной защиты определенных прав (монополия на изобретение).

## ВЫВОДЫ

В общем и в целом термин «монополия» употребляется в двух значениях: в первом, узком, смысле - «единственный продавец». Во втором, вне зависимости от количества крупнейших продавцов и покупателей на рынке, - способностью владеть рынком. Поначалу монополисты возникли как местное, затем национальное, а теперь уже и мировое явление. Каждый из них может быть различным: случайным или неслучайным, закрытым или открытым, не возрождающимся или возрождающимся, естественным или искусственно созданным, главенствующим или чистым, простым или двойственным, обыкновенным или дискриминирующим. Различают также монополию частную (экономическую) и государственную (управленческую), простую и сложную, действительную и полную (чистую), олигополию и дуополию, управленческую и технологическую формы. По виду деятельности монополии бывают кредитные, торговые и промышленные [19].

Кредитная монополия возникла параллельно с возникновением ростовщического капитала, который устанавливал высокий кредитный процент. Это была первая экономическая форма монополии, которая частично преобразилась в самостоятельную форму. Возникшая кредитная система поначалу была направлена против ростовщичества. Ныне кредитный капитал использует те же способы борьбы.

Торговая монополия стала значимой в период средневековья, в то время появились различные компании (ост- и вест-индийская), которые свои привилегии закрепляли посредством государства и поощрялись посредством закона.

Современный торговый капитал часто использует эти возможности.

Производственная монополия возникла не в одночасье. По началу она была создана на относительно не перепроизводимый товар. Такая монополия сохраняет свою значимость и на современном рынке. Современная монополия производит свободно перепроизводимые товары любого вида. Предпосылками для возникновения такой монополии стало развитие научно-технического прогресса в 19 веке.

**Литература**

1. **Самуельсон П., Нордхаус В.** – Экономика. - М.: 2000, стр. 192.
2. **Маркс К., Энгельс Ф.** – Сочинения. - М.: Госполитиздат, 1955, стр. 482.
3. **Аристотель** – Сочинения в 4-х т.-М.: Мысль, 1976, Т.4, стр. 397.
4. **Бекон Ф.** – Сочинения в 2-х т.-М.: Мысль, 1977, Т.1, стр. 13.
5. **Прыкин Б.** – Микроэкономика в таблицах и графиках: Учебник для вузов. - М. Финансы, ЮНИТИ, 1999, стр. 219.
6. **Сажина М., Чибриков Г.** – Экономическая теория. Учебник для вузов. - М., 1998, стр. 119.
7. **Бернар И., Колли Ж.-К.** – Толковый экономический и финансовый словарь: французская, русская, английская, немецкая, испанская терминология: В 2-х - Т. I. - М., 1997, стр. 439-440.
8. **Прыкин Б.** – Микроэкономика в таблицах и графиках: Учебник для вузов. - М. Финансы, ЮНИТИ, 1999, стр. 218.
9. **Ленин В.** – Полн. собр. соч. - М., Политиздат, 1979, Т.27, стр. 311-312.
10. **Прудон П.** – Что такое собственность? - М., Республика, 1998, стр. 331.
11. **Маркс К., Энгельс Ф.** – Сочинения. - М., Госполитиздат, 1955, стр. 407.
12. **Ленин В.** – Полн. собр. соч.-М., Политиздат, 1979, Т.27, стр. 320-321.
13. **Сажина М., Чибриков Г.** – Экономическая теория. Учебник для вузов. - М., 1998, стр. 119.
14. **Кейнс Д.** – Общая теория занятости, процента и денег. – М., Прогресс, 1978, Т.4, стр. 166.
15. **Маркс К., Энгельс Ф.** – Сочинения. - М., Госполитиздат, 1955, Т.1, стр. 559-560.
16. **Камаев В.** – Экономическая теория: Учебник для вузов. - М., 1999, стр. 181.
17. **Нуреев Р.** – Курс микроэкономики. Учебник для вузов. - М., 1999, стр. 223.
18. **Бернар И., Колли Ж.-К.** – Толковый экономический и финансовый словарь: французская, русская, английская, немецкая, испанская терминология: В 2-х - Т. II. - М., 1997, стр. 238.
19. **Войтов А.** – Экономика. Общий курс (Фундаментальная теория экономики) Учебник. - 3-е переработанное изд. – М. Информационно – внедренческий центр “Маркетинг”. 1999, стр. 209-212.

## ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ АРАРАТСКОЙ РАВНИНЫ

Меликян Н., Мартиросян Т.

E-mail: [Tigran7711@mail.ru](mailto:Tigran7711@mail.ru)

Ереванский государственный университет архитектуры и строительства  
Республика Армения, г. Ереван, ул.Теряна 105

### ВВЕДЕНИЕ

Араратская равнина по некоторым аспектам является стратегически важным регионом для Республики Армения, но под действием неблагоприятных естественных и антропогенных факторов здесь возникли экологические и мелиоративные проблемы.

Главной причиной одной из этих проблем является высокое стояние уровня грунтовых вод, часть которых иногда имеет недопустимо высокие химические концентрации солей, приводящих к засоленности местных земель. В частности, по данным проведенного мелиоративного мониторинга засоленных земель Армавирской области Араратской равнины [1] из 17 931 га, изученных во время съемки площадей по состоянию на 2003 г., не засолены только 9 319 га земель, т.е. 45,3 % земель засолены в различной степени, что на 2 154 га больше, чем в 1984 г. Отметим, что из этих земель 6035га засолены нейтральными солями, только для промывки которых требуется около 90 млн м<sup>3</sup> воды, которую можно приобрести за счет увеличения водозабора из реки Аракс на 27 м<sup>3</sup>/сек [1].

Высокому стоянию грунтовых вод, кроме естественных источников способствуют и поверхностные, в частности, воды орошения. В работе [2], при изучении амплитуды годовых колебаний, выявлено, что в наблюдательных скважинах, расположенных в орошаемых землях, самый высокий уровень грунтовых вод наблюдается в июле-августе, т.е. в период вегетации. Хотя здесь удивительного ничего нет, если иметь в виду, что КПД ирригационной системы составляет около 50 %. Понятно, что при естественном режиме, как показали наблюдательные скважины, заложенные на неорошаемых (засоленных) землях, высокое стояние уровня грунтовых вод намечается на весенний период. Отметим, что по данным этой работы, очень высокое стояние уровня грунтовых вод за весь год наблюдается в скважинах, близко расположенных к прудам с рыбным хозяйством. Уровень грунтовых вод здесь находится на 0,4-0,5 м от поверхности земли. Это говорит о том, что вокруг этих прудов необходимо провести осушительный дренаж.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

С целью снижения уровня грунтовых вод на Араратской равнине в различные годы построено на общей площади 20,6 тыс га горизонтальные дрены открытого и закрытого типа.

Для осушения болот и, таким образом, ликвидации очагов малярии еще в 1949г. начали постройку открытых горизонтальных дренажей. Исходя из намеченных целей эти дрены имели небольшую глубину (до 1,5 м) и большое междренное расстояние (250...300 м). Отметим, что по этим недостаточным благоприятным параметрам, эти дрены выполнили свою роль и ликвидировали очаги малярии. Но при этих параметрах дренажей невозможно достигнуть осушения земель до требуемой нормы, создание оптимального воздушно-водного режима и предотвращение засоленности земель. Отметим, что работа этих дрен ухудшается из-за различных искусственных преград, созданных различными сооружениями на этих сетях.

Самыми распространенными из них являются земляные постройки на горизонтальных дренах, с целью поднятия в них уровней вод и использования для орошения местных земель. Только в

Араратской области в 2009 г. число таких подпоров составило 67 [2], которые привели к переувлажнению 300 га земли. Из-за малого уклона местности, возникающий подпор распространяется вдоль дрены на 1,5-2,0 км.

Для успешной борьбы против этого явления необходимо объяснить фермерам отрицательные последствия орошения этими высоко минеральными водами. Их применение противозаконно, согласно решению № 416 правительства РА от 17 апреля 2003 г. Самое главное необходимо предложить альтернативные источники вод. В работе [2] в качестве такой альтернативы предлагаются близко расположенные самоизливающиеся скважины, имеющие свободный дебит. Для определения этих дебитов предлагаются соответствующие расчетные методы [3].

В работе [2] указывается место и вид многочисленных сооружений, создающих подпор воды в осушении, в том числе и в водоприемниках; предлагаются пути и способы их устранения.

Если открытые горизонтальные дрены Араратской равнины с такими маломощными параметрами более или менее осушают земли, то работа закрытых горизонтальных дрен равнины на 90 % парализована. Здесь главной причиной являются возникающие большие подпоры воды из-за того, что не работают водоподъемные насосные станции. На некоторых малых участках, где водоотвод осуществляется самотеком, дрены дают значительный эффект, при понижении уровня грунтовых вод.

Считаем, правильнее выделить осушительные возможности горизонтальных дрен, без учета построения подпоров. Для этого предлагается определить два типа интенсивности осушения дрен: фактическую - по данным естественных наблюдений, и расчетную - по данным проекта. Если их показания сильно расходятся, значит где-то допущена ошибка, она может быть допущена и в проектных разработках, и в строительстве, и в эксплуатации. Не исключены и различные сочетания этих ошибок. Нами детально исследована естественная работа закрытых горизонтальных дрен в селах Овтшат и Нор Харберд [4,5]. В Овтшатской системе выявлены недостатки в трех областях. В проектно-изыскательной работе (не верно определено инфильтрационное питание), при строительстве (глубина расположения дрен уменьшена на 1 м), при эксплуатации (не производится отвод собираемых вод и в осушительной сети создается большой подпор, что в свою очередь привело к повсеместному заилению).

В Нор Харбердской системе не верно определены коэффициент фильтрации грунтового горизонта и инфильтрационное питание грунтовых вод. Здесь тоже повсюду созданы подпоры.

Для выявления допущенных ошибок в проектно-изыскательных работах нами использован метод математического моделирования, детально описанный в работе [6]. Используя данные естественных наблюдений на гидроинтеграторе, решена эпигнозная задача. Уточнение значений гидрогеологических параметров осушаемых территорий, дает возможность соблюдать предполагаемый режим осушения.

В отдельных случаях, грунтовые воды проникают в подвалы, на кладбища, в траншеи, в котлованы оснований и т.д. Возникает необходимость в расчетные сроки удалить эти воды. Для определения продолжительности этого понижения разработана методика, которая приводится в работе [7]. Эта методика пригодна и при определении режима рассоления земель на фоне горизонтального дренажа, а также при составлении режима подпочвенного орошения, с использованием горизонтальных закрытых дрен местности.

Другая экологическая проблема Араратской равнины возникла в сильно напорном водоносном горизонте. В работе [8] детально описывается нынешнее состояние этого горизонта и предлагаются методы ее улучшения. Ныне, по официальным данным, забор воды на 15-20 % превышает поступающее количество, однако фактическое состояние дел - трагично.

Большое количество этих вод используется для питания прудов с рыбным хозяйством, которые год за годом увеличиваются.





## НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ГИПЕРКОНЦЕНТРИРОВАННОГО НАНОСАМИ ПОТОКА В НЕПРИЗМАТИЧЕСКИХ РУСЛАХ

Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И., Чарбадзе З.Д.

E-mail: vitev@rambler.ru

Институт водного хозяйства Грузинского технического университета  
пр. И. Чавчавадзе, 60, г. Тбилиси, Грузия

### ВВЕДЕНИЕ

Для построения кривой свободной поверхности гиперконцентрированного наносами селевого потока с постоянным расходом вдоль пути в естественных непризматических руслах используется общеизвестное в гидравлике методов для водного потока, заменяя уклон в формуле Шези, через соответствующим средним значением уклона трения для осевого потока<sup>\*)</sup>, что позволяет решать ряд практических задач гидравлики гиперконцентрированных селей.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Допустим, что продольный профиль дна естественного непризматического русла имеет форму приведенной на рисунке.

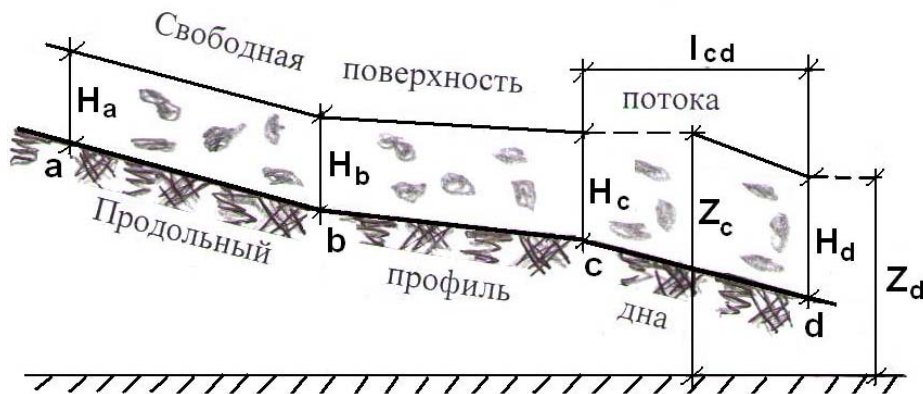


Рис. 1. Продольный профиль русла и свободной поверхности селевого потока

В начале рассмотрим крайний участок  $cd$  (см. рис.1), где  $H_d$  полная глубина потока, а  $Z_d$  отметка поверхности потока от плоскости сравнения. Естественно, известны также основные гидравлические элементы в сечении  $d$ , т.е.  $W_d$ ;  $H_d$  и др.

Воспользуемся общеизвестным дифференциальным уравнением:

$$\frac{dz}{dx} = \frac{d\left(\frac{V^2}{2g}\right)}{dx} + \frac{dh_m \mu}{dx} \dots \quad (1)$$

где:  $\frac{dh_m \mu}{dx}$  - потеря напора, обусловленная гидравлическими сопротивлениями на единицу длины русла;

$\frac{dz}{dx}$  - изменение положения уровня потока по длине русла, также отнесенное к единице длины;

ны;  $d\left(\frac{V^2}{2g}\right)$  - изменение величины скоростной части напора по длине русла, отнесенное также к единице длины русла водотока.

Тогда для любого сечения селевого потока [1,2,3]:

$$\frac{dh}{dx} = i_{mp} = I = \frac{Qv}{g\omega H^2 f(\beta)} \quad (2)$$

где:  $Q = const$  - расход селевого потока;

$v$  - коэффициент кинематической вязкости селея;

$g$  - ускорение силы тяжести;

$H$  - полная глубина селевого потока;

$\omega$  - площадь живого сечения селевого потока;

$$f(\beta) = \frac{\beta}{2}(\beta^2 - 1) + \frac{1}{3}(1 - \beta^2) \dots \quad (3)$$

$\beta = \frac{h}{H}$  относительная глубина;

$h$  - глубина ядра потока (т.н. «структурная» часть потока), т.е. глубина потока от свободной поверхности до градиентного слоя.

Конкретные значения  $f(\beta)$  можно брать из таблицы [1,2]:

Таблица

$\beta = \frac{h}{H}$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$f(\beta)$	0,333	0,283	0,234	0,187	0,14	0,1	0,069	0,04	0,018	0,0

Т.к. гидравлические элементы русла меняются с изменением его глубины от  $H_c$  до  $H_a$ , то в месте с тем меняется и величина  $i_{mp}$ .

Для простоты расчетов приближенно можно допустить на данном  $cd$  участке  $i_{mp} = const$ ,

где  $H = \frac{H_c + H_d}{2}$ ;  $\omega = \frac{\omega_c + \omega_d}{2}$  и др.

Из (1) следует:

$$dz = d\left(\frac{V^2}{2g}\right) + \frac{Qv dx}{g\omega H^2 f(\beta)} \dots \quad (4)$$

или

$$\int_{Z_c}^{Z_d} dz = \int_{V_c}^{V_d} d \left( \frac{V^2}{2g} \right) + \int_0^{\ell_{cd}} \frac{Qv}{g\omega H^2 f(\beta)} \dots \quad (5)$$

Учитывая, что  $V = \frac{Q}{\omega}$  после интегрирования (5) получим:

$$Z_d - Z_c = \frac{Q^2}{2g} \left( \frac{1}{\omega_d^2} - \frac{1}{\omega_c^2} \right) + \frac{Qv \ell_{cd}}{g\omega H^2 f(\beta)} \dots \quad (6)$$

где  $\ell_{cd}$  - расстояние между сечениями  $c$  и  $d$ .

В зависимости (6) две неизвестные величины  $Z_c$  и  $\omega_c$ . Задача решается подбором такой величины  $Z_c$  от ней  $\omega_c$  (значит и  $H_c$ ), при которой равенство (6) обращается в тождество.

По зависимости (6) можно также определить гидравлические элементы  $bc$ ,  $ab$  и др.

## ВЫВОДЫ

1. Эксперименты на селевой установке показали, что в зависимости от средней по сечению скорости потока и величины кинематической вязкости; соотношение  $\frac{v}{f(\beta)}$  в зависимости (4) - является постоянной величиной.
2. Предлагаемая схема расчета дает возможность решать ряд практических задач гидравлики гиперконцентрированных селей.

## Литература:

1. **Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И.** Основы динамики селей. Тбилиси, 2007 г., 214 ст.;
2. **Natishvili O., Dzlierishvili A.** Solution of Some Practical Problems Connected with a Free Flow Motion in Cohesive Flow //Bulletin of the Georgian Academy of Sciences, 155. N2, 1997, pp. 228÷230;
3. **Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И.** Одномерное уравнение движения связного селевого потока с переменным расходом вдоль пути и некоторые его частные решения. //Ж. «Метеорология и гидрология», 2010 г., №2, ст. 101÷104;
4. **Гагошидзе М.С., Натишвили О.Г.** Экспериментальная установка по изучению селевых потоков и паводков. //Труды ГрузНИИГиМ., вып. 23, 1965 г., ст. 175÷184.

ფერდოზეა ეროზიის დამცავი არხისმჭრელის თეორიული კვლევა

ვახტანგ სამხარაძე, თორნიკე ჯანელიძე

E-mail: robertdia@mail.ru

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

ინტენსიური წვიმების პერიოდში ადგილი აქვს წყლისმიერ ეროზიას, უპირატესად მთისა და მთისწინა რეგიონებში. ეროზიის შესამცირებლად საჭიროა წყლის ნაკადის ენერჯის ჩახშობა იმ დონემდე, რომ ადგილი არ ჰქონდეს ნიადაგის ჩარეცხვას. ამ პრობლემის გადასაწყვეტად საჭიროა ახალი ტექნოლოგიისა და შესატყვისი არხისმჭრელი მოწყობილობის დამუშავება.

პირითაღი ნაწილი

არხების დაჭრა კონიური ტიპის საგორი კვალსაჭრელით – ჭრითა და ტკეპნით – ახალი მიმართულებაა. გაჭრილი არხის მდგრადობისათვის აუცილებელია მუშა ორგანოს პარამეტრების სწორი შერჩევა, რაც დაფუძნებულია გორვისა და სრიალის თეორიაზე. ნაშრომში მოყვანილია სრიალის კოეფიციენტის და მუშა ორგანოს ოპტიმალური პარამეტრების საანგარიშო ფორმულა.

საგორავი არხისმჭრელის პარამეტრების შერჩევა

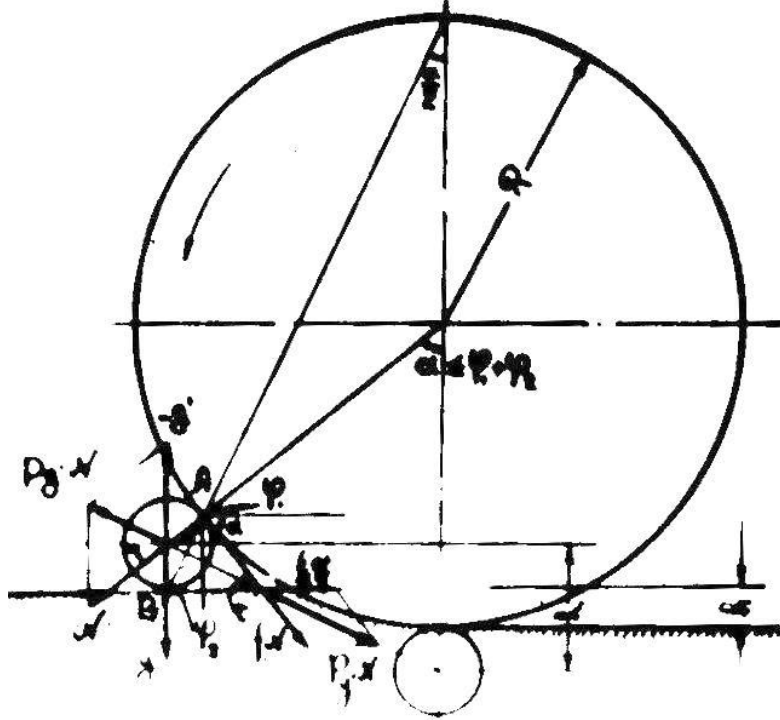
გორვის წინააღმდეგობის ანალიზური წესით გასარკვევად საგორავების პარამეტრების გარდა საჭიროა ნიადაგის თვისებების ცოდნა, თუ როგორ წინააღმდეგობას უწევს ნიადაგი მასზე მოქმედ საგორავს თელვის დროს. აკად. ვ. პ. გორიაჩინის მიერ ნიადაგის ეს თვისებები გამოსახულია K კოეფიციენტით:

$$K = bD^2 = \frac{P^2}{G^4}$$

თუ ამ ტოლობაში შეტანილი იქნება საგორავის დამახასიათებელი პარამეტრები და ექსპერიმენტით მიღებული წვეის მნიშვნელობა, შეიძლება მიღებულ იქნეს შესაბამისი (კონკრეტული) პირობისათვის K კოეფიციენტის სიდიდე. საგორავის მუშაობის დროს მისი დიამეტრი ისე უნდა შეირჩეს, რომ მის წინ მდებარე ნიადაგის ნიწილაკები დაიტკეპნოს და არ მოხდეს მათი შეგროვება. იგი უნდა შეირჩეს ჩაღრმავების სიდიდის მიხედვით, რათა საგორავის სათანადო ჩაღრმავების კუთხით უზრუნველყოფილ იქნეს ნიადაგის ნიწილაკების ჩათრევა საგორავის ზედაპირის ქვეშ.

ქვემოთ მოყვანილი საგორავი არხისმჭრელი მუშაობის პროცესში ჩაღრმავებულია h სიღრმეზე (ნახ.1) და ნიადაგის ზედაპირზე A წერტილში ხვდება მისი ნიწილაკები. შემოღებულია სიდიდეები:  $y_1$  - ხახუნის კუთხე ნიადაგის ნიწილაკისა და საგორავის სამუშაო ზედაპირს შორის უდრის  $20^\circ$ -ს;  $y_2$  - ხახუნის კუთხე ნიადაგის ნიწილაკისა და

თვით ნიადაგის ზედაპირებს შორის  $20^\circ$ -ია :  $a$  - საგორავის ნიადაგში ჩაღრმავების კუთხე;  $N$  - საგორავის  $A$  წერტილზე მოქმედი ნორმალური ძალა;  $g$  - ნიადაგის ნაწილაკის წონა;  $R$  - საგორავის რადიუსი 40 მმ-ის ტოლია;  $h_1$  - ნაწილაკების ჩაღრმავების სიდიდე უდრის 80 მმ-ს.



ნახ.1. საგორავის წინ მდებარე ნიადაგის ნაწილაკი

საგორავის მოქმედების შედეგად ნიადაგის ნაწილაკი  $A$  წერტილით ეხება საგორავის სამუშაო ზედაპირს, ხოლო  $B$  წერტილით დევეს ნიადაგის ზედაპირზე. შეხების წერტილებზე წარმოიქმნება ხახუნის ძალები  $f_2g'$  და  $f_1N$ , რომლებიც ცდილობენ ნიადაგის ნაწილაკები არ გასრიალდეს საგორავისა და ნიადაგის ზედაპირზე. აღნიშნული  $f_2g'$  და  $f_1N$  ძალების გავლენით ნაწილაკი გადაადგილდება მათი ტოლქმედის მიმართულებით  $P=f_2g'-f_1N$ . იმ შემთხვევაში, როდესაც ნაწილაკი დევეს მიწის ზედაპირზე, ნიადაგის ჩათრევისა და საგორავის ნიადაგში ჩაღრმავების კუთხეები ტოლია ( $\alpha = \tau$ ). თუ ჩათრევის კუთხე  $t$  ნაკლებია  $y_1$  და  $y_2$  ხახუნის კუთხეების ჯამზე, მაშინ  $f_2g'$ ,  $f_1N$  და  $g_1N$  ძალების ტოლქმედი მიმართული იქნება ჩართვის კუთხის ( $t$ ) წვეროსკენ და ხდება ნაწილაკის ჩათრევა.

პირიქით, თუ  $\tau > y_1+y_2$  მაშინ ტოლქმედი მიმართულია ჩათრევის კუთხის წვეროს საწინააღმდეგოდ და არ ხდება ნაწილაკის ჩათრევა, ხოლო როდესაც  $\tau = y_1+y_2$ , მაშინ ტოლქმედი ტოლია ნულის. ამრიგად, იმ მიზნით, რომ მოხდეს ნიადაგში ნაწილაკის ჩათრევა, საგორავის სამუშაო ზედაპირის შიგნით ჩაღრმავების კუთხე არ უნდა აღემატებოდეს  $y_1$  და  $y_2$  ხახუნის კუთხეების ჯამს, ე. ი.  $\alpha \leq y_1+y_2$ .

ამ პირობებში საგორავი გადაივლის ნიადაგის ნაწილაკზე, ეს უკანასკნელი გაივლის  $h_1$  მანძილს (ნაწილაკის დეფორმაცია არ მიიღება მხედველობაში), რომელიც იანგარიშება ნახ.1-ის მიხედვით.

$$h_1 = R + r - (R + r) \cos \alpha,$$

საიდანაც საგორავი რადიუსი შეიძლება შეირჩეს შემდეგი ტოლობით:

$$R = \frac{h_1}{1 - \cos \alpha} - r \quad \text{ან} \quad R \geq \frac{h_1}{1 - \cos(\gamma_1 + \gamma_2)} \quad (1)$$

რიცხოვრივი მნიშვნელობების ჩასმით იქნება;

$$R \geq \frac{80}{1 - \cos(20^\circ + 20^\circ)} - 40$$

თანახმად ანგარიშისა,  $R \geq 300$ , საგორავის დიამეტრიც აიღება 600 მმ. მიღებული ტოლობა იძლევა საგორავის დიამეტრს, ნიადაგის ნაწილაკის რადიუსსა და ნიადაგში ჩაღრმავების სიღრმეს შორის დამოკიდებულებას სათანადო ხახუნის არსებობის შემთხვევაში.

მეორეს მხრივ, როგორც ვ.ა. ჟილიგოვსკი აღნიშნავდა, დისკოსებური მუშა იარაღის განსაზღვრულ სიღრმეზე ჩაღრმავების დროს, მისი გორვისას სრიალის გარეშე და აგრეთვე გრუნტზე სრიალის წერტილების უქონლობისას, სიღრმე უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას:

$$\alpha = 2r \sin^2 \gamma, \quad (2)$$

სადაც,  $\alpha$  არის ჩაღრმავების სიღრმე;

$r$  – ბადროს რადიუსი;

$\gamma$  - ხახუნის კუთხე.

ბადროსათვის მისი მჭრელი პირის ხახუნის კუთხე გასაჭრელ მასალასთან აიღება  $27^\circ$ , ზემოთ მოყვანილი პირობის შესასრულებლად ბადროს ჩაღრმავების სიღრმე არ უნდა აღემატებოდეს  $0.4r$ -ს ე.ი.  $\alpha = 0.4r$ . სინამდვილეში კი ბადროებით დამუშავების სიღრმე შეადგენს  $\alpha = 0.7 + 0.8r$ , რომლის გადიდებაც გავლენას ახდენს მის კინემატიკაზე, ე.ი თუ ბადროს ჩაღრმავების სიღრმე მეტია, მაშინ იგი იწყებს გადაგორებას სრიალით.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, საგორი არსსაჭრელის მუშაობაზე სრიალის გავლენის შესამცირებლად დაცული უნდა იქნეს ტექნოლოგიური პროცესის შესრულების ხარისხი, ბადროს დიამეტრი არ უნდა აღემატებოდეს 1,5 მ, რომელიც შეირჩა 1,2 მ-ის ტოლი, რაც ზემოთ მოყვანილ პირობებს აკმაყოფილებს.

ამრიგად, ფერდობზე ნიადაგების ათვისებაში სხვა ღონისძიებებთან ერთად მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია დროებითი არხების დაჭრას; შემოთავაზებულია წიბოვანი საგორი არხიმჭრელით დროებითი არხების გაყვანა და არხის ჭრის ახალი ტექნოლოგია (ჭრა და ტკეპნა); შერჩეული იქნა არხის ჭრითა და ტკეპნით ფორმირების, წინაღობის შემცირების, გაჭრილი არხის კედლების მდგრადობის, მუშა ორგანოს სწორი პარამეტრები, რაც ემყარება გორვისა და სრიალის თეორიულ საფუძვლებს; შესწავლილ იქნა გარდამავალ-რადიუსიანი თვლის სრიალის კოეფიციენტი და საგორავი

არხისმჭრელის მუშაობაზე სრიალის გავლენის შესამცირებლად და ტექნოლოგიური პროცესის შესრულების ხარისხის დასაცავად დადგინდა მისი პარამეტრები.



ნახ.2. საგორი არხისმჭრელის მაკეტი

### დასკვნა

- 1 შემოთავაზებულია საგორავი არხისმჭრელით გაჭრილი არხი, რომელიც ყალიბდება ახალი ტექნოლოგიით, ჭრითა და ტეპნით, მდგრადია კედლები, ძირი აქვს ნახლენების გარეშე და მთელი წლის განმავლობაში შეუძლია შეასრულოს თავისი ფუნქცია – მიიღოს ზედაპირული წყლის ნაკადი და დაახშოს მისი გამრეცხი ძალა.
- 2 შესწავლილ იქნა არხისმჭრელის პარამეტრები: დიამეტრი 1200 მმ, გვერდითი საგორაეების დიამეტრიც – 600 მმ.
- 3 არხისმჭრელი მარტივი კონსტრუქციისაა და აქვს მაღალი წარმადობა 5-10კმ საათში.

### ლიტერატურა

1. Горячкин В.М. Собрание сочинений 1-7М;
2. Желиговский В.А. Сборник трудов по земледельческой работы. Л. 1969 г.;
3. Самхарадзе В.И. Вопросы гидромелиорации в Грузии. Сборник научных трудов. Тбилиси, 1987 г.

## К РАСЧЁТУ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА В ТРУБОПРОВОДЕ С ЛИНЕЙНО МЕНЯЮЩИМСЯ ДИАМЕТРОМ ПО ДЛИНЕ

Саруханян Т.А.

E-mail: [tigran.sarukhanyan@gmail.com](mailto:tigran.sarukhanyan@gmail.com)

ЗАО "Институт водных проблем и гидротехники имени академика И. В. Егиазарова"  
Республика Армения, г. Ереван 0047, ул. Арменакян 125

### ВВЕДЕНИЕ

В различных технологических системах в составе напорных трубопроводов часто встречаются участки, где диаметр меняется линейно по длине. В зависимости от изменения режимов работы, часто движение жидкости в этих трубопроводах бывает неустановившимся [1-4].

В большинстве случаев неустановившийся процесс вызывается изменением скорости жидкости. При этом процессе в трубопроводе будет происходить гидравлический удар, приводящий к изменению (повышению или понижению) давления. Поэтому необходимо теоретическое обобщение задачи гидравлического удара в трубе с линейно меняющимся диаметром по длине, что вызвано их практическим применением [1, 4]. Расчету трубопроводов, для которых диаметр и скорость распространения ударной волны меняется линейно по длине, чему ряд работ посвятил Фавр.

Для трубопроводов, как угодно составленных из участков с непрерывно меняющимися параметрами, Н.Т. Мелещенко, предложил способ расчета, основанный на применении характеристик дифференциального уравнения гидравлического удара.

Для практических инженерных расчетов большое значение имеет определение величины повышения давления и скорости распространения ударной волны при гидравлическом ударе. Ниже приводится метод определения скорости распространения ударной волны и повышения давления по принципу сохранения энергии [1, 5].

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

#### Энергетический метод определения максимального повышения давления и скорости распространения ударной волны

При гидравлическом ударе повышение давления является результатом перехода кинетической энергии жидкости  $K$ , заключенной в трубопроводе, в работу деформации: растяжения стенок трубы  $A_{ст}$  и сжатия жидкости  $A_{жид}$ .

$$K = A_{ст} + A_{жид}. \quad (1)$$

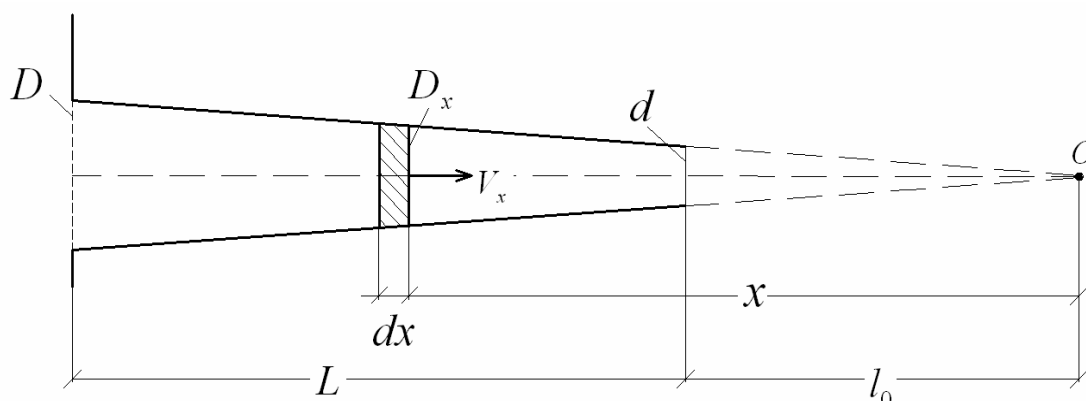
Продифференцировав уравнение (1), получим

$$dK = dA_{ст} + dA_{жид}. \quad (2)$$

Для вычисления значений  $dk$ ,  $dA_{ст}$ ,  $dA_{жид}$  на расстоянии  $x$  от начала отсчета, выделим бесконечно малый элемент длиной  $dx$  (рис.1)



**К РАСЧЕТУ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА В ТРУБОПРОВОДЕ С ЛИНЕЙНО  
МЕНЯЮЩИМСЯ ДИАМЕТРОМ ПО ДЛИНЕ**



**Рис.1 К расчету скорости ударной волны и повышения давления в трубопроводе**

Кинетическая энергия жидкости, заключенная в выделенном элементарном объеме, равна

$$dK = \rho A_x \frac{V_x^2}{2} dx, \quad (3)$$

где  $A_x = \frac{\pi D_x^2}{4}$  - площадь трубы на расстоянии  $x$ ,  $D_x$  - диаметр трубы,  $D_x = \beta x$ ,

$$\beta = \frac{D-d}{L},$$

$\beta$  - коэффициент раструба,  $V_x$  - средняя скорость потока в живом сечении.

$$V_x = \frac{4Q}{\pi D_x^2}. \quad (4)$$

Кинетическая энергия жидкости, заключенная в объем длиной  $L$ , будет

$$K = \int_{P_0}^{l_0+L} 2\rho \frac{Q^2}{\pi D_x^2} dx = \int_{P_0}^{l_0+L} 2\rho \frac{Q^2}{\pi \beta^2 x^2} dx = 2\rho \frac{Q^2}{\pi \beta^2} \left[ \frac{1}{l_0} - \frac{1}{l_0+L} \right] = 2\rho \frac{Q^2}{\pi \beta} \left[ \frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right]. \quad (5)$$

Работа сжатия жидкости в элементарном объеме равна потенциальной энергии деформируемого тела и составляет половину произведения давления на деформацию (растяжение или сжатие), т.е.

$$dA_{жид} = \frac{1}{2} \Delta P_x d\Delta W_x, \quad (6)$$

где  $\Delta P_x$  - повышение давления на расстоянии  $x$ ,  $d\Delta W_x$  - деформация жидкости объемом  $\Delta W_x$ .

Принимая тот факт, что жидкость подчиняется закону Гука, имеем

$$\frac{d\Delta W_x}{\Delta W_x} = -\frac{\Delta P_x}{B}, \quad (7)$$

где  $B$  - объемный модуль упругости жидкости.

С учетом (7), уравнение (6) примет вид

$$dA_{жид} = \frac{1}{2} \Delta P_x \frac{\Delta P_x}{B} \Delta W_x. \quad (8)$$

Здесь знак плюс или минус после знака равенства опускается, так как работа не может быть отрицательной.



**К РАСЧЕТУ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА В ТРУБОПРОВОДЕ С ЛИНЕЙНО  
МЕНЯЮЩИМСЯ ДИАМЕТРОМ ПО ДЛИНЕ**

где  $\theta = \frac{\delta_n - \delta_k}{L}$  - относительное изменение толщины стенки по длине,

$\delta_n$  - толщина стенки в начальном сечении трубы,

$\delta_k$  - толщина стенки в конечном сечении трубы.

1 случай.

В первом случае с учетом (11) имеем

$$A_{cm} = \int_{l_0}^{l_0+L} \frac{\Delta P_{uc}^2 \cdot \pi d_{uc}^4}{8E\delta_0\beta x} dx = \frac{\Delta P_{uc}^2 \cdot \pi d_{uc}^4}{8E\delta_0\beta} \ln \left[ \frac{l_0 + L}{l_0} \right]. \quad (17)$$

Подставляя полученные значения  $k$ ,  $A_{жид}$ ,  $A_{cm}$  из уравнений (5), (12) и (17) в уравнение (1), получим

$$2\rho \frac{Q^2}{\pi\beta^2} \left[ \frac{1}{l_0} - \frac{1}{l_0 + L} \right] = \frac{\pi \Delta P_{uc}^2 \cdot d_{uc}^4}{8 k\beta^2} \left[ \frac{1}{l_0} - \frac{1}{l_0 + L} \right] + \frac{\Delta P_{uc}^2 \cdot \pi d_{uc}^4}{8E\delta_0\beta} \ln \left[ \frac{l_0 + L}{l_0} \right]$$

Выразив расход через среднюю скорость жидкости в исходном сечении, получим

$$\rho V_{uc}^2 = \frac{\Delta P_{uc}^2}{B} + \frac{\Delta P_{uc}^2}{E\delta_0} \beta \cdot \frac{\ln \left[ \frac{l_0 + L}{l_0} \right]}{\left[ \frac{1}{l_0} - \frac{1}{l_0 + L} \right]},$$

или

$$\rho V_{uc}^2 = \frac{\Delta P_{uc}^2}{B} + \frac{\Delta P_{uc}^2}{E\delta_0} \cdot \frac{D \cdot \ln \left[ \frac{D}{d} \right]}{\frac{D}{d} - 1} \quad (18)$$

Из последнего равенства получаем

$$\Delta P_{uc} = \rho a V_{uc}. \quad (19)$$

Здесь  $a$  - скорость распространения ударной волны

$$a = \frac{\sqrt{\frac{B}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{BD}{\delta E} \cdot \frac{\ln \left[ \frac{D}{d} \right]}{\frac{D}{d} - 1}}}. \quad (20)$$

По формуле (20) определяется средняя скорость распространения ударной волны в трубопроводе с линейно меняющимся диаметром по длине, при постоянной толщине стенки.

Из формулы (20) можно получить скорость распространения ударной волны в круглой цилиндрической трубе. В случае цилиндрической трубы  $D = const$  ( $D = d$ ) и имея ввиду, что

$$\lim_{\frac{D}{d} \rightarrow 1} \left( \frac{\ln \left[ \frac{D}{d} \right]}{\frac{D}{d} - 1} \right) = 1,$$

получим известную формулу распространения ударной волны в цилиндрической трубе



ეკონომიკის მართვის თანამედროვე პრობლემები

კობა სოხაძე

E-mail: kobasoxadze@gmail.com

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მ. კოსტავას ქ. 68, 0175, ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

როგორც ცივილიზებული ქვეყნების განვითარების პრაქტიკამ გვაჩვენა, მოსახლეობის ცხოვრების დონე და მისი კეთილდღეობა დამოკიდებულია არა იმდენად ბუნებრივი რესურსებით ქვეყნის სიმდიდრეზე, არამედ უპირატესად ქვეყნის ხელისუფლების ნებაზე ეფექტურად მართოს ქვეყანაში მიმდინარე პროცესები და გააცნობიეროს მართვის პროცესებისადმი სისტემური მიდგომის არსი და მისი გამოყენების აუცილებლობა. ცნობილია გამოთქმა, რომ არ არსებობს მდიდარი და ღარიბი ქვეყნები, არამედ არსებობს ეფექტური და არაეფექტური მართვა. ბუნებრივი რესურსებით შედარებით მწირ ისეთ ქვეყნებში, როგორცაა იაპონია, ჰოლანდია, ფინეთი, სამხრეთ კორეა და ჰონკონგი, ეფექტური ხელისუფლება სისტემური მართვის პირობებში უზრუნველყოფს მოსახლეობის ცხოვრების მაღალ დონეს, ცხოვრების ღირსეულ წესსა და მოსახლეობის ეკონომიკურ და პოლიტიკურ უსაფრთხოებას. საპირისპირო შედეგებია ეკონომიკური რესურსებით მდიდარ ისეთ პოსტსაბჭოურ ქვეყნებში, როგორცაა: რუსეთი, ყაზახეთი, ყირგიზეთი და აზერბაიჯანი, რომლებშიც მართვის ეფექტური სისტემის არარსებობის გამო მოსახლეობის ცხოვრების დონე დაბალია და არის პოლიტიკური და ეკონომიკური კრიზისის მაღალი ალბათობა.

პოლიტიკური დამოუკიდებლობა ავტომატურად არ გულისხმობს ეკონომიკურ დამოუკიდებლობას. ამ ანბანური ჭეშმარიტების გაუთვალისწინებლობის შედეგია სახელმწიფოთა შორის ადრე არსებული ეკონომიკური კავშირების ხელაღებით უარყოფა. მაგალითად, გონიერი ადამიანისათვის სრულიად გაუგებარი იყო გასულის საუკუნის 90-იანი წლების დასაწყისში რუსეთიდან მატარებლებით შემოსული ტვირთების დაბლოკვისა და ძარცვის პოლიტიკური მოტივებით გამართლება. ხ. გამსახურდიას ხელისუფლების, რევოლუციის გზით დამხობის შემდეგ ქვეყნის ტერიტორიაზე არსებული, მთელი მატერიალური სიმდიდრისა და რესურსის ძარცვა, ქვეყნის მმართველი ორგანოს, სამხედრო საბჭოს მიერ, სახელმწიფო ეკონომიკური პოლიტიკის რანგში იქნა აყვანილი, რის გამოც საუბარიც კი არ შეიძლებოდა მართვის პროცესებისადმი სისტემურ მიდგომაზე.

პირითაღი ნაწილი

ქვეყანაში მართვის პროცესების დალაგება დაიწყო გასული საუკუნის 90-იანი წლების მეორე ნახევრიდან, 1995 წლის აგვისტოში ქვეყნის ახალი კონსტიტუციის მიღების შემდეგ. საქართველოს ლეგიტიმურმა ხელისუფლებამ აქტიურად დაიწყო გზების ძიება ეკონომიკური რეფორმების გატარებისა და ინვესტიციების მოზიდვის მიზნით. მთავრობამ რეფორმების გატარების პროცესში ჩართო მსოფლიოს საერთაშორისო ორგანიზაციების ცნობილი მეცნიერები და სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულებები. პირველ რიგში კი მსოფლიო ბანკის და საერთაშორისო განვითარების ფონდის დახმარებების კორუფციულმა და დამახინჯებულმა სისტემამ შეაფერხა მართვისადმი სისტემური მიდგომის პროცესები და ეკონომიკის განვითარება. საქართველოს ხელისუფლება მიხვდა, რომ დიდი ძალისხმევა არ იყო საჭირო ქვეყანაში ინვესტიციების მოზიდვისა და მისი

არამიზნობრივად გამოყენებისათვის, რადგან ინვესტიციის მომცემი ორგანიზაციების ირიბი, გაუმხელელი შეკვეთა იყო თანხების გამოყენება არამიზნობრივად ანუ კორუფციული სისტემის შექმნა. აღნიშნული ორგანიზაციების კატეგორიული მოთხოვნა იყო ის, რომ ინვესტიციების არცერთი ლარი არ უნდა მოხმარებოდა ეროვნული მეურნეობის აღდგენა-რეაბილიტაციას. საქართველოს კისერზე ჩამოკიდეს მილიარდობით დოლარის საგარეო ვალი, მისი მონური პოლიტიკური მორჩილების სანაცვლოდ.

მსოფლიო კომუნიკაციების სისტემის განვითარებამ და მოსახლეობის ინფორმირებულობის გაზრდამ ნათელი გახადა, რომ დასავლეთის ქვეყნებს, პირველ რიგში კი აშშ-ს სჭირდებათ საქართველო მისი გეოპოლიტიკური მდებარეობისა და რუსეთთან პოლიტიკური ზემოქმედების ინსტრუმენტად, რომლის დროსაც საქართველოს დაეკისრებოდა გარკვეული ფუნქცია. გაუაზრებელი და პოლიტიკის მართვის სისტემური მიდგომის არარსებობის გამო საქართველო გახდა გლობალურ პროცესებში დასავლეთის ინტერესების გატარების უპრეტენზიო მოთამაშე. პრეზიდენტი ე.შევარდნაძე დიდი პოლიტიკური გამოცდილების გამო ახერხებდა გარკვეულ მანევრირებას დასავლეთსა და რუსეთს შორის, რაც დასავლეთისათვის მიუღებელი აღმოჩნდა და გახდა ე.წ. “ვარდების რევოლუციის” ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მოტივი.

ბოლო ათი წლის განმავლობაში, სახელმწიფოსა და ეროვნული მეურნეობის მართვის მთავარი ნაკლია მართვის პროცესებისადმი სისტემური მიდგომის უარყოფა და იმის აუღიარებლობა, რომ არ არსებობს სახელმწიფოს ნება ქვეყნის სოციალური და ეკონომიკური კრიზისის დასაძლევად. ჩვენ თავს ვიწონებთ გატარებული ეკონომიკური რეფორმებით და ხმას არ ვიღებთ იმასთან დაკავშირებით, თუ როგორ შეეხო ეს რეფორმები ქვეყნის განვითარების ისეთ მაჩვენებლებს, როგორცაა მოსახლეობის დასაქმება, მცირე და საშუალო ბიზნესის განვითარება, რეალური სოციალური დაცვის სისტემის შექმნა და ა.შ. ეს ის მაჩვენებლებია, რომლებიც ნაკლებად ექვემდებარება ციფრებითა და სტატისტიკური მაჩვენებლებით მანიპულირებას და რეალურად ასახავს საზოგადოების განვითარების დონეს.

ქვეყნის განვითარების ძირითადი ტენდენციების ანალიზისას რჩება შთაბეჭდილება, რომ სახელმწიფო მხოლოდ ვალის მოხდის მიზნით, რეფორმატორი სახელმწიფოს იმიჯის დამკვიდრებისათვის იღებს ეკონომიკური და სოციალური მიმართულების გადაწყვეტილებებს, რომელთა უმეტესობა, როგორც წესი, არ სრულდება. აღნიშნული მიმართულებებით წინსვლას ვერ შევლის ვერც ევროკავშირისა და ნატოს მოთხოვნები, მოსახლეობის ცხოვრების დონისა და დასაქმების ევროსტანდარტების დონესთან მიახლოების მიზნით.

განვლილი პერიოდის ანალიზი და შექმნილი კრიზისული სიტუაციიდან გამოსავალის ძიება ვერ იქნება სრულყოფილი თუ არ იქნა გაანალიზებული ორი ზესახელმწიფოს: აშშ-ისა და რუსეთის საერთო ინტერესები და მათი საქართველოსთან მიმართება. აშშ დემოკრატიის დამკვიდრების იდეის რეალიზაციით ცდილობს მსოფლიოში ახალი წესრიგის დამყარებას, რაც ავტომატურად იწვევს სხვა დიდი სახელმწიფოების, მათ შორის რუსეთის ინტერესების შელახვას, ბ.ეღცინის პრეზიდენტობის პერიოდში რუსეთსა და აშშ-ს შორის კომფორტაციას არ ჰქონდა გამოკვეთილი ხასიათი. ვ. პუტინისა და დ. მედვედევის პრეზიდენტობის პერიოდი ხასიათდება რუსეთის გეოპოლიტიკური ინტერესების აშკარა დაფიქსირებით და შესაბამისი პოლიტიკის გატარებით. ორი დიდი მოთამაშე სახელმწიფო ახერხებს ურთიერთდათმობების შენარჩუნებით საკუთარი ინტერესების რეალიზაციას. საქართველოს არა აქვს სამხედრო, ეკონომიკური და პოლიტიკური პოტენციალი, რომ მსოფლიო გეოპოლიტიკური თამაშების სრულფასოვანი მოთამაშე გახდეს. აშშ-ის საგარეო პრიორიტეტების განხილვის დროს სულ უფრო მკაფიოდ იკვეთება მისი პოზიცია, რომ მას არ აწყობს რუსეთთან დაუმთავრებელ კომფორტაციაში მყოფი

საქართველო. საქართველოს დღეისათვის აქვს უნიკალური, შანსი რუსეთთან მიმართებაში გაატაროს პოლიტიკა, რაც მომგებიანი იქნება როგორც საქართველოს, ისე აშშ-ისთვის. კერძოდ, მან უარი უნდა თქვას მისი როგორც გამოკვეთილი მოთამაშის პრეტენზიაზე და თუნდაც ქვეყნის ტერიტორიული მთლიანობის აღდგენის მოტივით წავიდეს ისეთ დათმობებზე, რაც შორეული პერსპექტივისათვის მის ინტერესებს არ დაახარალებს. უპირველესად, საჭიროა დიპლომატიური ურთიერთობებისა და სავაჭრო-ეკონომიკური ურთიერთობების აღდგენა, სავიზო რეჟიმისა და სატრანსპორტო მიმოსვლის გამარტივება. რუსეთთან ურთიერთობების სტაბილიზაცია საქართველოში ძლიერი სახელმწიფოს მშენებლობის მნიშვნელოვანი ფაქტორია, რაც დღეისათვის ევროკავშირში გაწევრიანებისა და ცივილიზებული სამყაროს სრულფასოვან წევრად გახდომის დადებითი ფაქტორია.

მართვის სისტემური მიდგომა გულისხმობს მმართველობის ისეთი ეფექტური მექანიზმების შექმნას, როცა მმართველობის ნებისმიერ დონეზე ქრება პიროვნული ფაქტორის გაფეტიშების აუცილებლობა და მმართველობა ნაკლებადაა დამოკიდებული იმაზე, თუ ვინ არის ქვეყნის ან კორპორაციის პრეზიდენტი. მართვის სუბიექტი იმართება, შეიძლება ითქვას, დაპროგრამებულ რეჟიმში და მისი გამორთვა ან ჩართვა მოითხოვს მართვის შემსრულებელი რგოლების პროფესიონალიზმსა და პასუხისმგებლობას. სახელმწიფოს უნდა გააჩნდეს მაშველი რგოლის ფუნქცია, რაც გულისხმობს ნებისმიერ კრიზისულ სიტუაციაში სახელმწიფო მექანიზმების ამუშავებას კრიზისული სიტუაციების დასაძლევად. ძალთა თანაფარდობის გადანაწილების ასეთი სისტემის ეფექტურობა თვალსაჩინოებისთვის შეიძლება განვიხილოთ აშშ-ის მაგალითზე, სადაც თეთრი სახლი, კონგრესი, სენატი, დამოუკიდებელი სასამართლო, ოპოზიციური პარტია (დემოკრატები და რესპუბლიკელები რიგ-რიგობით), სამოქალაქო საზოგადოება და ა.შ. უზრუნველყოფს ქვეყნის ეფექტური მართვის სისტემის არსებობას, მიუხედავად ქვეყნის მმართველი ძალის პიროვნული ფაქტორებისა.

ცივილიზებული ქვეყნების მართვის სისტემის სპეციფიკაა ის, რომ საზოგადოებას საშუალება აქვს ისტორიის ამა თუ იმ მონაკვეთში მმართველობაში მოსასვლელად ხმა მისცეს იმ პარტიას, რომელსაც გარკვეულად ჩამოუყალიბდა ქვეყნის მართვის გარკვეული სტილი, ესენი შეიძლება იყვნენ ლეიბორისტები ან კონსერვატორები, რესპუბლიკელები ან დემოკრატები. მაგალითად აშშ-ის მაგალითზე შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ დემოკრატიული პარტია გამოირჩევა საგარეო პოლიტიკაში შედარებით გაწონასწორებული, მშვიდობიანი პოზიციით, ხოლო მართვაში სოციალური პრიორიტეტების წინ წამოწევით და ბიუჯეტის შევსების მიზნით დაბალანსებული საგადასახადო პოლიტიკის გატარებით. მაგალითად, რეიგანისა და კლინტონის პრეზიდენტობის დროს, ჯერ საბჭოთა კავშირთან და, შემდეგ, რუსეთთან ურთიერთობები დათბა და მოლაპარაკებების შედეგები ეფექტურობით გამოირჩეოდა, ქვეყნის დეფიციტური ბიუჯეტი პრეფიციტულ ბიუჯეტად გადაიქცა და შემოსავლებმა გასავლებს რამდენიმე ასეული მილიარდი დოლარით გადააჭარბა. რესპუბლიკელების მმართველობის, განსაკუთრებით ჯ.ბუში (უმცროსის) მმართველობის პერიოდში რუსეთსა და ირანთან დაძაბულმა ურთიერთობებმა, ერაყში ომის წამოწყებამ, პოსტსაბჭოურ ქვეყნებში ფერადოვანი რევოლუციების მხარდაჭერამ აშკარად გამოკვეთა მისი, როგორც მსოფლიო ჟანდარმის პოზიცია. მიუხედავად ეკონომიკური სისტემის გაჯანსაღებისა და სოციალური პროგრამების შენარჩუნების მცდელობისა, აშშ-ის ბიუჯეტის დეფიციტის მაშტაბები არნახულად გაიზარდა და დღეისათვის ახალი პრეზიდენტის ბ. ობამას მცდელობის მიუხედავად ძნელდება ეფექტური ეკონომიკური და სოციალური პოლიტიკის გატარება.

გერმანიაში მეორე მსოფლიო ომის შემდეგ თითქმის ყველა კანცლერი ეფექტური მმართველები გამოდგნენ, რის გამოც ისტორიულად მოკლე მონაკვეთში გერმანიაში

მიღწეულ იქნა ცხოვრების მაღალი დონე და ქვეყნის უსაფრთხოების სრულყოფილი სისტემა. საფრანგეთმა გენერალ დე გოლის პრეზიდენტობის პერიოდში ეკონომიკის სახელმწიფო რეგულირებისა და გეგმიური განვითარების სისტემის გამოყენებით იმას მიაღწია, რომ გასული საუკუნის 70-იან წლებიდან საფრანგეთი ერთ-ერთი მაღალგანვითარებული ქვეყანა გახდა.

საქართველოში შექმნილი რეალური სიტუაციის ანალიზიდან შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ დღეისათვის, ქვეყნის კონსტიტუციის თანახმად, სახელისუფლებო სტრუქტურების უფლებამოსილებანი ატარებს ფორმალურ ხასიათს, რადგან მთელი ძალაუფლება საქართველოს პრეზიდენტის ხელშია. ძალაუფლების ასეთი კონცენტრაცია ნეგატიური შედეგებით ხასიათდება, რადგან შეუძლებელია ერთი პიროვნება საფუძვლიანად ერკვეოდეს და ანალიზი გაუკეთოს ეკონომიკის, პოლიტიკის, ბიზნესისა და საზოგადოების განვითარების სხვა მხარეების ტენდეციებს.

მაგალითად, ეკონომიკის მართვის ლიბერალური რეცეპტის თანახმად, საქართველოში გაუქმდა ანტიმონოპოლიური კანონმდებლობა და შესაბამისად ანტიმონოპოლიური მართვის სახელმწიფო მექანიზმები, რაც არ იყო შემთხვევითი და მიმართული იყო მონოპოლიების მიერ ბაზრის სრულად დაპყრობისაკენ. აღნიშნული პოლიტიკის შედეგად ქვეყანაში მონოპოლიების რამდენიმე ჯგუფის ხელში აღმოჩნდა ქვეყანაში შემოტანილი პროდუქციის (იმპორტის) უდიდესი წილი. აღნიშნული ეკონომიკური პოლიტიკის შედეგად ისარგებლეს მსხვილმა მონოპოლისტებმა და შეფერხდა ქვეყანაში ცივილიზებული საბაზრო ურთიერთობების ფორმირების პროცესი.

საზოგადოების სისტემური განვითარების ერთ-ერთი რეალური მექანიზმია გონიერი, კონსტრუქციული ოპოზიციის არსებობა, რომლის სამოქმედო პროგრამა მაქსიმალურად ემთხვევა საზოგადოების განვითარების კანონზომიერებას. ოპოზიციის დანიშნულებაა ხელისუფლებას მუდმივად უკიუინოს კრიზისიდან გამოსვლის რეალური გზების შესახებ. სამწუხაროდ, ასეთი ოპოზიცია საქართველოში წარმოდგენილია მხოლოდ ერთეული პარტიების სახით, რომლებიც ხელისუფლებას სთავაზობენ ეროვნული მეურნეობის აღორძინების რეალურ პროგრამას.

შემდგარი სახელმწიფო მაშინ ავლენს საკუთარ სიცოცხლისუნარიანობას, როცა ქვეყნისათვის კრიზისულ სიტუაციაში ხელისუფლება და ოპოზიცია ერთობლივი ძალისხმევით იბრძვის კრიზისის დაძლევისათვის. ოპოზიცია სთავაზობს რეალურ რეცეპტებს და ხელისუფლება მზადაა მოსასმენად. ეს არის გზა, საჭიროების შემთხვევაში, ქვეყნის ერთობლივად მართვისათვის ანუ კოალიციური მთავრობის ჩამოსაყალიბებლად. აღნიშნულის თვალსაჩინო დადასტურებაა აშშ-ის 2002 წლის 11 სექტემბრის მოვლენები, როცა აშშ-ის პრეზიდენტის ჯ. ბუშის (უმცროსი) ანტიტერორისტულ პოლიტიკას მხარი დაუჭირა მთლიანად საკანონმდებლო ხელისუფლებამ. აღნიშნულიდან გამომდინარე შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ ჯანსაღი პოლიტიკური სისტემისათვის დამახასიათებელი ქვეყნისათვის კრიტიკულ მომენტში ყველა პოლიტიკური რესურსის მობილიზება და ეროვნული პოლიტიკის გატარება.

საქართველოში 2008 წლის მოვლენებმა გვიჩვენა, რომ ქვეყნისათვის ურთულეს სიტუაციაში ვერ მოხერხდა ჯანსაღი პოლიტიკური ძალების კონსოლიდაცია და ქვეყნის პოლიტიკური და ეკონომიკური კრიზისიდან გამოყვანის ეფექტური გზების მოძებნა. ქვეყანაში დემოკრატიული პროცესების დამკვიდრების ერთ-ერთი საფუძველია რეალური კონკურენციული გარემოს დამკვიდრება, როგორც ხელისუფლების სხვადასხვა შტოებს შორის, ისე ოპოზიციის შიგნით და ხელისუფლებასა და ოპოზიციას შორის. ხელისუფლება არ უნდა ცდილობდეს პროცესები წარმართოს მის ხელთ არსებული სახელისუფლებო რესურსების გამოყენებით და შექმნას დემოკრატიის, საყოველთაო ჰარმონიისა და



კეთილდღეობის ბუტაფორიული მოდელი.

შეცდომაა დემოკრატიის ადმინისტრაციული მეთოდებით დამკვიდრების მცდელობა. ქვეყანაში დემოკრატიის დამკვიდრების საფუძველია ეროვნული მეურნეობის მართვისას საბაზრო ეკონომიკის პრინციპების გათვალისწინება და მისი მოქმედებისათვის შესაბამისი საკანონმდებლო გარემოს შექმნა. მხოლოდ საბაზრო ეკონომიკის განვითარების შედეგად, მოსახლეობის ცხოვრების დონის სისტემატური ამაღლება და ჯანსაღი სოციალური გარემო ქმნის პირობებს პიროვნების თავისუფლებისა და რეალური დემოკრატიის დამკვიდრებისათვის. ამიტომ შემთხვევითი არ არის, რომ ქვეყანაში დემოკრატიის განვითარების დონის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია მთლიანი შიდა პროდუქტის რაოდენობა და ერთ სულ მოსახლეზე მისი ხვედრითი წილი. საერთოდ, მიღებული პრინციპით იმ ქვეყნებში, სადაც ერთ სულ მოსახლეზე რეალური შემოსავალი წელიწადში 3000 აშშ დოლარზე ნაკლებია, დემოკრატია კი არ ვითარდება, არამედ კვდება.

თუმცა ქვეყნის განვითარების სპეციფიკიდან გამომდინარე, შეიძლება არსებობდეს ეკონომიკის ცენტრალიზებული მართვის ეფექტური სისტემა, რომელიც პოლიტიკური სისტემის მოდერნიზაციის პარალელურად ხელს უწყობს ქვეყანაში დემოკრატიზაციის პრინციპების დამკვიდრებას. აღნიშნულის საუკეთესო დადასტურებაა ჩინეთი, სადაც მართვის ცენტრალიზებული სისტემის მიუხედავად, უზარმაზარი მიღწევებია ეკონომიკის განვითარებაში, რაც უპირველეს ყოვლისა, აისახება მთლიანი შიდა პროდუქტის ყოველწლიური ზრდის ტემპში. (ბოლო ათწლეულში ის საშუალოდ 10%-ს შეადგენს). ეკონომიკის ზრდის ასეთი ტემპების შენარჩუნების შემთხვევაში ჩინეთი ეკონომიკის ძირითადი მაჩვენებლებით შეიძლება დაეწიოს და გაუსწროს მსოფლიოში დემოკრატიული წყობილების ისეთ ფლაგმანს, როგორცაა აშშ. დასავლეთის კრიტიკა იმის შესახებ, რომ ჩინეთში ადამიანის უფლებები ირღვევა, ჩინეთის ხელისუფლებას ნაკლებად აღეგულებს, რადგანაც ის მზარდი ეკონომიკური პოტენციალის გამო სულ უფრო ანგარიშგასაწევი ძალა ხდება. სამწუხაროდ, ჩინეთის ეკონომიკური განვითარების სპეციფიკამ შეიძლება სტიმული მისცეს ტოტალური ხელისუფლების შენარჩუნებისკენ მიდრეკილ ზოგიერთი ქვეყნის ლიდერს.

## დასკვნა

მსოფლიოს ეკონომიკური განვითარების ტენდენციების ანალიზის შედეგად შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ ქვეყნის დემოკრატიული განვითარება გულისხმობს ქვეყანაში შექმნილი ეკონომიკური კრიზისისა და დეპრესიის დროს ეკონომიკის სახელმწიფო რეგულირების მეთოდების გააქტიურებასა და სახელმწიფო რესურსების მობილიზებას მოსახლეობის ცხოვრების მინიმალური დონის შენარჩუნებისათვის. აღნიშნული პოლიტიკა ქვეყანას თავიდან ააცილებს სოციალურ აფეთქებებსა და კრიზისს, რომელმაც მოიცვა ეგვიპტე და არაბული ქვეყნების ნაწილი.

## ლიტერატურა

1. ფრანგიშვილი ი. სისტემური მიდგომა და მართვის ეფექტიანობის ზრდა. მოსკოვი-2005. (რუსულ ენაზე).
2. სოხაძე კ. ანტიმონოპოლიური კანონმდებლობის არსი და საქართველოს რეალობა. ჟურნ. "ახალი ეკონომისტი", №5, 2007 წ.
3. საზოგადოების მართვის ეფექტიანობის ზრდის სისტემური მიდგომის პოლიტიკური და სოციალური ასპექტები მოხსენებათა თეზისები (ინგლისურ ენაზე). აკადემიკოს ი. ფრანგიშვილის დაბადების 80 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „საინფორმაციო და კომპიუტერული ტექნოლოგიები, მოდელირება, მართვა.“ თბილისი. 2010 წ. გვ. 93.

**სამრეწველო ნარჩენების როლი გარემოს დაბინძურებაში**

**თამრიკო სუპატაშვილი, ღია მაისია, ოთარ ოქრიაშვილი**

**E-mail: tamunasupatashvili@gmail.com**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

**შესავალი**

საქართველოში ნარჩენების რაოდენობის შესახებ დაზუსტებული ინფორმაცია დღემდე არ არსებობს. თუმცა, არის სხვადასხვა წლებში გაკეთებული შეფასებები, რომლის მიხედვითაც, სულ 64.5 მლნ ტონა ნარჩენი წარმოიქმნებოდა, რაც მოიცავდა ყველა ტიპის ნარჩენს საყოფაცხოვრებო ნარჩენების გარდა. ამ რაოდენობიდან 70% წიაღისეული რესურსების მოპოვებისა და გადამამუშავების ნარჩენებს წარმოადგენდა, დანარჩენ 30% კი მეტალურგიული, საშენ მასალათა, მანქანათმშენებლობის, ქიმიური და ნავთობქიმიური მრეწველობის და სხვა დარგების ნარჩენები, აქედან 2% კი სახიფათო ნარჩენებია. თუ გავითვალისწინებთ, რომ არ არსებობს სპეციალური ნაგავსაყრელები სამრეწველო ნარჩენებისათვის და არ არის დანერგილი ამ ტიპის ნარჩენების გადამამუშავება/გაუვნებლებების რაიმე ალტერნატიული მეთოდები, სავარაუდოდ, სამრეწველო ნარჩენების ნაწილი ჩვეულებრივი, საყოფაცხოვრებო ნარჩენების ნაგავსაყრელებზე ხვდება, დანარჩენი კი დასაწყობებულია საწარმოების ტერიტორიაზე.

**ძირითადი ნაწილი**

სამრეწველო დარგებიდან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ნარჩენწარმომქმნელი სექტორებია სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვება (მათ შორის ქვანახშირის მოპოვება/გადამამუშავება), შავი და ფერადი მეტალურგია და ნავთობის მოპოვება/გადამამუშავება. შემდეგ მოდის გადამამუშავებელი მრეწველობა და სხვა დარგები. საქართველოში წარმოების უმეტესი წილი გადამამუშავებელ წარმოებაზე მოდის. სამთომოპოვებით მრეწველობას შედარებით მცირე წილი უჭირავს. მაშინ, როცა საბჭოთა პერიოდში სამთომოპოვებითი ნარჩენები საქართველოში წარმოქმნილი ნარჩენების მთლიანი მოცულობის 70%-ს შეადგენდა და 45.2 მლნ. ტონას უტოლდებოდა. ნარჩენების ინვენტარიზაციის მონაცემებით, ამჟამად სამთომოპოვებითი ნარჩენების რაოდენობა დაახლოებით 5 262 766 ტონას უტოლდება. თუმცა ამ ტიპის ნარჩენების პროცენტული წილი საწარმოო ნარჩენების საერთო რაოდენობაში კვლავ საგრძნობია.

ამრიგად, მიუხედავად იმისა, რომ ამჟამად სამთომოპოვებითი და ნავთობქიმიური მრეწველობის დარგებს ქვეყნის საერთო წარმოების მოცულობის შედარებით მცირე წილი უჭირავთ, ნარჩენების წარმოქმნის თვალსაზრისით ყველაზე ნარჩენინტენსიურ სექტორებს წარმოადგენენ. ნედლეულის მოპოვების პროცესში (განსაკუთრებით ღია კარიერების გამოყენებით) მნიშვნელოვნად ზიანდება გარემო. წიაღისეულის ღია კარიერული წესით მოპოვება, საქართველოში ყველაზე გავრცელებული მეთოდია. ამ მეთოდის გამოყენება იწვევს მიწის ნაყოფიერი ფენის დეგრადაციას, ნიადაგის, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების დაბინძურებას, ბიომრავალფეროვნებით

**სამრეწველო ნარჩენების როლი გარემოს დაბინძურებაში**

გამორჩეული ადგილების დეგრადაციას. მნიშვნელოვნად მცირდება ტყისა და სხვა მცენარეულობით დაფარული საფარგულები, მკვეთრად ირღვევა ბუნებრივი წონასწორობა ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების რეჟიმში, ელემენტთა გეოქიმიაში. ამას გარდა, მიწის ზედაპირზე ამოტანილი ფუჭი ქანები, თვით კარიერი და სხვა სახის დარღვეული მიწები, რომლებიც მზის, ქარის, ატმოსფერული ნალექებისა და სხვა ფაქტორების ზემოქმედებით იშლება, გარემომცველი გარემოს დაბინძურების კერა ხდება. მაგალითად ჭიათურისა და მადნეულის შემოგარენი გამოდგება, სადაც აუცილებელია რეკულტივაციის ღონისძიებების განხორციელება [1].

ეკოლოგიური გართულების მიზეზია აგრეთვე მაღაროს წყლები და მადანსაცავები. მაგალითად, რაჭის დარიშხანის სულფიდური მადნების მაღაროს წყლებში დარიშხანის კონცენტრაცია 0,5-1,0 მგ/ლ-ია, მადნის ნარეცხ წყლებში კი 8-10 მგ/ლ. მადნეულის კარიერის წყლები 40-50 მგ/ლ-მდე სპილენძს და თუთიას შეიცავენ, მაგალითად მათი მჟავიანობაც. გაზრდილი მჟავიანობით გამოირჩევა ქვანახშირის მაღაროს წყლებიც (pH 2,5-4,5). მდინარეების დაბინძურების მძლავრი წყაროა მადნების გამამდიდრებელი ფაბრიკების ჩამდინარე წყლები. მდინარეები ყვირილა, კაზრეთულა და მაშავერა ამის "კარგი" მაგალითია [1] (იხ. ცხრილი 1).

**ცხრილი 1**

**ტოქსიკური ლითონების შემცველობა მდინარეებში კაზრეთულა და მაშავერა**

№	სინჯის ადების ადგილი	ტოქსიკური ლითონების შემცველობა, მგ/ლ									
		Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Fe	Co	Ni	Sr	Li
	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია	0,1	0,1	0,01	0,3	1,0	1,0	0,1	0,1	2,0	0,3
1	დამბიდან გამონადენი წყალი	1200	820	3,76	0,1	68,0	1120	2,24	0,12	123,2	0,22
2	მდ. კაზრეთულა, დამბიდან გამონადენი წყლის მასაში ჩადინებამდე	0,023	0,038	-	-	0,009	0,12	-	-	0,528	0,006
3	მდ. კაზრეთულა, დამბიდან გამონადენი წყლის მასაში ჩადინების შემდეგ	90,0	3,82	0,60	0,01	3,20	7,0	0,13	0,006	4,567	0,02
4	მდ. კაზრეთულა, დამბიდან გამონადენი წყლის მასაში ჩადინების შემდეგ	90,0	3,82	0,60	0,01	3,20	7,0	0,13	0,006	4,567	0,02
5	მდ. მაშავერა მდ. კაზრეთულას შესართავთან										
	1 კმ-ზე	0,463	0,350	0,042	-	0,25	0,14	-	-	0,704	0,006
	5 კმ-ზე	0,350	0,310	0,032	-	0,21	0,145	-	-	0,819	0,008
	10 კმ-ზე	0,300	0,275	0,025	-	0,17	0,148	-	-	0,890	0,010
	20 კმ-ზე	0,280	0,258	0,023	-	0,13	0,143	-	-	0,930	0,011

გარემოს დაბინძურების კიდევ ერთ, ძალზედ სახიფათო წყაროს წარმოადგენს სამთო-მოპოვებითი და გამამდიდრებელი წარმოებების აკუმულირებული ნარჩენები და შლამები, რომელიც დახვავებულია მიმდებარე ტერიტორიებზე, ხშირად სრულიად უკონტროლოდ (იხ. ცხრილი 2).

ცხრილი 2

საქართველოს ტერიტორიაზე აკუმულირებული საწარმოო ნარჩენები

ქალაქი/რაიონი	საწარმოს დასახელება	ნარჩენის ტიპი	ნარჩენების რაოდენობა
კაზრეთი	ოქრო-სპილენძი-ბარიტი პოლიმეტალური საბადო	სამთომოპოვებითი ნარჩენები	22.5 მლნ ტონა
ქუთაისი	ლითოფონის ქარხანა	ბარიუმის და თუთიის შემცველი შლამი	300 ათასი ტონა
ზესტაფონი	ფეროშენადნობთა ქარხანა	თერმული დამუშავების და ელექტროლიზური შლამი	368 ათასი ტონა
რუსთავი	მეტალურგიული კომბინატი	წიდა და რკინის ხენჯი-წიაღისეულის გადამუშავების ნარჩენები	400 ათასი ტონა 11.5 მლნ. ტონა
ჭიათურა	მანგანუმის გადამუშავება	მანგანუმის შემცველი შლამი	9 318 200 ტონა

განსაკუთრებით საშიშია დარიშხანის შემცველი ნაცარი და შლამი სოფლებში ცანასა და ურავში (ყოფილი დარიშხანის მოპოვებისა და გამამდიდრებელი საწარმოს ტერიტორიაზე), აგრეთვე მანგანუმის შემცველი ნარჩენები ზესტაფონში, ბარიტული ქანები ჩორღში, კაზრეთში და ქუთაისში. მრეწველობის სექტორის სრული დატვირთვით მუშაობის დროს განსაკუთრებით დიდი რაოდენობის დაბინძურების კერები გაჩნდა სამრეწველო ქალაქებში: რუსთავი, ზესტაფონი, ბოლნისი და სხვა. ამ საწარმოების მიმდებარე ტერიტორიები მრავალი წლის განმავლობაში ფორმირდებოდნენ, როგორც ტოქსიკური ელემენტების მომეტებული კონცენტრაციების გეოქიმიური პროვინციები. იმის გამო, რომ ტოქსიკურ ელემენტებს გააჩნიათ დაშლის ხანგრძლივი პერიოდი ნიადაგის დაბინძურების ხარისხი დღესაც მაღალია: ქ. თბილისის, რუსთავის, ზესტაფონის, ქუთაისის, ბათუმის, ფოთის და განსაკუთრებით მადნეულის სამთო-მოპოვებელი კომპლექსის მიმდებარე ტერიტორიებზე (ცხრ. 3) [2].

აკუმულირებული სახიფათო ნარჩენები საბჭოთა სამრეწველო საწარმოების დანატოვარია. საწარმოების ნაწილი პრივატიზებულია და შესაბამისი ნარჩენები საწარმოს ოპერატორის განკარგულებაშია (როგორც მაგალითად მანგანუმის შემცველი ნარჩენები ჭიათურაში), შესაბამისად საწარმოს ოპერატორის პასუხისმგებლობაა ამ ნარჩენებით დაბინძურებისგან გარემოს დაცვა. სხვა საწარმოები დაიხურა და მათი აღდგენა არ იგეგმება (მაგალითად დარიშხანის წარმოება რაჭა-სვანეთში) და შესაბამისი ნარჩენის მოვლა-პატრონობა, კონსერვაცია-გაუვნებელყოფა სახელმწიფოს პასუხისმგებლობაა [3].

საქართველოს ზოგიერთი დასახლებული ადგილის ნიადაგების ტოქსიკური ელემენტებით დაბინძურების მაჩვენებლები

№	დასახლებული ადგილის დასახლება	ტოქსიკური ელემენტების შემცველობა, მგ/კგ					
		ტყვია	სპილენძი	თუთია	მანგანუმი	ნიკელი	ქრომი
1	თბილისი	33.0-65.4	157-270	197-400	750-1100	107-140	132-280
2	რუსთავი	56.0-140.0	88.0-160	113-200	1082-1400	70.0-180	123-200
3	ზესტაფონი	10.0-69.0	54.0-200	80.0-190	1300-2600		126-186.9
4	ქუთაისი	44.8-279	45.5-100	81.0-116.7	739.6-1089	61.5-122.5	64.4-114.5
5	ბათუმი	10.0	118.0-123.8	99.0-132.7	533-1333		
<b>ზ.დ.კ.</b>		<b>32.0</b>	<b>3.0</b>	<b>23.0</b>	<b>1500</b>	<b>4.0</b>	<b>9.0</b>

დასკვნა

ამრიგად, ჩვენს მიერ მოპოვებული ინფორმაციის საფუძველზე აუცილებელია ნარჩენების სწორი მართვა და საჭირო ზომების მიღება, რათა თავიდან ავიცილოთ გარემოსთან და ჯანმრთელობასთან დაკავშირებული პრობლემები. ნარჩენების კომპლექსური მართვის მიხედვით, ნარჩენების ტრადიციული მეთოდების გარდა, ნარჩენების რეციკლირების განუყოფელ ნაწილად გვევლინება მათი რაოდენობის შემამცირებელი ღონისძიებები, ნარჩენების მეორადი გადამუშავება და კომპოსტირება. სამრეწველო ნარჩენების პრობლემის გადაჭრის ეფექტური გზა მდგომარეობს რამოდენიმე ურთიერთშემავსებელი პროგრამისა და ღონისძიების კომბინაციაში და არა რომელიმე ერთი ტექნოლოგიის გამოყენებაში. ევროპულ საკანონმდებლო სივრცეში მოქმედი ნარჩენების მართვის პრინციპები ჯერ კიდევ 1977 წელს ჩამოყალიბდა და მას შემდეგ არ შეცვლილა. იგი მოიცავს სამ ძირითად პრინციპს: ნარჩენების წარმოქმნის პრევენცია, ნარჩენების გადამუშავება, იმ ნარჩენების უსაფრთხო განთავსება, რომელიც გადამუშავებას არ ექვემდებარება.

თითოეულ ქვეყანას ნარჩენების მართვის მისთვის დამახასიათებელი სისტემა გააჩნია, რომელიც ამ კონკრეტული ქვეყნის სოციალურ, გარემოსდაცვით და ეკონომიკურ სპეციფიკაზეა მორგებული. საქართველოსთვის მისაღები ნარჩენების მართვის სისტემის შესამუშავებლად მნიშვნელოვანია სხვა ქვეყნების გამოცდილების გაცნობა და დანერგვა.

ლიტერატურა

1. სუპატაშვილი გ. გარემოს ქიმია. თბილისი. 2008. გვ. 176.
2. ჯიშკარიანი გ. მიქაბერიძე მ. სახვაძე დ. თავაძე გ. მძიმე ლითონებით დაბინძურებული ნიადაგების გაწმენდა-აღდგენა ფიტორემედიაციის მეთოდით. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი №1, 2011.
3. თბილისის ნარჩენების მართვის კონცეფცია. 2006.

## СИСТЕМА УЛАВЛИВАНИЯ ВЫНОСОВ В ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

**Токмаджян В.О., Атанесян В.А.**

E-mail: *info@ysuac.am*

Ереванский государственный университет архитектуры и строительства  
Республика Армения, г. Ереван, ул.Теряна 105

### ВВЕДЕНИЕ

Общеизвестно, что в водозаборных сооружениях для улавливания плавающих предметов используют клетки с вертикальными стержнями из полосовой стали шириной 40-80 мм и толщиной 6-10 мм, установленными в металлической рамке на расстоянии 50-60 мм друг от друга /1/. В условиях защиты турбин ГЭС на входе отверстий водоприемника, в обязательном порядке, устанавливаются такие клетки, в зависимости от размеров и типов турбин, просветы между стержнями могут быть разными /3/. В выносах могут быть кусочки дерева, ледовая крошка, листья, водоросли, взвешенные волокнистые элементы и т.д. Их становится больше в особенности при разливе рек, что затрудняет очистительные работы. Это обстоятельство приводит к засорению клеток выносами и снижению давления воды с вытекающими отрицательными последствиями.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В обычных водозаборах используют поднимающиеся клетки, очистку которых от загрязнения осуществляют вручную, что очень трудоемко. В крупных водозаборах устанавливают стационарные клетки, для очистки которых используют клеткоочистные механизмы. Их очищающий гребенной ковш, впиваясь упругими зубьями в стержни клетки, убирает мусор и сбрасывает его в бункеры. Чистящие гребни также успешно используют на ГЭС и насосных станциях /2/. Клетки предназначены для улавливания крупных предметов, и не применимы для улавливания взвешенных выносов, так как они могут просочиться сквозь клетку. В таких случаях применимы съемные сетки, перфорированные ленточные ограждения и вращающиеся сетки. Съемные сетки используются в водозаборах с незначительной пропускной способностью (до 1м<sup>3</sup>/мин). Сетка представляет собой прямоугольную металлическую рамку, к которой прикреплена фаска сетки. Она двухслойная, с рабочими от 2х2 до 5х5 мм и удерживающими 20х20мм ячейками, которые являются защитой от вздутия рабочей фаски. Рабочая фаска сетки изготавливается из тонкой стальной нержавеющей проволоки или другого нержавеющей материала (капрон и т.д.), а удерживающая - из оцинкованной проволоки, толщиной 3 мм.

При значительном расходе воды и достаточной загрязненности используют перфорированные ленточные ограждения и вращающиеся сетки. В последнем случае сетка состоит из ряда участков и установлена между пластинчатыми шарнирными цепями, которые подвешены на вращающихся от двигателя двух зубчатых колесах, связанных одним общим валом. Участки цепей связаны друг с другом осями, на конце которых установлены ролики, которые перемещаются по прикрепленным к противоположной стенке водяной камеры направляющим. Участки сетки состоят из рамок, на которые натянута фаска сетки, они отделены друг от друга осями, связывающими участки цепей. Межрамочное уплотнение обеспечивается посредством защитного бурта, между последним и осью образуется зазор, шириной 3мм. Участки сетки (через один) имеют форму ковша, чтобы в период образования ледовой крошки поднять их наверх и сбросить в отводной лоток. Промывка устройства

## СИСТЕМА УЛАВЛИВАНИЯ ВЫНОСОВ В ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

проводится струей воды. Работа вращающейся сетки автоматизирована. Недостаток такого устройства следующий: поскольку пластинчатые шарнирные цепи подвешены на двух зубчатых колесах, следовательно по их толщине, которая в данном случае может составить не менее 10 см, между лентой сетки и стенками камеры с каждой стороны образуются просветы, сквозь которые могут просочиться выносы. Кроме того, часть взвешенных выносов, прилипнув к поверхности сетки, остается прилипшей даже тогда, когда лента сетки оказывается над уровнем воды и снова опрокидывается в нее. Это становится причиной загрязнения воды. А что касается того, что участки сетки имеют форму ковша, то только часть прилипших к ним взвешенных выносов может быть сброшена в отводный лоток, остальная, оставаясь прилипшей к стенкам лотка, при повороте может снова оказаться в воде. Сетки, устройства, цепи, оси, ролики, направляющие, защитные бурты, ковши – все это находится в воде. Указанные элементы должны быть изготовлены из нержавеющей стали, что приводит к дополнительным затратам. В случае покатоности стенок камеры, а также водоотводных траншей применение данного устройства становится невозможным.

Исходя из вышеизложенного, по нашему мнению, в водозаборных сооружениях целесообразна установка сеточных контейнеров, в которых будут скапливаться взвешенные и иные выносы. Контейнеры нужно переместить к прибрежному участку, разгрузить, очистить и снова установить в водозаборных сооружениях. Спроектирована система устройств в трех вариантах (рис.1,2,3). С целью правильного выбора и проведения сравнительного анализа спроектировано три варианта системы. В соответствии с первым вариантом (рис1) /4/, один из сеточных контейнеров (14), борт которого открыт по направлению движения воды, размещается на дне водозабора и в случае его заполнения выносами, включается лебедка (21) и вертикальными направляющими (13) на дно водозабора опускается другой контейнер (15) с роликами (17, после чего включается следующая лебедка (20) и из воды изымается заполненный контейнер, в случае его нахождения выше берега водозабора, лебедка (20) включается. Поворачивается и отделяется от направляющей (12) ручки (22) и включается привод (8). Тележка (4) с контейнером (14) по горизонтальным направляющим (2) движется по роликам (16) к берегу и в положении, когда необходима разгрузка контейнера, выключается привод и включается лебедка, контейнер наклоняется и разгружается в автомобиль.

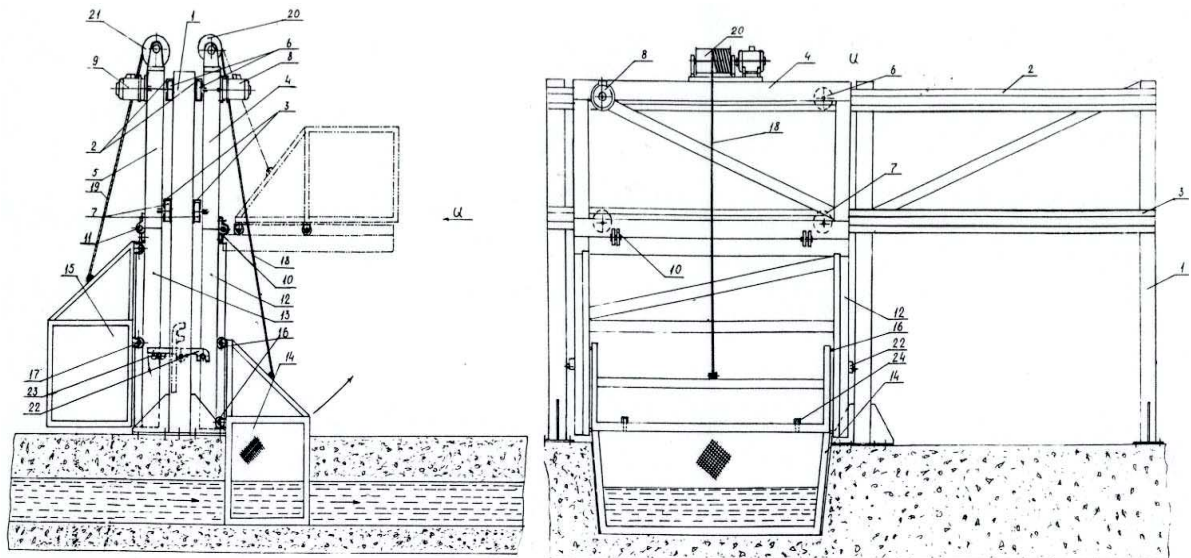


Рис.1. Система улавливания выносов в водозаборных сооружениях.

### Вариант 1

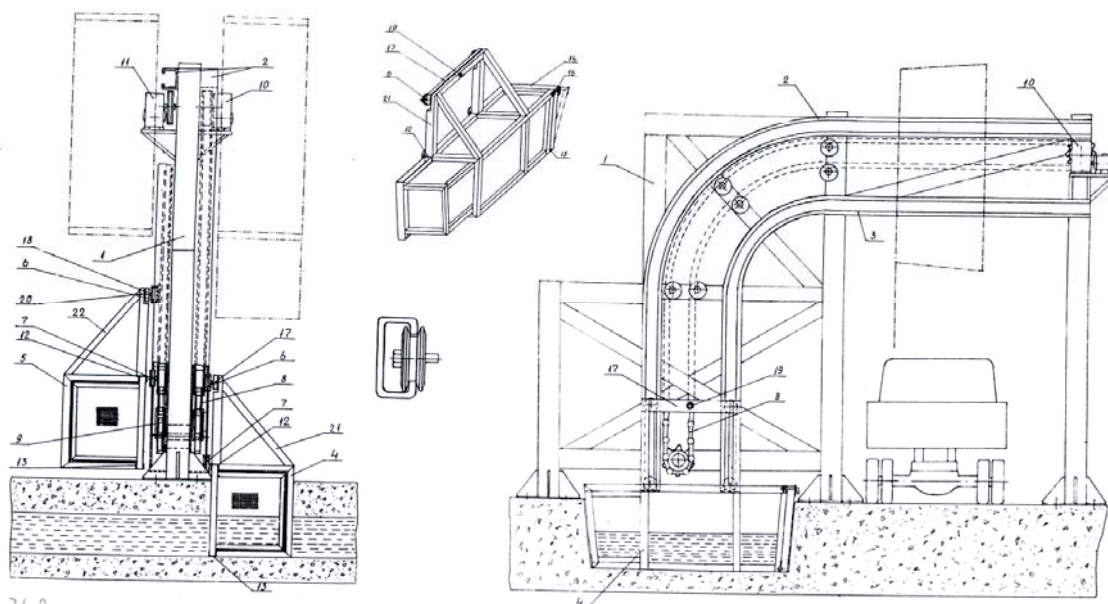
- 1 - опорная рама; 2,3 – горизонтальные направляющие; 4,5 – тележки; 6,7 – колеса;  
8,9 – приводы; 10,11 – шарнирные соединения; 12,13 – вертикальные направляющие;  
14,15 – контейнеры; 16,17 – ролики; 18,19 – канаты; 20,21 – лебедки; 22,23 – опрокидывающиеся ручки; 24 – замок



Промывается струей воды и обратное движение контейнера происходит в той же последовательности. При его установке на дно водозабора второй контейнер (15), задняя стенка которого поворачивающаяся и прикрепена к рамке замком (24), изымается из воды и дальнейшие действия выполняются в той же последовательности в автоматическом режиме.

В предлагаемой системе устройств только контейнеры находятся в воде, остальные приборы – на суше, следовательно не требуются дорогостоящие нержавеющие стальные элементы, что намного экономнее. Профиль контейнера соответствует сечению водозабора. Указанная система многоэлементна – для перемещения каждого контейнера вверх и к берегу для разгрузки, используют два привода, тележки, вертикальные, наклонные направляющие и ручки для их фиксации.

Если размеры водозаборов разные, выгодно использование раздвижных контейнеров. Во втором варианте (рис.2) /5/ контейнеры раздвижные и по длине размеры могут варьировать, согласно размерам водозабора. Раздвижка контейнера происходит по направляющим (12,13). Один из поперечных бортов (14) контейнера шарниром (15) соединен с нижним ребром и прикреплен к корпусу контейнера бортовым автомобильным замком (16), а при разгрузке его можно опрокинуть. Контейнеры (4,5) роликами (6,7) движутся по изогнутым направляющим (2,3) цепной передачей (8,9), с помощью приводов (10,11). Передние ролики (6) контейнеров друг с другом соединены общими наклоняющимися балками (17,18), они осями (19, 20) связаны с консолями (21,22) контейнеров. Эти балки одновременно соединены с одной из ветвей цепи.



**Рис.2 Система улавливания выносов в водозаборных сооружениях  
Вариант 2**

- 1 – опорная рама; 2,3 – изогнутые направляющие; 4,5 – контейнеры; 6,7 – ролики; 8,9 – цепи;  
10,11 – приводы; 12,13 – направляющие; 14- борты; 15 – шарнир; 16 – замок; 17,18 – балки;  
19,20 – оси; 21,22 - консоли**

Если на дне водозабора один из контейнеров (4) заполнен выносами, включается привод(11) и цепной передачей (9) второй контейнер(5) опускается на дно водозабора, затем включается другой привод (10), контейнер изымается из водозабора и перемещается к берегу. При разгрузке опрокидывают борт (14). После промывки контейнера обратное движение происходит однотипным действием, в этом случае приводы работают в обратном режиме. Когда контейнер (4) устанавливается на дно водозабора, контейнер (5) изымается из воды и дальнейшие действия происходят в той же последовательности. Для перемещения каждого контейнера используется один привод.



## СИСТЕМА УЛАВЛИВАНИЯ ВЫНОСОВ В ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

В указанной системе, вследствие установки направляющих в вертикальной плоскости возникли некоторые сложности; разные радиусы кривизны направляющих, необходимость применения наклоняющихся роликовых балок, из-за влияния внецентровой силы ролики работают в перегруженном режиме.

В третьем варианте (рис.3) /6/ устройство имеет каркасную опору (1), которая установлена по берегам водозабора. К колоннам (2,3) каркаса закреплены направляющие (4, 5), по которым движутся тележки (6,7) с роликами (8,9) цепной передачей (10,11) с помощью приводов (12, 13). Контейнеры (14,15) с сеточным ограждением охвачены жесткими рамками (16, 17), они шарнирно (18, 19) соединены с рукавами (20,21) тележек и бортами (22,23) контейнера. Рамки соединены с контейнерами вне центра тяжести и по этой причине могут наклоняться или прикрепляться к рамкам с помощью пружинных фиксаторов (24, 25). Один из бортов (26) контейнера опрокидывающийся и шарниром (27) соединен к нижним бортам и корпусу контейнера замком(28).

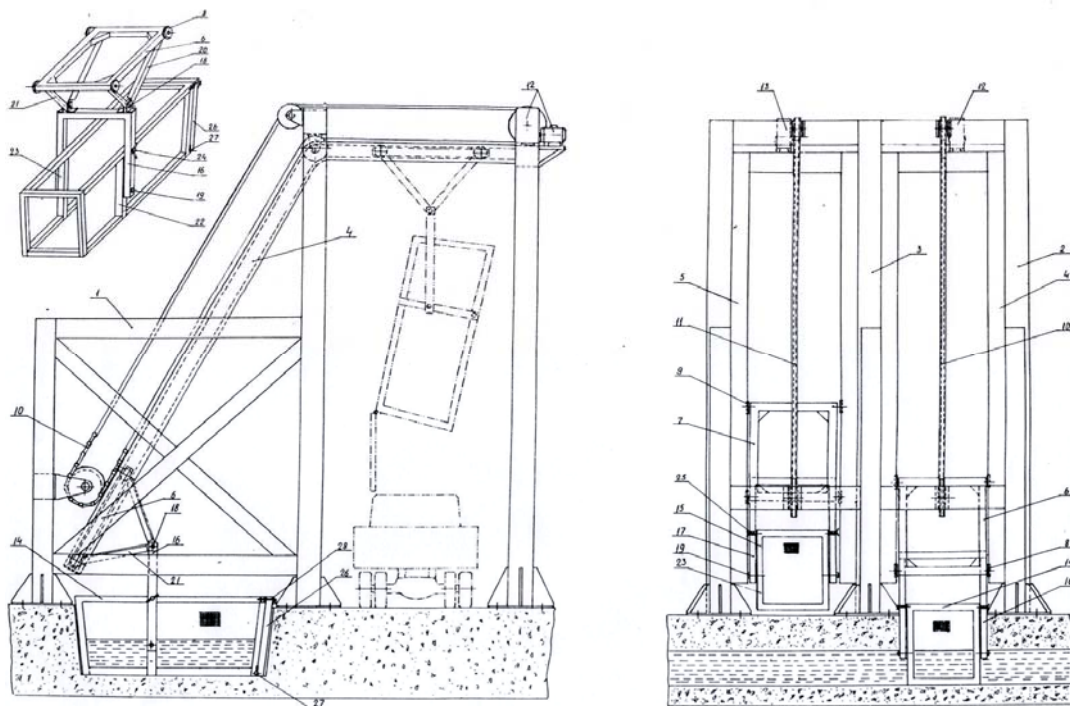


Рис.3 Система улавливания выносов в водозаборных сооружениях.

### Вариант 3

1-каркасная опора; 2,3 – колонны; 4,5 – направляющие; 6,7 – тележки; 8,9 – ролики;  
10,11 – цепи; 12,13 – приводы; 14,15 – контейнеры; 16,17 – рамки; 18,19 – шарниры;  
20,21 – рукава тележек; 22,23 – борта; 24,25 – пружинные фиксаторы; 26 – борт;  
27 – шарнир; 28 – замок

Тележки передней частью соединены к одной ветви цепи. Когда установленный на дно водозабора контейнер (14) заполнен выносами, включается привод (13) и цепной передачей (11) движется тележка (7) с контейнером (15), последний опускается на дно водозабора, включив следующий привод (12), из водозабора изымается контейнер (14) и перемещается к берегу. При разгрузке контейнера выключается фиксатор (24), контейнер наклоняется, открывается замок (28), опрокидывается поперечный борт (26) и проводится разгрузка. После промывки контейнера при его обратном движении, приводы работают в обратном режиме. Контейнер (14) устанавливается на дно водозабора и из воды изымается следующий контейнер (15). Последовательность действий повторяется. Ролики данного устройства имеют вертикальную нагрузку, улучшены конструктивные решения, этот вариант относительно металлоемок .

## ВЫВОДЫ

Указанные преимущества и недостатки предложенных вариантов устройств, полезность по отношению к известным устройствам подтверждена патентами. Необходимо провести опытные исследования. Принять окончательное решение и представить к внедрению.

## Литература

1. **Перешивкин А.К., Александров А.А. и др.** Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации.- М.: Стройиздат, 1988. -Глава 15.
2. **Багдасарян А.Б.** Гидротехнические сооружения. – Ереван: Луйс, 1986.
3. **Полонский.** Механическое оборудование гидротехнических сооружений. - М.: Энергоиздат, 1982. - 351с.
4. Патент № 249U. Система очистки водонапорных сооружений/ В.Токмаджян, В.Атанесян.
5. Патент 273 U. Система очистки водонапорных сооружений/ В. Токмаджян., В.Атанесян.
6. Патент № 295U. Система управления выносов в водозаборных сооружениях/ В.Токмаджян, В.Атанесян.

## ВЛИЯНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ НА ОРОСИТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ

**Пашаев Э.П.**

E-mail: [az\\_dstl@mail.ru](mailto:az_dstl@mail.ru)

«Азгипроводхоз», AZПЗ0,  
г. Баку, улица И.Дадашева 70<sup>а</sup>, Азербайджан

### ВВЕДЕНИЕ

Главной задачей орошения, как известно, является искусственное изменение неблагоприятных природных условий путем дополнительной подачи воды извне. Поэтому вполне естественно, что сама потребность в орошении и характер его влияния на ту или иную территорию напрямую зависят от физико-географических условий. Конечно, для получения определенного стабильного урожая не все зависит от природных условий. С ними тесно связана работа всех элементов ирригационных систем, начиная от источников орошения и кончая отводом избыточных вод. Именно поэтому при проектировании оросительных систем, как на мелких участках, так и особенно на крупных земельных массивах большое внимание уделяется изучению природных условий районов будущего орошения.

Приемы ирригации, имевшие в глубокой древности свои специфические особенности в каждом районе, передавались народом из поколения в поколение. За последнее время проведена большая работа по изучению ирригационных систем, объектов нового орошения и переустройства систем. Однако в связи с тем, что результаты исследований весьма многосторонни и обширны, а «местные условия» орошаемых районов очень различны, пользоваться этими первичными материалами для практических целей невозможно. Одним из важнейших вопросов водохозяйственного строительства является методика проектирования оросительных систем, однако имеющиеся руководства, содержащие главным образом описание различных систем и нормативные данные по отдельным расчетным элементам и конструкциям, не дают определенных рекомендаций по схеме и составу сооружений для конкретных условий орошаемых территорий.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В целях приближения мелиоративной науки к решению практических задач, по-видимому, следовало бы наряду с изолированным рассмотрением отдельных вопросов ввести в практику также и более широкое комплексное изучение оросительных систем.

В частности, для решения вопросов методики проектирования следовало бы развернуть соответствующие исследования, в процессе которых, прежде всего, надо уделить внимание следующим вопросам:

а) систематическому описанию орошаемых территорий и районов возможного орошения в ближайшем будущем;

б) изучению элементов водного баланса орошаемых территорий.

В результате систематического описания орошаемых территорий будет обеспечена возможность широкого использования опыта, накопленного в процессе проектирования, строительства и эксплуатации ирригационных систем. Этот опыт может быть использован на других системах, находящихся в похожих условиях.

Систематическое описание орошаемых территорий позволит достаточно надежно обосновать их детальное районирование. В систематическое описание орошаемых районов следовало бы включить изученность территории, природные условия, современное состояние ирригационных систем и перспективы развития орошения. Такую работу желательно выполнить по всем районам поливного земледелия.

В процессе длительного воздействия орошения на природные ландшафты древние орошаемые земли в значительной степени изменили свой первоначальный облик. Возник особый вид «культурного» ландшафта, формирование которого происходило не только в определенной физико-географической обстановке, но и в результате воздействия антропогенных факторов.

Природный ландшафт рассматривается современной физической географией как постоянно изменяющийся. Эти изменения, однако, происходят значительно медленнее, чем изменения культурного ландшафта. На орошаемых землях они особенно интенсивны, причем глубокое влияние оросительной системы, сказывается на всей природной обстановке (климате, рельефе, гидрогеологических условиях, почвах, растительности и т.д.).

Изменения природных ландшафтов под влиянием орошения, на первый взгляд, кажутся настолько сходными, что некоторые специалисты при укрупненном физико-географическом районировании объединяют иногда орошаемые оазисы в одну ландшафтную единицу. Однако, более внимательное рассмотрение хода физико-географических процессов показывает, что в различных природных условиях под влиянием орошения могут произойти изменения совершенно различного характера. Так, например, в одних условиях происходит накопление избытка воды в почве, подъем грунтовых вод и обогащение верхних слоев почвы вредными солями, в других – усиливается расслоение почв [1].

С момента начала действия в республике «Закона об аграрной реформе» землепользователи распределились следующим образом:

- землепользователи государственного земельного фонда – 44,2% (3,8 млн. га);
- землепользователи муниципального земельного фонда – 31,4% (2,7 млн. га)
- землепользователи частного земельного фонда – 24,4% (2,3 млн. га).

Орошаемые земельные фонды республики в основном находятся в распоряжении фермеров [2].

В настоящее время орошаемое земледелие республики базируется в основном на поверхностных водных источниках. Подземными водами орошается незначительная часть земель, а именно: в бассейне р. Куры – 8,7% земель, в бассейне Самур-Апшеронского канала – 2,96%, в бассейне Ленкоранских рек – 4,48%. В среднем по республике подземными водами орошается 8,2% земель от общей площади орошения [3].

Существующие оросительные системы в республике в основном неинженерные и полунинженерные и характеризуются следующими главными недостатками:

- недостаточная водообеспеченность орошаемых земель, вследствие недостаточной зарегулированности стока источников орошения и оснащенности водозаборными сооружениями;
- недостаточная развитость (по протяженности) межхозяйственных элементов оросительной сети: слабая армировка сети и недостаточная оснащенность водомерными устройствами;
- отсутствие противофильтрационной одежды на большей части магистральных и межхозяйственных каналов и почти на всей внутрихозяйственной оросительной сети, приводящее к значительной непроизводительной потере оросительной воды на фильтрацию и ухудшению мелиоративного состояния орошаемых земель;
- недостаточная мощность и техническая оснащенность коллекторно-дренажной сети, не обеспечивающая полное дренирование мелиоративно-устроенных земель, приема и отвода дренажного стока в водоприемник и запросов охраны природы;
- некачественная спланированность (по конфигурации и рельефу) поливных участков на массивах орошения, чем создает неравномерность полива, промывки, сокращает возможности внедрения совершенной техники полива и механизации сельскохозяйственных работ;
- КПД оросительных систем имеет невысокий показатель и составляет порядка 0,60, что приводит к нерациональному использованию имеющихся водных ресурсов.

Интенсивное использование земельного фонда привело к исключительной малоконтурности участков, которая, в свою очередь, создала специфическую схему ирригационной сети: многоголовье и параллелизм каналов, мелкие делянки, к ландшафту обычно несвойственному орошаемым территориям.

Таким образом, в условиях одного и того же природного ландшафта при изменении

экономико-географических условий резко изменялся характер работы ирригационных систем и состав ирригационных мероприятий. Районирование орошаемых территорий по физико-географическим признакам сохраняет свое значение, как при современном, так и при новом уровне техники, на которую ирригационные системы нашей страны, по-видимому, будут переводиться в ближайшее время. Следует, однако, иметь в виду, что ирригационные системы районов старого орошения, видимо, надолго сохранят специфические особенности, определяемые историческими условиями их формирования как культурного ландшафта.

До сих пор является господствующим представление, согласно которому ирригационная система рассматривается лишь как механизм для подачи воды на поля. В соответствии с этим существующие классификации ирригационных систем основываются главным образом на технических характеристиках отдельных элементов (водозабор, оборудованность и пр.).

При районировании орошаемых территорий в целях изучения вопросов, связанных с проектированием и эксплуатацией оросительных систем, как правило, учитываются лишь отдельные составляющие ландшафта (рельеф, климат, почвы, подземные воды), но не весь ландшафт в целом.

В результате такого подхода к вопросам классификации и районирования орошаемой территории упускается из виду, что характеризующие их элементы обусловлены всей природной обстановкой в целом и что состав и характер работы оросительных систем зависят от физико-географических условий. Недоучитывается также и то, что под влиянием орошения изменяется природный ландшафт.

Несмотря на существенные достижения в изучении отдельных элементов ирригационных систем, в настоящее время ощущается известное отставание ирригационной науки от практики, так как ирригационные системы не рассматриваются в неразрывной связи с географической средой, как важнейшего элемента созданного на его основе культурного ландшафта.

Поскольку ирригационные системы являются средством искусственного изменения ландшафта и характер работы отдельных элементов системы непосредственно связан с элементами ландшафта, проектирование оросительных систем должно быть основано на всестороннем изучении природного ландшафта орошаемых территорий.

### ВЫВОДЫ

В основу классификации и районирования орошаемых территорий должны быть положены физико-географические условия – ландшафт. Классификация и схема районирования орошаемых территорий, основанные на ландшафтных признаках, позволяют типизировать ирригационные системы, что имеет большое практическое значение для проектирования и изысканий. В частности, подобная классификация и схема районирования позволяют широко использовать опыт проектирования, изысканий и исследований, выполняемых в аналогичных условиях при проектировании и изысканиях в новых районах орошения.

### Литература

1. **Ковда В.А.** Происхождение и режим засоленных почв, т.2., Л., изд. Акад. Наук СССР, 1947.
2. **Мамедов Г.Ш.** Научные основы, результаты и пути перспективного развития Аграрной реформы. Научные основы Аграрной реформы в Азербайджане. Материалы Республиканской конференции (на азерб. языке). Баку, 29-30 октября, 2002 г., стр. 3-13.
3. Материалы Мелиоративного Кадастра на 2011 г. г. Баку (на азерб. языке).

**წყალსამეურნეო ობიექტების მდგრადი და უსაფრთხო ფუნქციონირების  
პირობების გამოკვლევა ენტროპიის გამოყენებით**

**ლიანა ფურცელაძე**  
E-mail: [L.furceladze@mail.ru](mailto:L.furceladze@mail.ru)

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

**შესავალი**

ბუნებათსარგებლობის მეცნიერებაში არსებულ პრობლემებს შორის განსაკუთრებით მწვავედ დგას წყალსამეურნეო ობიექტების უსაფრთხო ფუნქციონირების საკითხი. ბუნებრივი გარემოს საფრთხის პროგნოზირებაში წყალსამეურნეო ობიექტების მდგრადი და უსაფრთხო ფუნქციონირების პირობების გამოსაკვლევად გამოყენებულია ენტროპიის ცნება. მოცემულია სისტემის ენტროპიის განმარტება და მისი თვისებები, რომლებიც ამართლებენ მის არჩევას განუსაზღვრელობის ხარისხის მახასიათებლად.

**ძირითადი ნაწილი**

ფიზიკური სისტემის განუსაზღვრელობის ხარისხი განისაზღვრება არა მარტო მისი შესაძლო მდგომარეობათა რიცხვით, არამედ მდგომარეობის ალბათობითაც. სისტემის (ან წყვეტილი შემთხვევითი სიდიდის) აპრიორული განუსაზღვრელობის ზომად ინფორმაციის თეორიაში გამოიყენება სპეციალური მახასიათებელი, რომელსაც ეწოდება ენტროპია. ინფორმაციის თეორიაში ენტროპიის ცნება ძირითადია. იგი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ბუნებრივი გარემოს საფრთხის პროგნოზირებაშიც წყალსამეურნეო ობიექტების მდგრადი და უსაფრთხო ფუნქციონირების პირობების გამოსარკვევად.

სისტემის ენტროპია ეწოდება სისტემის სხვადასხვა მდგომარეობათა ალბათობების მათ ლოგარითმზე ნამრავლების ჯამს შებრუნებული ნიშნით.

$$H(x) = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i \tag{1}$$

ნიშანი მინუსში ჯამის წინ დასმულია იმისათვის, რომ ენტროპია იყოს დადებითი ( $p_i$  რიცხვები ნაკლებია ერთზე და მისი ლოგარითმები უარყოფითია).

ენტროპიას  $H(x)$  გააჩნია მთელი რიგი თვისებებისა, რომლებიც ამართლებენ მის არჩევას განუსაზღვრელობის ხარისხის მახასიათებლად. ჯერ ერთი, ის იქცევა ნულად, როცა სისტემის ერთ-ერთი მდგომარეობათაგანი უტყუარია (უეჭველია), ხოლო სხვა – შეუძლებელი; მეორე – მდგომარეობათა მოცემული რიცხვისას იგი იქცევა მაქსიმუმად, როცა ეს მდგომარეობანი თანაბრად სააღბათოა, ხოლო მდგომარეობათა რიცხვის გაზრდისას იზრდება და ბოლოს, რაც ყველაზე მთავარია – მას გააჩნია ადიტიურობის თვისება, ესე იგი, როცა რამდენიმე დამოუკიდებელი სისტემა გაერთიანდება ერთში, მათი ენტროპიები იკრიბება.

ლოგარითმი (1) ფორმულაში შეიძლება აღებული იქნეს ნებისმიერ  $a > 1$  ფუძით, ფუძის შეცვლა ტოლფასია ენტროპიის უბრალოდ მუდმივ რიცხვზე გადამრავლებისა,

ხოლო ფუძის შერჩევა ტოლფასია ენტროპიის გარკვეული საზომი ერთეულის არჩევის. თუ ფუძედ არჩეულია 10, მაშინ ამბობენ ენტროპია „ათობით ერთეულებზე“, თუკი 2-„ორობით ერთეულზე“. პრაქტიკაში მოხერხებულია ლოგარითმებით სარგებლობა 2-ის ფუძით და ენტროპიის გაზომვა ორობით ერთეულში, ეს კარგად უთანხმდება ელექტრონულ-ციფრულ გამომთვლელ მანქანებში გამოყენებულ თვლის ორობით სისტემას. მთელი რიცხვების ორობითი ლოგარითმები მოცემულია ცხრილებში [1, 2].

ადვილია დაერწმუნდეთ, რომ ლოგარითმების ფუძედ 2-ის არჩევისას, ენტროპიის საზომ ერთეულად მიიღება მარტივი X სისტემის ენტროპია რომელსაც აქვს ორი თანაბრად შესაძლო მდგომარეობა:

$$\frac{x_1}{p_1} \parallel \frac{x_2}{p_2} \parallel \frac{x_3}{p_3}$$

მართლაც (1) ფორმულით გვაქვს

$$H(x) = -\left(\frac{1}{2} \log \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \log \frac{1}{2}\right) = 1$$

ენტროპიის ასე განსაზღვრულ ერთეულს ეწოდება „ორობითი ერთეული“ და ზოგჯერ აღინიშნება bit (ინგლისურიდან - „binary digit“ – ორობითი ნიშანი). ეს ენტროპია ერთი თანრიგისაა ორობითი რიცხვისა, თუკი მას ერთნაირი ალბათობით შეუძლია იყოს ნული ან ერთი. [1,2,4]

გავზომოთ X სისტემის ენტროპია ორობითი ერთეულით, რომელსაც აქვს n თანაბრად ალბათური მდგომარეობანი:

$$\frac{x_1}{p_1} \parallel \frac{x_2}{p_2} \parallel \frac{x_3}{p_3} \parallel \dots \parallel \frac{x_n}{p_n}$$

$$H(x) = -n \frac{1}{n} \log \frac{1}{n} = -\log 1 + \log n$$

გვაქვს

$$H(x) = \log n \tag{2}$$

ე.ი. თანაბრად შესაძლო მდგომარეობებიანი სისტემის ენტროპია ტოლია მდგომარეობათა რიცხვის ლოგარითმისა.

მაგალითად, რვამდგომარეობიანი წყალსამეურნეო ობიექტის სისტემისათვის  $H(x) = \log 8 = 3$ . დავამტკიცოთ, რომ იმ შემთხვევაში, როცა სისტემის მდგომარეობა წინასწარ ზუსტად ცნობილია, მისი ენტროპია ნულის ტოლია. მართლაც, ამ შემთხვევაში, ყველა ალბათობანი  $p_1, p_2, \dots, p_n$  ფორმულაში (1) გადაიქცევა ნულად, გარდა ერთისა, მაგალითად  $p_k$ , რომელიც ტოლია ერთის. წევრი  $p_k \log p_k$  იქცევა ნულად, რადგან  $\log 1 = 0$ , დანარჩენი წევრებიც ხდებიან ნული, რადგან

$$\lim_{p \rightarrow 0} p \log p = 0$$

დავამტკიცოთ, რომ წყალსამეურნეო ობიექტების სასრულო სიმრავლის მქონე სისტემის ენტროპია აღწევს მაქსიმუმს, როცა ყველა მდგომარეობანი თანაბრად ალბათურია, ამისათვის განვიხილოთ (1) სისტემის ენტროპია, როგორც  $p_1, p_2, \dots, p_n$  ალბათობათა ფუნქციას და მოვნახოთ ამ ფუნქციის პირობითი ექსტრემუმი შემდეგი პირობით:



$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \tag{3}$$

ლაგრანჟის განუსაზღვრელ თანამამრავლთა მეთოდის გამოყენებით ვეძებთ ფუნქციის ექსტრემუმი:

$$F = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i + \lambda \sum_{i=1}^n p_i \tag{4}$$

(4)-ის  $p_1, p_2, \dots, p_n$ -ით გაწარმოებით და წარმოებულის ნულთან გატოლებით მივიღებთ განტოლებათა სისტემას:

$$\log p_i + \log i + \lambda = 0 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

ან

$$\log p_i = -\lambda - \log i \quad i = 1, 2, \dots, n \tag{5}$$

საიდანაც ჩანს, რომ ექსტრემუმი (მოცემულ შემთხვევაში - მაქსიმუმი) მიიღწევა, როცა ურთიერთშორის  $p_i$  მნიშვნელობები ტოლია. (3) პირობიდან ჩანს, რომ ამ დროს

$$p_1 = p_2 = \dots = p_n = \frac{1}{n} \tag{6}$$

ხოლო წყალსამეურნეო ობიექტების მდგრადი და უსაფრთხო ფუნქციონირების მაქსიმალური ენტროპია ტოლია

$$H_{\max}(X) = \log n \tag{7}$$

ე.ი. მდგომარეობათა სასრულო რიცხვიანი სისტემის ენტროპია ტოლია მდგომარეობათა რიცხვის ლოგარითმისა და მიიღწევა მაშინ, როცა ყველა მდგომარეობანი თანაბრად სააღბათია.

ენტროპიის გამოთვლა (1) ფორმულით შეიძლება რამდენადმე გავამარტივოთ, თუ განვიხილავთ სპეციალურ ფუნქციას

$$\eta(P) = -P \log p \tag{8}$$

სადაც ლოგარითმი აიღება 2-ის ფუძით.

ფორმულა (1) დებულობს სახეს:

$$H(x) = \sum_{i=1}^n \eta(p_i) \tag{9}$$

ფუნქცია  $\eta(P)$  ცხრილშია მოცემული; [1:2]-ში მოყვანილია მისი მნიშვნელობანი  $p$ -სათვის 0-დან 1-მდე ყოველ 0.01-ს შემდეგ.

ფორმულა (1) ან მისი ტოლფასი (9) გამოიყენება ენტროპიის უშუალო გამოსათვლელად, ოღონდ გარდაქმნათა შესრულებისას ხშირად უფრო მოხერხებული აღმოჩნდება ენტროპიის ჩაწერის სხვა ფორმა, სახელდობრ კი, მისი წარმოდგენა მათემატიკური ლოდინის სახით:

$$H(X) = M[-\log P(X)] \tag{10}$$

სადაც  $\log P(X)$ - სისტემის ნებისმიერი (შემთხვევითი) მდგომარეობის ლოგარითმია, რომელიც განიხილება, როგორც შემთხვევითი სიდიდე.

როდესაც წყალსამეურნეო ობიექტების  $X$  სისტემა მიიღებს  $x_1, x_2, \dots, x_n$  მდგომარეობებს, შემთხვევითი სიდიდე  $\log P(X)$  მიიღებს მნიშვნელობებს:

$$\log p_1, \log p_2, \dots, \log p_n \tag{11}$$

შემთხვევითი სიდიდის საშუალო მნიშვნელობა (მათემატიკური ლოდინი) –  $\log P(X)$



სწორედ ეს არის სისტემის ენტროპია. მის მისაღებად (11) მნიშვნელობები საშუალებებიან „წონებით“, რომლებიც შესაბამის  $P_1, P_2, \dots, P_n$  ალბათობათა ტოლნი არიან.

(10)-ის მსგავსი ფორმულები, სადაც ენტროპია წარმოდგინება მათემატიკური ლოდინის სახით, საშუალებას იძლევიან, ენტროპიასთან დაკავშირებული გარდაქმნები გამარტივებულ იქნან მათ მათემატიკურ ლოდინზე ცნობილი თეორემების გამოყენებაზე მიყვანიტ.

პრაქტიკაში ხშირად გვიხდება განვსაზღვროტ ენტროპია რთული სისტემისათვის, რომელიც მიღებულია ორი ან უფრო მეტი მარტივ სისტემატა გაერთიანებით.

ორი X და Y სისტემის  $x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_m$  შესაძლო მდგომარეობებით გაერთიანების ქვეშ ვგულისხმობტ რთულ (X,Y) სისტემას, რომელტა  $(x_i, y_j)$  მდგომარეობანი წარმოადგენენ X და Y სისტემის  $x_i, y_j$  მდგომარეობათა ყველა შესაძლო კომბინაციას.

ცხადია (X,Y) სისტემის შესაძლო მდგომარეობათა რიცხვი ტოლია  $n \times m$ . ავღნიშნოტ  $P_{ij}$  ალბათობა იმისა, რომ სისტემა (X,Y) იქნება  $(x_i, y_j)$  მდგომარეობაში:

$$P_{ij} = P[(X \sim x_i)(Y \sim y_j)] \tag{12}$$

ალბათობანი  $P_{ij}$  მოხერხებულია განვალაგოტ ცხრილის (მატრიცის) სახით:

ცხრილი 1

$x_i$ $y_j$		$x_1$	$x_2$	...	$x_n$
$y_1$		$P_{11}$	$P_{21}$	...	$P_{n1}$
$y_2$		$P_{12}$	$P_{22}$	...	$P_{n2}$
⋮		⋮	⋮	...	⋮
$y_m$		$P_{1m}$	$P_{2m}$	...	$P_{nm}$

მოვნახოტ რთული სისტემის ენტროპია. განსაზღვრის მიხედვით იგი ტოლია ყველა შესაძლო მდგომარეობათა ალბათობების მათ ლოგარითმებზე ნამრავლების ჯამისა შებრუნებული ნიშნით:

$$H(X,Y) = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{ij} \log P_{ij} \tag{13}$$

ან სხვა აღნიშვნებით:

$$H(X,Y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \eta(P_{ij}) \tag{14}$$

რთული სისტემის ენტროპია, ისევე როგორც მარტივის, აგრეთვე შეიძლება ჩაიწეროს მათემატიკური ლოდინის ფორმით:

$$H(X,Y) = M[-\log P(X,Y)], \tag{15}$$

სადაც  $\log p(X,Y)$  - სისტემის მდგომარეობის ლოგარითმია, რომელიც განიხილება როგორც შემთხვევითი სიდიდე წყალსამეურნეო ობიექტების (მდგომარეობის ფუნქცია).

არსებობს ენტროპიატა შეკრების თეორემა: დამოუკიდებელ სისტემატა შეერთებისას

მათი ენტროპიები იკრიბებიან.

$$H(X_1, X_2, \dots, X_n) = \sum_{k=1}^n H(X_k) \quad (16)$$

თუ გასაერთიანებელი სისტემები დამოკიდებულია, ენტროპიათა მარტივი შეკრება უკვე არ არის მისაღები. ამ შემთხვევაში, რთული სისტემის ენტროპია ნაკლებია, ვიდრე მათი შემადგენელი ნაწილების ენტროპიათა ჯამი, მის გამოსათვლელად საჭიროა პირობითი ენტროპია.

დავუშვათ წყალსამეურნეო ობიექტების X და Y ორი სისტემიდან, დაქვემდებარებულს წარმოადგენს X, მაშინ  $H(X/Y)=0$  და

$$I_y \leftrightarrow x = H(x) \quad (17)$$

ე.ი. სრული ურთიერთინფორმაცია, რომლებსაც შეიცავენ სისტემები, რომელთაგან ერთი წარმოადგენს დაქვემდებარებულს, ტოლია დაქვემდებარებული სისტემის ენტროპიისა.

გამოვიყვანოთ  $I_y \leftrightarrow x$  ინფორმაციისათვის გამოსახულება არა პირობითი ენტროპიის საშუალებით, არამედ უშუალოდ გაერთიანებული სისტემის ენტროპიისა და მისი შემადგენელი  $H(X)$  და  $H(Y)$  ნაწილების მეშვეობით.

გსარგებლობთ რა გაერთიანებული სისტემის ენტროპიის შესახებ თეორემით, ვღებულობთ:

$$H(X/Y) = H(X, Y) - H(Y) \quad (18)$$

ამ გამოსახულების (17) ფორმულაში ჩასმით მივიღებთ:

$$I_y \leftrightarrow x = H(X) + H(Y) - H(X, Y) \quad (19)$$

ე. ი. სრული ურთიერთინფორმაცია, რომელსაც მოიცავს ორი სისტემა, ტოლია სისტემის შემადგენელ ენტროპიათა ჯამს მინუს გაერთიანებული სისტემის ენტროპია.

მიღებულ დამოკიდებულებათა საფუძველზე ადვილია გამოვიყვანოთ საერთო გამოსახულება სრული ურთიერთინფორმაციისათვის მათემატიკური ლოდინის სახით, (19)-ში ენტროპიის გამოსახულებათა ჩასმით

$$H(X) = M[-\log P(X)], \quad H(Y) = M[-\log P(Y)]$$

$$H(X, Y) = M[-\log P(X, Y)]$$

მივიღებთ:

$$I_y \leftrightarrow x = M[-\log P(X) - \log P(Y) + \log P(X, Y)]$$

ან

$$I_y \leftrightarrow x = M\left[-\log \frac{P(X, Y)}{P(X) \cdot P(Y)}\right] \quad (20)$$

სრული ურთიერთინფორმაციის უშუალო გამოთვლისათვის ფორმულა (20) მოხერხებულია დავწეროთ შემდეგი სახით:

$$I_y \leftrightarrow x = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{ij} \log \frac{P_{ij}}{P_i P_j} \quad (21)$$

სადაც,

$$P_{ij} = P((X \sim x_i)(Y \sim y_j))$$

$$P_i = P(X \sim x_i); \quad r_j = P(Y \sim y_j)$$

მაგალითი: წყალსამეურნეო ობიექტის X სისტემა შეიძლება იმყოფებოდეს ოთხიდან რომელიმე ერთ-ერთ მდგომარეობაში  $x_1, x_2, x_3, x_4$ ; შესაბამისი ალბათობები მოცემულია ცხრილში

$x_i$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$
$P_i$	0.1	0.2	0.4	0.3

X წყალსამეურნეო ობიექტის სისტემაზე დაკვირვებისას  $x_1$  და  $x_2$  მდგომარეობანი ძნელად გასარჩევია, მდგომარეობანი  $x_3$  და  $x_4$  აგრეთვე განურჩეველი არიან. X სისტემაზე შეტყობინება აჩვენებს, იმყოფება თუ არა იგი  $x_1, x_2$  მდგომარეობიდან ერთ-ერთში. ან კიდევ,  $x_3, x_4$  მდგომარეობებიდან ერთ-ერთში. მიღებული შეტყობინება, აჩვენებს თუ  $x_1, x_2, x_3, x_4$  მდგომარეობებიდან რომელში იმყოფება X სისტემა.

ამოსხნა: მოცემულ მაგალითში ჩვენ ვაკვირდებით არა თვით X წყალსამეურნეო ობიექტის სისტემას, არამედ მის დაქვემდებარებულ სისტემას, რომელიც დებულობს  $Y_i$  მდგომარეობას, როცა სისტემა X აღმოჩნდება  $x_1, x_2$  მდგომარეობიდან ერთ-ერთში და მდგომარეობას  $Y_2$  როცა აღმოჩნდება  $x_3, x_4$  მდგომარეობიდან ერთ-ერთში. გვაქვს:

$$r_1 = P(Y \sim y_1) = 0.1 + 0.2 = 0.3$$

$$r_2 = P(Y \sim y_2) = 0.3 + 0.4 = 0.4$$

ვპოულობთ ურთიერთინფორმაციას ე.ი. დაქვემდებარებული სისტემის ენტროპიას:

$$I_y \leftrightarrow x = -r_1 \log r_1 - r_2 \log r_2 = \eta(0.3) + \eta(0.7) \approx 0.88 \text{ (ორ.ერთ).}$$

## დასკვნა

სტატიაში განსაზღვრულია ენტროპია, როგორც რაღაც ფიზიკური სისტემის მდგომარეობის განუზღვრელობის ზომა. ცხადია, რომ ცნობათა მიღების საფუძველზე სისტემის განუზღვრელობა შესაძლებელია შემცირებულ იქნეს. რაც მეტია ინფორმაცია სისტემის შესახებ, მით უფრო ნაკლებად იქნება განუზღვრელი მისი მდგომარეობა. ბუნებრივია, ამიტომ ინფორმაციის რაოდენობა გაიზომოს იმ სისტემის, ჩვენს შემთხვევაში წყალსამეურნეო ობიექტების ენტროპიის შემცირებით, რომლის მდგომარეობის დასაზუსტებლადაც განკუთვნილია ცნობები; ე.ი. ინფორმაციის რაოდენობა, მოპოვებული წყალსამეურნეო ობიექტების სისტემის მდგომარეობის სრულად გარკვევისას, ტოლია ამ სისტემის ენტროპიისა.

## ლიტერატურა

1. Яглом А.М. и Яглом И.М. – Вероятность и информация, Гостехиздат, 1960
2. Свешников А.А. – Прикладные методы теории случайных функции. Судпромиздат, 1961.
3. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. – Таблицы математической статистики. Москва «Наука» 1983 г.
4. ვენტცელი ე. – ალბათობათა თეორია. გამომცემლობა განათლება, თბილისი, 1980.

**მდგრადი ინტეგრირის დიზაინი –  
როგორც ეკოლოგიური მდგრადობის შენარჩუნების ფაქტორი**

**ნათია ქოჩლაძე**

**E-mail: natiakochladze@yahoo.com**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მ. კოსტავას ქ. 68, 0175, ქ. თბილისი, საქართველო

**შესავალი**

მდგრადი დიზაინი – ეს არის ცალკეული ობიექტების შექმნის, ან გარემოს კომპლექსური აგების ფილოსოფია, რომელიც ეკონომიკური, სოციალური და ეკოლოგიური მდგრადობის პრინციპებზეა დაფუძნებული. მდგრადი განვითარების მანიფესტი მოიცავს აღუდგენელი ბუნებრივი რესურსების გამოყენების აკრძალვას, წარმოებისას გარემოზე მინიმალურ ზეგავლენას, ხაზს უსვამს ადამიანის და ბუნების უწყვეტ კავშირს. ეს ფილოსოფია ესადაგება როგორც “მიკროკოსმ”-ს – საყოფაცხოვრებო მცირე საგნების პროექტირებას, ასევე “მაკროკოსმ”-ს – მთელი ქალაქების პროექტირებას, ადამიანის საცხოვრებელი გარემოს ფორმირებას, რაც, ასე თუ ისე, დედამიწის ბუნებრივ ლანდშაფტს ცვლის. მდგრადი განვითარების საფუძვლები გამოიყენება დიზაინის ისეთ სფეროში, როგორცაა არქიტექტურა, ლანდშაფტური დაგეგმარება, ქალაქგეგმარება, ინტერიერის დიზაინი, გრაფიკული დიზაინი, ასევე ტანსაცმლის დიზაინი.

ხშირად მონაცვლეობით ორ ტერმინს ხმარობენ, მდგრადი დიზაინი და მწვანე დიზაინი. თუმცა მათ შორის მცირე განსხვავება მაინც არსებობს. მწვანე დიზაინი გულისხმობს დიზაინს, რომელიც ადამიანების ჯანმრთელობას და კეთილდღეობას იცავს, ხოლო მდგრადი დიზაინი ასევე გარემოსა და მსოფლიო ეკოსისტემებს იცავს მომავალი თაობებისთვის. ამ ორი ასპექტის გამაერთიანებელია “გარემოსადმი პასუხისმგებელი დიზაინი”.

**კირითაღი ნაწილი**

მდგრადი განვითარება – ეს არის საპასუხო რეაქცია მსოფლიო ეკოლოგიურ კრიზისზე, წარმოების საშიშ ზრდაზე და მოსახლეობის კოლოსალურ მატებაზე – ყოველივე ამას საბოლოოდ ბუნებრივი რესურსების გაჩანაგებამდე მიყვავართ და სრულყოფილ ეკოსისტემებს გამოუსწორებელ ზიანს აყენებს.

ინტერიერის დიზაინერების ამერიკულ საზოგადოებას (ASID) სჯერა, რომ მდგრადობა ყოველი დიზაინერის მიდგომის მნიშვნელოვანი ნაწილია, ენერგო ეფექტურობიდან დაწყებული გარემოზე უარყოფითი ზეგავლენის შემცირებით დასრულებული.

მდგრადი დიზაინის განსახორციელებლად რამდენიმე პირობის გათვალისწინებაა საჭირო:

1. **სივრცის მაქსიმალურად ეფექტურად გამოყენება.** ინტერიერის სივრცის ეფექტური გამოყენება ამცირებს შენობის ზომას და აქედან გამომდინარე, კონსტრუქციული მასალების და სხვა რესურსების გამოყენება მინიმუმამდე დაჰყავს.
2. **ენერჯის დამზოგველი კონსტრუქციების და მასალების გამოყენება.** ინტერიერის დიზაინერებს შეუძლიათ გამოიყენონ ფანჯრები და კარები, რომლებიც ზრდის ენერგო-ეფექტურობას, ხის იატაკი, რომელიც სწრაფად განახლებადი მასალისგან მზადდება, როგორცაა ბამბუკი, წყლის დამზოგი ტუალეტები და სხვა მასალები,

რომლებიც გარემოს ნაკლებად აზიანებენ.

3. **გამოიყენეთ პროდუქცია, რომელიც საზოგადოებრივი ნორმების დაცვითაა დამზადებული.** შეიძინეთ ავეჯი და პროდუქცია იმ მწარმოებლებისგან, რომელნიც უსაფრთხო წარმოების პროცესს აღიარებენ და სოციალურად გამართლებულ ბიზნესს აწარმოებენ. როცა არის საშუალება, გამოიყენეთ ადგილობრივი წყაროები.
4. **ხარჯის შემცირება რეგენერირებადი ან გადამუშავებული მასალის გამოყენების გზით.** საბედნიეროდ ვინტაჟის სტილი ინტერიერის დიზაინის კიდევ ერთი თანამედროვე მიმდინარეობაა. ავეჯს და დეკორაციას შეიძლება ახალი გამოყენება მოეძებნოს, რესტავრაცია გაუკეთდეს ან სხვაგვარად განახლდეს, რათა ახალი სიცოცხლე მიეცეს. ჭეშმარიტი ეკოლოგიური უსაფრთხოების მისაღწევად კაფელი, ხალიჩები, ქსოვილი და ნიჟარაც კი შესაძლოა გადამუშავებული მასალისგან იყოს დამზადებული.
5. **ენერგო-ეფექტური განათების გეგმა.** გონივრულად მოფიქრებულმა ინტერიერის დიზაინმა შეიძლება ისე გამოიყენოს ფანჯრები და ზედა განათება, რომ შემცირდეს ხელოვნური განათების გამოყენების საჭიროება. როდესაც ხელოვნური განათებაა აუცილებელი, სჯობს გამოვიყენოთ LED და კომპაქტური ფლუორესცენტული ნათურები, რომლებიც ცოტა ენერგიას ხარჯავენ და დიდხანს სძლებს.
6. **შესაძლებლობის ფარგლებში გამოიყენეთ არატოქსიკური და გარემოს დაბინძურებისათვის არასაშიში პროდუქცია.** იზრდება უსაფრთხო და ქიმიკატებისაგან თავისუფალი პროდუქციის რიცხვი ორგანული, არააღებელი საღებავებიდან დაწყებული, პესტიციდების გარეშე გაზრდილი ხის მასალით დასრულებული.

გარემოზე პასუხისმგებელი ინტერიერის დიზაინი უცხოურ ლიტერატურაში ხასიათდება, როგორც პროფესიული პრაქტიკა, რომელიც ცდილობს გარემოსადმი მდგრადი და იქ მცხოვრებთათვის ჯანმრთელი შიდა სივრცე შექმნას, ანუ შენობის გარემოზე უარყოფითი ზეგავლენის მაქსიმალურად შემცირებასთან ერთად დიზაინერმა ფიზიოლოგიურად და ფსიქოლოგიურად ჯანმრთელი საცხოვრებელი გარემო უნდა შექმნას. ამას კი შიდა სივრცეში სუფთა ჰაერის, მასალების და დღის განათების არსებობა უზრუნველყოფს.



სურ. 1. პედაგოგიური ასოციაციის შენობა დაჯილდოებული LEED- ის სერტიფიკატით



ინტერიერში ჰაერის კარგი მდგომარეობა განისაზღვრება ვენტილაციის არსებობით, ჰაერში გავრცელებული ბაქტერიების კონტროლით, მისაღები ტემპერატურის და სინოტივის შენარჩუნებით. ინტერიერის ჰაერის დაბინძურებას იწვევს მასალები, მოპირკეთება, ავეჯი, ალტურვილობა, ადამიანთა საქმიანობა და ბიოლოგიური პროცესები. ინტერიერის დიზაინერი ჰაერის მდგომარეობაზე ზრუნავს საჭირო კონსტრუქციების განსაზღვრით. მაგალითად, შესაძლოა ტიხრის იატაკიდან 2,5 5 სმ-ით აწევა, რათა უზრუნველყოთ ჰაერის მოძრაობა საოფისე სივრცეში, გამწოვი ვენტილატორების დაყენება დახურულ სივრცეში ან იქ, სადაც ჰაერის დაბინძურება ხდება (მაგ.: სამზარეულო, მოსაწევი ოთახი, აბაზანა), აგრეთვე მცენარეების გამოყენება, თუკი ეს არსებულ ინტერიერში დასაშვებია. მფლობელებმა სასურველია გადასდონ ახალ ინტერიერში გადასვლა, რათა ახალი მასალების მანე ქიმიკატები გააუვნებელყოს და არ მიაყენოს ზიანი მაცხოვრებლებს. გაუმჯობესებული ვენტილაცია ავადმყოფობის შემთხვევებს ამცირებს და პროდუქტიულობას ზრდის. საკითხის საერთაშორისო შესწავლამ დაადგინა, რომ კარგი ვენტილაციის პირობებში რესპირატორული ავადმყოფობები 9-20%-ით შემცირდა, ხოლო პროდუქტიულობა 11%-ით გაიზარდა.

ამერიკის შეერთებული შტატების გარემოს დაცვის სააგენტო საოფისე ავეჯს, იატაკის მოსაპირკეთებელ მასალას, საღებავებს და მოპირკეთებას, ხის პროდუქციას, ქსოვილებს, საიზოლაციო მასალას და გამწმენდ საშუალებებს მოიხსენიებს, როგორც ინტერიერის ჰაერის დაბინძურების წყაროს. დიზაინერის მიერ ინტერიერის მასალის, ვენტილაციის, ავეჯის და ალტურვილობის, ფანჯრის მასალის არჩევა მნიშვნელოვანია ინტერიერში ჰაერის დაბინძურების შესამცირებლად.

ორგანიზაცია LEED-ის (*Leadership in Energy and Environmental Design*) მოთხოვნების მიხედვით, მდგრადი მასალები, ეს არის მასალები, რომლებიც სწრაფად განახლებადი რესურსებიდან მზადდება, არის ძალზე გამძლე, გადამუშავებას ექვემდებარება და მცირე რაოდენობით მანე ნივთიერებებს გამოყოფს. განახლებადი რესურსები და პროდუქცია ან ხელოვნურადაა გამოზრდილი ან ბუნებრივ პირობებში იმდენი იზრდება, რომ მისი განადგურების საშიშროება არ არსებობს. მასალის არჩევისას გათვალისწინებული უნდა იყოს როგორც გარემოსადმი მდგრადობა, ასევე ეკონომიკური (ფასი, ხელმისაწვდომობა) და სოციალური (თერმული კომფორტი, სიმყარე, გამძლეობა) ასპექტები.



სურ. 2. გადამუშავებული მასალისგან დამზადებული სავარძელი

მდგრადი ინტერიერის დიზაინის ერთ-ერთი ფაქტორია დღის განათების გამოყენება და ბუნებრივ გარემოსთან კონტაქტი. შესწავლილ იქნა რა მუშაობის პროდუქტიულობა სხვადასხვა სამსახურებში, დადგინდა, რომ ოფისებში, საიდანაც კარგი ხედები იშლებოდა ფანჯრიდან, შრომის ნაყოფიერება უფრო მაღალი იყო, ვიდრე ოფისებში, სადაც ამგვარი ხედები არ იყო. საცალო ვაჭრობაზე დღის განათების ეფექტი ისეთივე მნიშვნელობისაა, როგორც მანქანების გასაჩერებელი ადგილი, ადგილობრივი კონკურენტები და უბნის დემოგრაფიული მდგომარეობა.

გარემოზე პასუხისმგებელი დიზაინის ასევე მნიშვნელოვანი ნაწილია ალტერნატიული ენერჯის სისტემების დამატება ინტერიერის

სივრცეში, რამაც შესაძლოა ინტერიერის მოდიფიცირების აუცილებლობა წარმოშვას, აგრეთვე მნიშვნელოვანია გადამუშავებული მასალების, როგორცაა პლასტმასა, ქაღალდი და მატერია გამოყენება. ეს მასალა ინტერიერის თითქმის ნებისმიერ საგნად შეიძლება იქცეს, დაწყებული სუფრიდან და კარების წინ დასაფენი ხალიჩიდან, საწერი მაგიდითა და იზოლაციით დამთავრებული.

### დასკვნა

მდგრადი ინტერიერის დიზაინს ადამიანისა და ბუნების ურთიერთობა ჰარმონიაში მოჰყავს, ამ ურთიერთობაში ადამიანის პასუხისმგებლობის დონეს უფრო მაღლა წევს და ეკოლოგიური მდგრადობის შენარჩუნების აუცილებელი ფაქტორია. მე-20 ს. მეორე ნახევარში გაჩენილი მიმდინარეობა სულ უფრო ძლიერდება და პოპულარული ხდება.

### ლიტერატურა

1. **Bacon Leigh** – Interior Designer's Attitudes Toward Sustainable Interior Design Practices and Barriers Encountered when Using Sustainable Interior Design Practices. University of Nebraska-Lincoln, 05.01.2011. <http://digitalcommons.unl.edu>
2. What are the Different Types of Sustainable Interior Design? <http://www.wisegeek.com/what-are-the-different-types-of-sustainable-interior-design.htm>
3. Sustainable design. [http://lowfatwear.com/?page\\_id=81](http://lowfatwear.com/?page_id=81)
4. **Смирнова Александра** – Аналитическая записка по философии дизайна на примере направления Sustainable Design (экологический дизайн). [http://www.taby27.ru/sdachi-rabot/philos\\_design2008/analiticheskaya-zapiska-po-filosofii-dizajna-na-primere-napravleniya-sustainable-design-ekologicheskij-dizajn.html](http://www.taby27.ru/sdachi-rabot/philos_design2008/analiticheskaya-zapiska-po-filosofii-dizajna-na-primere-napravleniya-sustainable-design-ekologicheskij-dizajn.html)
5. **Jones Louise** – Defining Sustainable Design. Eastern Michigan University. [http://www.informedesign.org/\\_news/Sustain01\\_06.pdf](http://www.informedesign.org/_news/Sustain01_06.pdf)

## ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТРУКТУРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НА ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЛЯХ КОЛХИДСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Шургая В.Ш., Закаидзе И.Г., Кекелишвили Л.Г.

E-mail: [vshurgaia@mail.ru](mailto:vshurgaia@mail.ru)

Институт водного хозяйства Грузинского технического университета  
пр. И. Чавчавадзе, 60, г. Тбилиси, Грузия

### ВВЕДЕНИЕ

Разрешение проблемы обеспечения населения основными продовольственными продуктами требует изучения и всемерного использования земельных ресурсов Грузии. Колхидская низменность является одним из регионов страны, представляющим значительный потенциал для развития сельскохозяйственного производства и, соответственно, улучшения её продовольственного обеспечения.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В системе народного хозяйства Грузии роль и место Колхиды определяются её уникальными агроклиматическими ресурсами, которые в сочетании со значительными трудовыми ресурсами и благоприятным географическим положением создают основу для формирования современного, высокоэффективного сельскохозяйственного производства. С другой стороны, наличие значительных по площади заболоченных массивов является фактором, снижающим общий экономический потенциал Колхиды, однако, мелиорация земель может в значительной степени снизить негативное влияние этого фактора и во многом определить уровень развития экономики региона. Как известно, для Грузии характерно малоземелье. Особенно серьёзно эта проблема стоит в Колхиде, где каждый гектар земли потенциально представляет собой огромную ценность.

Освоение территории Колхиды характеризуется малоконтурностью площадей сельскохозяйственных угодий. Одной из причин сложившегося положения является наличие широкой сети осушительных каналов, очень густой и разветвленной гидрографической сети, вклинивание в обрабатываемые участки неудобных земель и небольших лесных массивов [1]

Следует отметить, что осушенные земли использовались, главным образом, под сельскохозяйственное производство. В основном, они находились под пашней и многолетними культурами. По мере освоения Колхидской низменности в структуре сельскохозяйственных земель формировалась тенденция уменьшения доли пашни и увеличения доли многолетних насаждений, что отражало усиление интенсификации сельскохозяйственного производства и углубление специализации Колхиды на субтропических культурах. В этом отношении особенно выделялись северная и южная части низменности, где давно и успешно функционировали агропромышленные комплексы: чайный (особенно северная часть) и цитрусовый (в большей степени южная часть). Вместе с этим субтропический тип хозяйства был менее выражен в центральной части низменности, где на современной стадии мелиоративных преобразований преобладали хозяйства полеводческо-животноводческого профиля. Высокодоходность и трудоёмкость возделывания многолетних культур (чай, цитрусы) способствовали полной занятости трудовых ресурсов.

В сельскохозяйственном комплексе Колхиды животноводство занимало сравнительно небольшое место и по уровню развития отставало от высокоинтенсивного субтропического растениеводства. В суммарной валовой продукции сельского хозяйства региона на животноводство приходилось лишь 18 %.



## ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТРУКТУРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НА ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЛЯХ КОЛХИДСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Продукция животноводства не удовлетворяла потребности причерноморских курортов и местного населения, возникала постоянная необходимость её завоза извне. Отставание животноводства объяснялось, в первую очередь, слабостью кормовой базы, которая не соответствовала имеющимся возможностям и не удовлетворяла потребности отрасли.

Полеводство в регионе по сравнению с производством многолетних культур было развито значительно слабее. В агропромышленном комплексе Колхиды оно играло вспомогательную роль и не выступало в качестве специализированной отрасли. Удельный вес использования пашни под посевы составлял около 75 %. В структуре посевных площадей доминирующее положение занимали зерновые и кормовые культуры. Резко преобладала в посевных площадях главная зерновая культура Западной Грузии - кукуруза.

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что в общественных хозяйствах Колхиды в структуре товарной продукции доминировали чай и цитрусы (до 75-80%). Такая однобокая специализация не способствовала гармоничному развитию хозяйств и шла в ущерб развитию других отраслей. Так, суммарный удельный вес зерновых, овоще-бахчевых культур и плодоводства составлял всего 3%. Себестоимость реализованной продукции всех отраслей, кроме чаеводства и цитрусоводства, превосходила сумму закупочных цен [2].

Рост сельскохозяйственной продукции в Колхиде в значительной степени зависит от расширения земельной площади путем её мелиоративного преобразования, а также дальнейшего совершенствования структуры сельскохозяйственных угодий. Согласно проекту осушения Колхидской низменности, к 1990 г. было предусмотрено завершение её освоения на площади 225 тыс га. Из этой площади под сельскохозяйственное освоение предусматривалось до 60 % (135 тыс га), из которой почти 2/3 предназначалось под многолетние насаждения, в основном, чай (38 тыс га). Увеличение площади многолетних насаждений предполагалось осуществить как за счет полного освоения залежи, так и за счет уменьшения площади пашни, сенокосов и пастбищ [3].

С распадом Советского Союза кардинально стал вопрос об обеспечении населения страны продовольствием. Соответственно, возникла необходимость внести существенную корректировку в части структуры сельскохозяйственных угодий центральной зоны региона (Хобского, Сенакского и отчасти Зугдидского районов).

Как известно, в мелиоративном отношении отдельные территории Колхидской низменности из-за неодинакового гипсометрического положения, различных уклонов поверхности, разных почвенных, гидрогеологических и климатических условий находятся в неодинаковых условиях. Наиболее неблагоприятные условия складываются в её центральной части, которая отличается исключительно равнинным рельефом, низким и почти безуклонным гипсометрическим положением, неблагоприятными почвенными условиями и обилием атмосферных осадков (1700 - 2000мм). На массиве около 75 % всей площади занято тяжелыми по гранулометрическому составу почвами элювиально-гидроморфного и гидроморфного рядов, которые требуют капитального осушения. Земли под многолетние культуры (в основном чай, цитрусы) осушались закрытым дренажем в сочетании с приподнято-выпуклыми грядами - «Квали». До применения этого мелиоративного приема один закрытый дренаж без дополнительных мероприятий, обеспечивающих поверхностный сток, недостаточно регулировал гидрологический режим почвы. Подавляющее большинство растений погибало, оставшиеся растения были значительно угнетены, вследствие чего сбор и учет урожая не проводился. Несколько лучше сложилась ситуация с «Квали» (шириной 5-10 м), где с увеличением поверхностного стока в верхнем слое почвы (0-30 см), создается улучшенный водно-воздушный режим, в то время как в нижних почвенных горизонтах, без обеспечения внутреннего стока остаются намного худшие водно-воздушные условия. Урожайность чая при этом варианте была низкой (1,5 т/га) и лишь в отдельные годы достигала 4 т/га. Следует отметить, что климатические условия Колхидской низменности вполне удовлетворительны для чайного куста. Однако культура чая лимитируется также почвенными условиями, в частности, реакцией почвы. Чай требует кислую и слабокислую реакцию и предпочитает хорошо дренируемые, легкие и средние по гранулометрическому составу богатые питательными веществами почвы. Оптимальной реакцией почвы для чайного куста принято рН

водной вытяжки от 4 до 6. Эти почвенные условия не обеспечиваются в центральной части низменности, вследствие чего ожидаемая экономическая эффективность мелиоративного приема - сочетание закрытого дренажа с «Квали» не была достигнута. Чайные плантации на Колхиде, в основном, размещались на желтоземных, красноземных и подзолистых почвах; ареал их распространения не поднимался выше 500-550 м над уровнем моря. Чайные кусты, размещенные на среднесуглинистых почвах в условиях естественного возвышения, обеспечивающих поверхностный сток и хорошие фильтрационные свойства, имели благоприятные условия для высокой биопродуктивности (6,5-7,5 т/га). Особенно плотно чайные плантации были расположены в северной части Колхиды (более половины их площади), но по урожайности их значительно превосходили плантации южной части. Центральная часть Колхиды самая большая по территории, отличалась наименьшей плотностью чайных плантаций и самой низкой по региону урожайностью. [2,3]

Как видно из приведенной выше характеристики существовавшего сельского хозяйства центральной части Колхидской низменности, состояние его было весьма экстенсивное. Высокий удельный вес многолетних насаждений, низкий доход с одного га, экстенсивная структура посевных площадей и, наконец, низкий удельный вес животноводства указывали на нерентабельную хозяйственную деятельность подавляющего большинства хозяйств. Причиной таких низких показателей хозяйственной деятельности, главным образом, было неудовлетворительное мелиоративное состояние земель этих хозяйств из-за некачественного проведения осушения и эксплуатации мелиоративных систем. Кроме того, будучи подчиненными плановой дисциплине, работники сельского хозяйства нередко вынуждены были без полного проведения агро-мелиорации осваивать земли под многолетние культуры, что не могло не сказаться отрицательно на показателях урожайности.

Выход из сложившегося положения, с учетом увеличения спроса и цен на зерно в мире, видится не только в росте площадей под зерновые и бобовые культуры, но и в интенсификации сельского хозяйства. В настоящее время хотя в посевах и преобладают площади под кукурузой, но ни масштабы её распространения, ни урожайность не удовлетворяют потребности населения в зерне (в регионе широко используют кукурузу вместо пшеницы) и животноводства в кормах.

Изменение структуры сельскохозяйственных земель потребует реконструкции существующих осушительных систем, устроенных под многолетние насаждения. Требуется применять способы осушения, предназначенные для возделывания однолетних культур.

Как было сказано выше, центральная часть Колхидской низменности сложена тяжелыми набухающими почвогрунтами - глинами и тяжелыми суглинками, обладающими незначительной фильтрационной способностью, не превышающей

$2 \cdot 10^{-6}$  см/с с признаками оглеения почти с поверхности, с глубиной степень оглеения возрастает и доходит до полного оглеения на глубине 0,5-0,6 м. Это территории с избыточным увлажнением, образованным за счет верховодок, составляющих около 92 тыс га. Исходя из этого, первоочередному окультуриванию необходимо подвергнуть верхний покровный слой почвы мощностью до 0,5 м, с последующим углублением его в процессе освоения [4]. С этой целью в течение ряда лет Институтом водного хозяйства (бывший ГрузНИИГиМ) изучалась эффективность глубокой вспашки - плантажа. Было установлено, что плантаж положительно влияет на изменение активной пористости почвы. После него увеличивается объем крупных пор (макро и мезопоры диаметром  $> 0,01$  мм) за счет ультрамикропор (диаметром  $< 0,01$  мм). Увеличение крупных пор в результате плантажа положительно сказывается на водно-воздушном режиме почвы, резко повышается её фильтрационная способность.

Указанные изменения на плантажированных участках отразились соответственно и на повышении урожайности сельхозкультур: при урожае кукурузы (зерно) на контрольных участках в 18-23 ц/га на плантажированных площадях было получено в 1,5-2,0 раза больше. Кроме того, наблюдения показали, что корневая система кукурузы углубилась на плантажированных почвах до 60 см от поверхности с увеличением массы корней на 11 %, при лучшем распределении их по профилю почвы. Наибольший эффект от плантажа зафиксирован в первый год, в последующие годы достигнутые благоприятные изменения снижаются, однако остаются все же значительными по истечении трех лет после их осуществления.

## ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТРУКТУРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НА ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЛЯХ КОЛХИДСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Необходимо отметить, что приведенные выше показатели улучшения мелиоративного состояния почв в слое 0-60 см были достигнуты плантажированием на фоне кротовых дрен или щелей и временной открытой регулирующей сети, устроенной катковым бороздоделом [5]. Без указанного фона плантаж является неприемлемым мероприятием и приводит к ещё более сильному заболачиванию почв.

После плантажа следует устройство овально-профилированных полос-«Квали», ширина и поперечный уклон которых, назначается согласно почвенно-топографическим условиям и требованиям культурных растений. Многочисленные опыты и практика возделывания сельскохозяйственных растений показали, что «Квали» в условиях Колхиды является эффективным агро-мелиоративным мероприятием, с помощью которого усиливается поверхностный сток и обеспечивается необходимый водно-воздушный режим почв для культивируемых однолетних растений.

В структуре посевных площадей под «Квали» доминирующее положение должны занимать зерновые и кормовые культуры. Кукуруза - исключительно ценная для Колхидских условий зерновая культура, поскольку дает не только зерно, но и прекрасный силосный материал и концентрированные корма. Почвенно-климатические условия Колхиды позволяют получать на «Квали» один урожай кукурузы на зерно, а второй в молочно-восковой стадии на силос. Аналогичная ситуация и с соей, которая исключительно богата легкоперевариваемыми белками и удачно дополняет кукурузные корма. Кроме того, корневая система сои распространяется до глубины 0,5-0,6 м, тем самым улучшает дифференцированную скважность почвы, а также обогащает почву азотом.

Исходя из опыта многих зарубежных стран, а также на основании материалов исследований, проведенных на Колхидской низменности Институтом водного хозяйства, в качестве перспективного внутриучасткового мероприятия для осушения земель под однолетние культуры можно применить комбинированный дренаж. При таком способе осушения после плантажа участка в направлении ската местности прокладываются трубчатые дрены ( $B = 20$  м), а поперек ската нарезается густая сеть кротовых дрен ( $B = 3$  м). Особенно рационально применение этого способа при осушении безуклонных равнин и территорий с малым уклоном, где необходимо помимо отвода поверхностных вод отводить из почвы просочившуюся в нее поверхностную воду. Трубчатый дренаж выполняет роль коллектора, а кротовые дрены - собирателей. Но в условиях тяжелых почв Колхиды, к тому же сильно набухающих, нельзя ожидать сколь-нибудь существенного поступления внутреннего стока в дрены, тем более, что условия этого поступления значительно ухудшаются вследствие уплотнения стенок кротовин плугом при нарезке дрен, к тому же щели кротовин смыкаются со временем. Предложено вместо кротовых дрен устраивать щели траншейными фрезами (такие механизмы выпускаются за рубежом) шириной 0,1 м, глубиной 0,6 м, с одновременной засыпкой их фильтрующим материалом до пахотного горизонта [6,7]. Такой комбинированный дренаж способствует более равномерному распределению влаги на осушаемой площади и в её почвенном профиле. В отличие от «Квали» площадь земли полностью используется и облегчается механизация трудовых процессов. Это мероприятие при гораздо высоких капитальных вложениях, значительно снижает трудовые и денежные затраты, требуемые на эксплуатационное содержание «Квали» (периодические работы по восстановлению их выпуклого профиля и ежегодное очищение межквальных канав от заиления и растительности).

Так как применение закрытого трубчатого дренажа лимитируется водопроницаемостью почвогрунтов ( $K_f > 0,01$  м/сут), то область его применения следует ограничить небольшими массивами дельтовых участков относительно крупных рек и их приречной полосы, сложенной из песчаных почвогрунтов, и территорий низменности, сложенных из легких и средних суглинков, характеризующихся удовлетворительными водно-физическими свойствами.

Следует иметь в виду и то обстоятельство, что Колхидская низменность - это зона работ гусеничных механизмов (болотного типа); здесь почти непригодны колесные механизмы для выполнения как гидротехнических, так и сельскохозяйственных работ.

---

## ВЫВОДЫ

- В общественных хозяйствах Колхиды в структуре товарной продукции доминировали чай и цитрусы (до 75-80%). Такая однобокая специализация не способствовала гармоническому развитию хозяйств и шла в ущерб развитию других отраслей. Так, суммарный удельный вес зерновых, овоще-бахчевых культур и плодоводства составлял всего 3%. Себестоимость реализованной продукции всех отраслей, кроме чаеводства и цитрусоводства, превосходила сумму закупочных цен.
- В мелиоративном отношении отдельные территории Колхидской низменности из-за неодинакового гипсометрического положения, различных уклонов поверхности, разных почвенных, гидрогеологических и климатических условий находятся в неодинаковых условиях. Наиболее неблагоприятные условия складываются в её центральной части, которая отличается исключительно равнинным рельефом, низким и почти безуклонным гипсометрическим положением, неблагоприятными почвенными условиями и обилием атмосферных осадков (1700 - 2000мм). На массиве около 75 % всей площади занято тяжелыми по гранулометрическому составу почвами элювиально-гидроморфного и гидроморфного рядов, которые требуют капитального осушения.
- Первоочередному окультуриванию необходимо подвергнуть верхний покровный слой почвы мощностью до 0,5 м, с последующим углублением его в процессе освоения.
- Было установлено, что плантаж положительно влияет на изменение активной пористости в верхнем слое почвы. Происходят благоприятные изменения дифференциальной скважности, динамики почвенной влажности и водно-воздушного режима плантажированного участка.
- Многочисленные опыты и практика возделывания сельскохозяйственных растений показали, что «Квали» в условиях Колхиды является эффективным агро-мелиоративным мероприятием, с помощью которого усиливается поверхностный сток и обеспечивается необходимый водно-воздушный режим почв для культивируемых однолетних растений.

## Литература

1. ვართახოვი მ., იორდანიშვილი ი. კოლხეთის მიწების დაშრობის პრობლემის გადაწყვეტა. (ისტორიული მიმოხილვა). «მეცნიერება და ტექნოლოგიები» № 4-6, თბილისი, 2006, გვ. 143-145
2. Кикнадзе Т.З. Колхидская низменность. Научные предпосылки освоения. «Наука», Москва, 1990, 243 с.
3. Сванидзе Г.Г. Колхидская низменность. Природные условия и социально-экономические аспекты. «Гидрометеоздат», Ленинград, 1989, 374 с.

ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგო გეოხალიჩა “ნესფილე”-ს და “ნესგეო”-ს  
ლაბორატორიული კვლევა

გოგა ჩახაია, შალვა ბოსიკაშვილი, ზურაბ ვარაზაშვილი, რობერტ დიაკონიძე,  
ირინა ხუბულავა, ლევან წულუკიძე, თამრიკო სუპატაშვილი, მარინე შავლაყაძე,  
ფერიდე ლორთქიფანიძე, გიორგი ომსარაშვილი

Email: [gogachaxaia@mail.ru](mailto:gogachaxaia@mail.ru)

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

**შესავალი**

უკანასკნელ პერიოდში დედამიწაზე მიმდინარე კლიმატის გლობალური ცვლილებების გამო გაიზარდა ნალექების მოსვლის სისწორე და ინტენსიობა, რამაც კიდევ უფრო გაააქტიურა ისეთი სტიქიური მოვლენები, როგორცაა წყალდიდობები, ეროზიულ-ღვარცოფული და მეწყერული მოვლენები და სხვ.

ზემოაღნიშნული სტიქიური მოვლენები მნიშვნელოვან საფრთხეს წარმოადგენს ადამიანების სიცოცხლისათვის, ისინი ანადგურებენ საყოფაცხოვრებო შენობა-ნაგებობებსა და სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მიწის სავარგულებს, აზიანებენ როგორც საერთაშორისო, ასევე ადგილობრივი დანიშნულების სარკინიგზო და საავტომობილო დერეფნებს.

**პირითაღი ნაწილი**

აღნიშნული პრობლემები დღემდე მოუგვარებელია საქართველოშიც, სადაც ზიანდება ქვეყნის ეკოსისტემა და ეკონომიკა (საქართველომ 1995 წლიდან დღემდე 2 მილიარდი ლარის ოდენობის ზარალი განიცადა), რაც განაპირობებს უპირველეს ყოვლისა ნიადაგის დეგრადაციის საწინააღმდეგო ეფექტური პრევენციული ღონისძიებების შემუშავების აუცილებლობას [1, 2].

ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით, ჩვენ მიერ შემოთავაზებული იქნა ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგო 2 გეოხალიჩა “ნესფილე” და “ნესგეო”, რომელთა ეფექტურობის დადგენისათვის განხორციელდა ლაბორატორიული კვლევები, კერძოდ: 1 მ<sup>2</sup> ფართობის მქონე ხის ყუთში ჩაყრილი იქნა ნიადაგ-გრუნტი, რომლის ქიმიური შემადგენლობა მოცემულია ცხრილი 1-ში:

ხის ყუთში ჩაყრილი ნიადაგ-გრუნტის დატკეპნის და მოსწორების შემდეგ მასზე დაფენილი იქნა 0,5 მ<sup>2</sup> ფართობზე გეოხალიჩა “ნესფილე”, რომელიც შედგება ბამბის 2 შრისაგან, ხოლო დარჩენილ 0,5მ<sup>2</sup> ფართობზე დაფენილი იქნა გეოხალიჩა “ნესგეო”, რომელიც შედგება ბამბისა და მარლის შრეებისაგან. აღნიშნული გეოხალიჩები ნიადაგ-გრუნტის ზედაპირზე დამაგრებულია ლითონის ანკერებით, ხოლო გეოხალიჩების შრეებს შორის მოთავსებულია მცენარეთა თესვები (სურ. 1).

ნიადაგ-გრუნტის ქიმიური ანალიზის შედეგები

ანიონი	შემცველობა 100გ ნიადაგში		
	გრამი	მგ/ეკვ	მგ/ეკვ %
Cl <sup>-</sup>	0.013	0.374	55.24
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.007	0.221	32.64
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.005	0.082	12.11
ჯამი	0.025	0.677	100
კათიონი	შემცველობა 100გ ნიადაგში		
	გრამი	მგ/ეკვ	მგ/ეკვ %
Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	0.009	0.294	43.43
Ca <sup>2+</sup>	0.006	0.290	42.84
Mg <sup>2+</sup>	0.001	0.093	13.74
ჯამი	0.016	0.677	100
მინერალურ ნივთიერებათა რაოდენობა %	97.77		
წყალში ხსნადი ჰუმუსის რაოდენობა 100გ ნიადაგზე	192		
მშრალი ნაშთი t105 <sup>0</sup> C-ზე, %	0.0526		
ჰიგროსკოპიული წყალი %	2.26		
pH წყლით	7.0		

ლაბორატორიულ პირობებში გეოსალიჩებზე დაკვირვებები წარმოებდა 5.05.2012-დან 23.05.2012-მდე, ამ პერიოდში ფიქსირდებოდა ლაბორატორიაში ჰაერის ტემპერატურა და ტენიანობა, აგრეთვე მცენარე კონდარის თესლების გაღვივების შემდეგ მათი ზრდის დინამიკა.



სურ. 1. გეოსალიჩა “ნესფილე“-ს და “ნესგეო“-ს საერთო ხედი



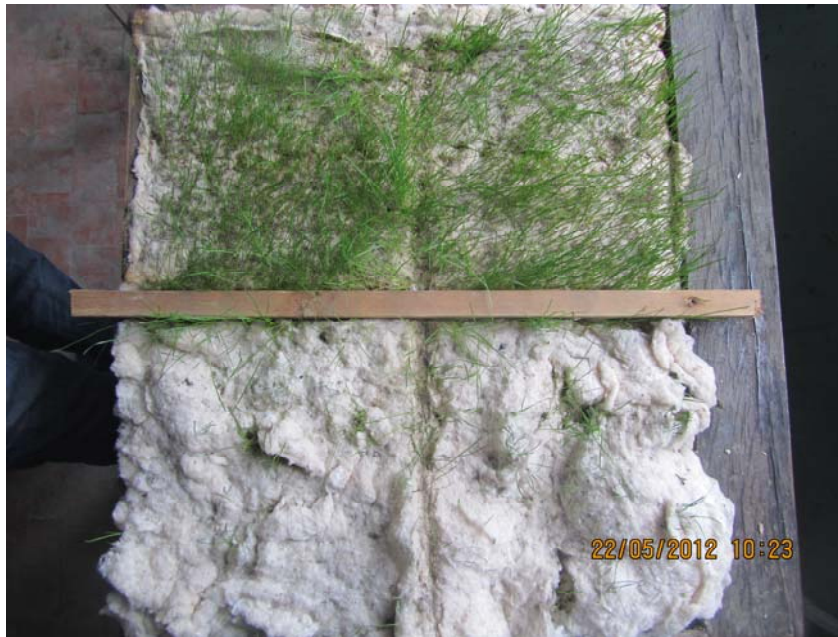


სურ. 2 გეოხალიჩა “ნესგეო” (ზედხედი, 17.05.2012)

ლაბორატორიაში კვლევების დაწყებიდან (5.05.2012) 12 დღის შემდეგ გეოხალიჩა “ნესგეო“-ზე გაღვივდა მცენარე კონდარის თესვები და ამონაყარის სიმაღლემ შეადგინა 1-2 სმ, ხოლო დათესვიდან 18 დღის შემდეგ 9-11 სმ (იხ. სურ. 2, 3), ხოლო გეოხალიჩა “ნესფილე“-ზე შეიმჩნეოდა სუსტად გაღვივებული მცენარის თესლის მცირე რაოდენობა (იხ. სურ. 4).

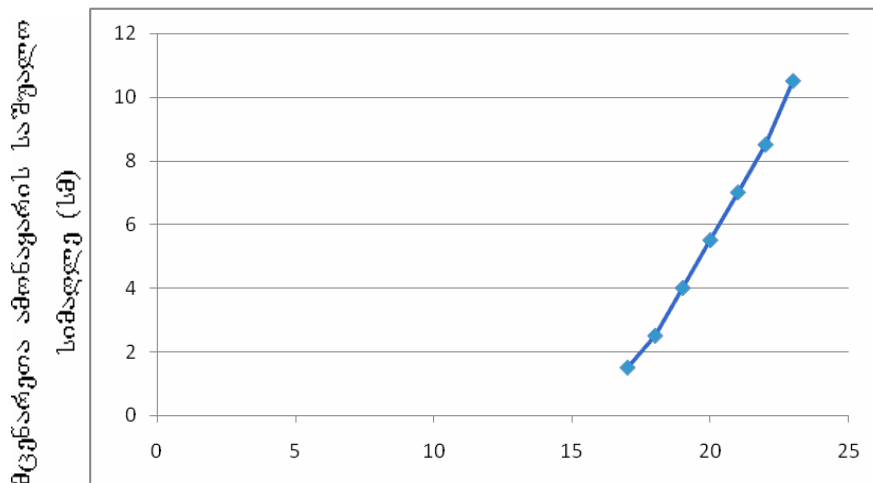


სურ. 3 გეოხალიჩა “ნესგეო“-ზე ამოსული მცენარე კონდარის  
ამონაყარის სიმაღლე 8-10 სმ, (23.05.2012)



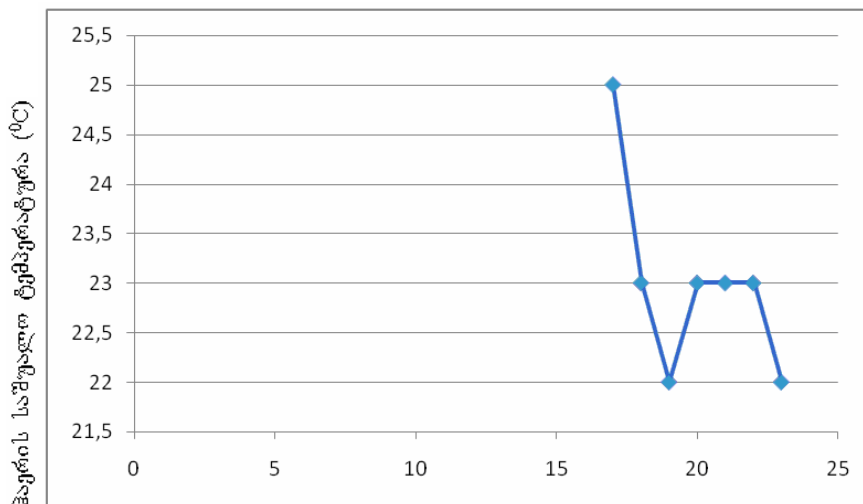
სურ. 4 გეოსალიჩა “ნესგეო”-ს და “ნესფიდე”-ს საერთო ხედი  
(22.05.2012)

კვლევის პერიოდში, ლაბორატორიაში დღის განმავლობაში ერთი საათის ინტერვალით იზომებოდა ჰაერის ტემპერატურისა და ტენიანობის მაჩვენებლები, რომელთა საშუალო მნიშვნელობებისა და მცენარეთა ამონაყარის საშუალო სიმაღლის დროსთან დამოკიდებულების გრაფიკები მოცემულია სურ. 5, 6, 7-ის სახით.

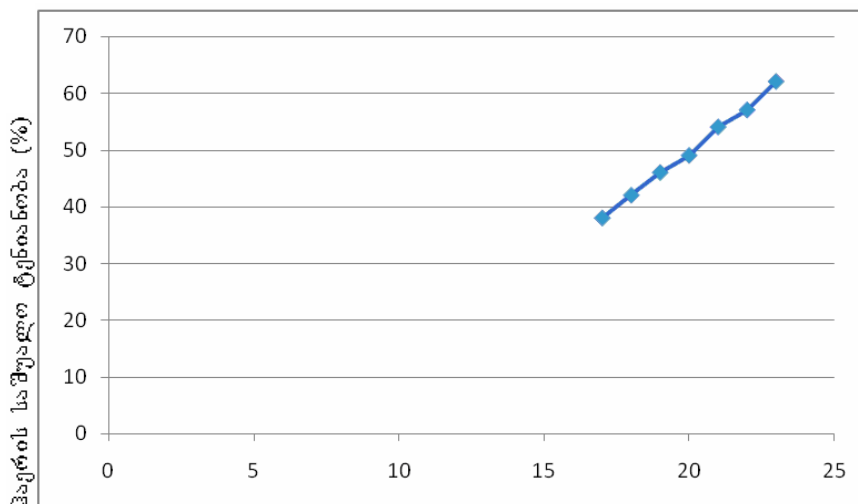


მაისი, 2012 წელი  
სურ. 5 მცენარეთა ამონაყარის საშუალო სიმაღლის დროსთან  
დამოკიდებულების გრაფიკი





მაისი, 2012 წელი  
სურ. 6 ჰაერის საშუალო ტემპერატურის დროსთან  
დამოკიდებულების გრაფიკი



სურ. 7 ჰაერის საშუალო ტენიანობის დროსთან  
დამოკიდებულების გრაფიკი

კვლევის დაწყებიდან 18 დღის შემდეგ მცენარე კონინდარის მიწისზედა და მიწისქვეშა ბიოლოგიური მასის დინამიკის შესასწავლად ყუთიდან ამოღებული იქნა მცენარე კონინდარი (იხ. სურ.8) და დადგინდა მისი ფესვთა სისტემისა და ამონაყარის სიგრძეები, რამაც დაგვანახა, რომ იგი მოცემული დროის პერიოდში საკმარისად არის განვითარებული და შეგუებულია მისთვის შექმნილ მიკროკლიმატთან, რაც იძლევა საფუძველს მისი, როგორც ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგოდ, გამოყენების პერსპექტიულობის და დამატებითი საველე კვლევების განხორციელების შემდეგ მისი ფართომასშტაბიანი დანერგვის.



სურ. 8. მცენარე კონდარის ფესვთა სისტემისა და ამონაყარის სიგრძეები  
(23.05.2012)

### დასკვნა

ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგო გეოხალიჩა “ნესფილე“-ზე და “ნესგეო“-ზე განხორციელებული მცირემასშტაბიანი ლაბორატორიული კვლევის შედეგად დადგინდა:

1. გეოხალიჩა “ნესფილე“-ზე ამოსული მცენარე კონდარის ამონაყარის რაოდენობა და სიმაღლის დინამიკა არადამაკმაყოფილებელია, რისი მიზეზიც შეიძლება იყოს გეოხალიჩის ზედა ბამბის შრის დახშულობა და წყლის ინფილტრაციის უნარის ნაკლებობა;
2. გეოხალიჩა “ნესგეო“-ზე ამოსული მცენარე კონდარის ამონაყარის რაოდენობა და სიმაღლის დინამიკა დამაკმაყოფილებელია, რაც იძლევა საფუძველს განხორციელდეს მასზე დიდი მასშტაბის საველე კვლევები ბუნებრივ პირობებში ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგო ეფექტურობის დასადგენად.

### ლიტერატურა

1. ჩახაია გ.გ., ვარაზაშვილი ზ.ნ., დიაკონიძე რ.ვ., წულუკიძე ლ.ნ., ხუბულავა ი.ვ., სუპატაშვილი თ.ლ. – მთის ფერდობებზე მიმდინარე ნიადაგის დეგრადაციის პროცესების საწინააღმდეგო თანამედროვე ღონისძიებები. წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული №66, თბილისი 2011, გვ. 204-208.
2. Чахая Г.Г., Варазашвили З.Н., Диаконидзе Р.В., Цулукидзе Л.Н., Хубулава И.В. – Современные мероприятия по борьбе с эрозионными процессами, протекающими на горных склонах. Институт водного хозяйства, сборник научных трудов № 65, Тбилиси 2010, ст. 244-248.

ოქროს კვეთი და მშენებლობა

რევაზ ცხვედაძე, გელა ყიფიანი, დემურ ტაბატაძე  
Email: demuribatadze@yahoo.com

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მ. კოსტავას ქ. №77, ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

ოქროს კვეთი ანუ ოქროს პროპორცია კაცობრიობისათვის უხსოვარი დროიდან არის ცნობილი და გადმოცემულია ევკლიდეს ცნობილ „საწყისებში“. იოვან კეპლერი ამბობდა, რომ: „გეომეტრია ფლობს ორ საუნჯეს, პითაგორას თეორემას და „ოქროს კვეთას“, თუ პირველი მათგანი შეგვიძლია შევადაროთ ოქროს, მაშინ მეორე იქნება ძვირფას ქვათა სადარი“. მე-15 საუკუნის იტალიელმა მათემატიკოსმა ლუკა პაჩოლიმ ოქროს კვეთას მიუძღვნა სპეციალური წიგნი სათაურით „ღვთაებრივი პროპორცია“, რომელშიც აღწერილია მის მიერ აღმოჩენილი რამოდენიმე ახალი საკითხი, რომლებსაც უწოდა „ზეზუნებრივი“, „უბრწყინვალესი“ და ა.შ. ამ წიგნის დაწერის ერთ-ერთი სულის ჩამდგმელი და მისი გამფორმებელი ლეონარდო და ვინჩი იყო. ტერმინი „ოქროს კვეთა“ ლეონარდო და ვინჩის მიერაა დამკვიდრებული. ის თვლიდა, რომ ოქროს კვეთის პროპორციის მიხედვით ფერწერის, ქანდაკების, პოეზიის, მუსიკის, არქიტექტურის შემადგენელი ელემენტების განლაგება ქმნის ყველაზე უფრო სრულყოფილ ფორმებს და უმაღლეს ჰარმონიას აღწევს. დღეისათვის არ არის დარჩენილი ბუნებისა და საზოგადოებრივი ცხოვრების არც ერთი სფერო, სადაც არ იყოს გამოყენებული „ოქროს კვეთის“ პროპორციები.

ბუნებაში მრავალი მაგალითია იმისა, თუ როგორ ქმნის თაღურ კონსტრუქციებს ქარი და წყალი გამოქვაბულებისა და მთების სახით. ამის ნათელი მაგალითებია ბუნებრივი ხიდი „owachomo“ იუტას შტატში, რომლის მალის სიგრძე 55მ-ია, სიმაღლე კი 32მ და ქ. კისლაგოდსკის ახალი მთა „КОЛЬЦО“.

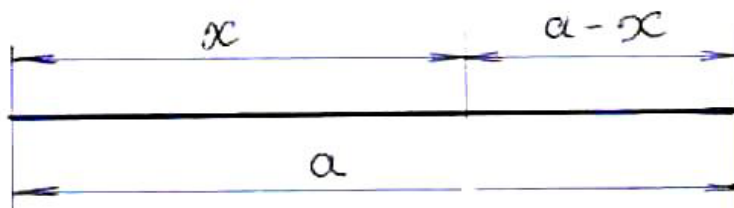
პირითაღი ნაწილი

ადამიანი, როგორც ყოველი ცოცხალი არსება, განუყოფელია ძალოვანი კონსტრუქციებისაგან ზომების უნიფიცირების დადგენის გამო და ბუნებისაგან დაყვანილია გარკვეული სახის სრულყოფილებამდე. ადამიანის აღნაგობა და ბუნებაში არსებული კონსტრუქციების უმრავლესობა ემორჩილება სიმეტრიისა და „ოქროს კვეთის“ კანონებს.

ადამიანმა ბუნების მიბაძვით მრავალი განსაცვიფრებელი კონსტრუქცია შექმნა. სამასშტაბო ეფექტის მოხერხებულად გამოყენებით ეიფელმა შექმნა უნივერსალური ნაგებობა ეიფელის კოშკის სახელწოდებით, რომელიც წარმოადგენს ადამიანის ფეხის წვივის ძვლის 1000-ჯერ გადიდებულ ნიმუშს.

ბუნებაში არსებული ფორმებიდან, რომლებიც ცდილობენ დაიმკვიდრონ სივრცეში თავისი ადგილი, ძირითადად ხორციელდება ორ ვარიანტში: სიმაღლის ზრდა ან დედამიწის ზედაპირზე განშლა და ხეიის სახით წარმოდგენა. მაგალითად 10 სმ სიგრძის

ზღვის ლოკოკინის ნიჟარას გააჩნია 35 სმ სიგრძის ხვია. ხვიის სახით არის წარმოდგენილი მხესუმზირის ნაყოფის განლაგება.



ნახ. 1

განვიხილოთ რიამე  $a$  მონაკვეთი. ეს მონაკვეთი შეგვიძლიან გავყოთ ორ ტოლ ნაწილად ან ორ არა ტოლ  $x$  და  $a-x$  ნაწილად (ნახ. 1.) ამასთან იგულისხმება, რომ  $x$  დიდი ნაწილია. ამბობენ, რომ  $a$  მონაკვეთი გაყოფილია ოქროს პროპორციებად ისეთ ორ  $x$  და  $a-x$  ნაწილებად. თუ ისინი აკმაყოფილებენ შემდეგ პირობას: დიდი ნაწილის სიგრძე ისე შეეფარდება გასაყოფი მონაკვეთის სიგრძეს, როგორც მცირე ნაწილი დიდ ნაწილს ანუ ადგილი აქვს ტოლობას:

$$\frac{x}{a} = \frac{a-x}{x} \quad (1)$$

(1) ტოლობიდან ვღებულობთ კვადრატულ განტოლებას

$$x^2 + ax - a^2 = 0 \quad (2)$$

რომლის დადებითი ფესვი  $x = \frac{\sqrt{5}-1}{2}a = 0,618a$ , მცირე მონაკვეთის სიგრძე იქნება  $a-x = a - 0,618a = 0,382a$ . თუ შემოვიღებთ აღნიშვნას  $x = at$ , მაშინ უგანზომილებო  $\tau$  სიდიდის რიცხვითი მნიშვნელობა იქნება  $\tau = 0,618$ . ადვილი შესამოწმებელია, რომ  $\frac{1}{\tau} = 1 + \tau$

ანუ  $\tau = \frac{1}{1+\tau}$ .  $\tau$  რიცხვის მიახლოებითი სიდიდეების მოსაძებნად ფიბონაჩიმ გამოიყენა შემდეგი მიმდევრობა

1; 1; 2; 3; 5; 8; 13; 21; 34; 55; ...

ამ მიმდევრობის პირველი ორი წევრი 1-ის ტოლია, ხოლო მომდევნო კი მის წინ მდგომი ორი წევრის ჯამი. თუ ამ მიმდევრობის წინა წევრს გავყოფთ მომდევნო წევრზე მივიღებთ  $\tau$  რიცხვის მიახლოებითი მნიშვნელობების მიმდევრობას

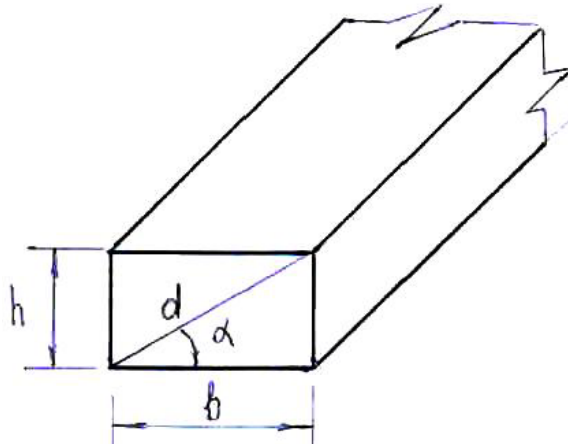
$$\frac{3}{5}, \frac{5}{8}, \frac{8}{13}, \frac{13}{21}, \frac{21}{34}, \dots \quad (3)$$

ამ მიმდევრობის ზღვარი  $\tau$  რიცხვის ტოლია.

განვიხილოთ ზოგიერთი სამშენებლო კონსტრუქცია და ოპტიმალურობის დადგენის მიზნით მათ გასაანგარიშებლად გამოვიყენოთ ოქროს კვეთის მეთოდი.

დავიწყოთ უმარტივესი სახის კონსტრუქციის კოჭის განხილვით. ძირითადად კოჭებს მართკუთხედის ფორმა გააჩნიათ და მათი სიმტკიცე დამოკიდებულია განიკვეთის მოხაზულობაზე. განიკვეთის ზომები ავლნიშნოთ  $b$  და  $h$ -ით - კოჭის სიმაღლე და სიგანე, ხოლო დიაგონალი -  $d$ -ით (ნახ. 2)  $b = d \cos \alpha$ ,  $h = d \sin \alpha$ . წინააღობის მომენტი, რომელიც განსაზღვრავს კოჭის სიმტკიცეს, გამოითვლება ფორმულით:

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{d^3}{6} \sin^2 \alpha \cos \alpha$$



ნახ. 2

ვიპოვოთ \$W\$ ფუნქციის მაქსიმუმი \$\alpha\$ კოორდინატით:

$$\frac{dW}{d\alpha} = \frac{d^3}{6} (2 \sin \alpha \cos^2 \alpha - \sin^3 \alpha)$$

ამ უკანასკნელის ნულთან გატოლება და ფესვების მოძებნა მოგვცემს:

$$\sin \alpha (2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) = 0 \quad \sin \alpha \neq 0$$

$$2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 0 \quad \text{tg}^2 \alpha = 2 \quad \text{tg} \alpha = \sqrt{2} \Rightarrow \text{tg} \alpha = 1,4 \quad \frac{h}{b} = 1,4$$

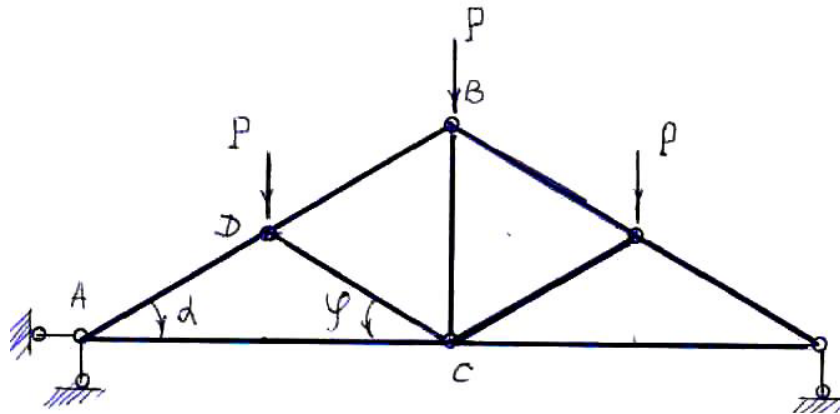
რაც ოქროს კვეთას წარმოადგენს. ე.ი. მაქსიმალური სიმტკიცის კოჭის კვეთის ზომები უნდა შეირჩეს ფიბონახის (3) მიმდევრობის წევრებისაგან.

განვიხილოთ სახლთმშენებლობაში მეტად გავრცელებული გადახურვის კონსტრუქცია - სამკუთხა ნივნივა (ნახ. 3), რომელიც განიცდის გარკვეულ ძალთა სისტემის ქმედებას.

ზომების შეუზღუდავად ვიგულისხმობთ, რომ \$\angle BAC = \alpha\$, ხოლო \$\angle DAC = \varphi\$. \$\varphi\$ კუთხე ჩავთვალოთ ცვლად სიდიდედ იმისდა მიხედვით, თუ სად იმყოფება \$D\$ კვანძში \$AB\$ ჰიპოთენუზაზე.

დატვირთვისა და წამწის აღნაგობის პირობებში წამწის ღეროებში აღძრულ ძალვათა სიდიდეები შესაბამისად იქნება: (ნახ. 3)

$$AB=c, AC=b, BC=a, \angle ACD=\varphi$$



ნახ. 3

$$T_{AD} = -\frac{3P}{2\sin\alpha}, \quad T_{AC} = -\frac{3P}{2\sin\alpha}\cos\alpha, \quad T_{DB} = -\frac{P}{2\sin\alpha} \frac{1+3\operatorname{tg}\varphi\operatorname{ctg}\alpha}{1+\operatorname{tg}\varphi\operatorname{ctg}\alpha}$$

$$T_{DC} = -\frac{P\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi}}{\operatorname{tg}\alpha+\operatorname{tg}\varphi}, \quad T_{BC} = 2P \frac{\operatorname{tg}\varphi\operatorname{ctg}\alpha}{1+\operatorname{tg}\varphi\operatorname{ctg}\alpha}$$

D კვანძში შემავალ დეროებში აღძრული ძაღვათა სიდიდეები დამოკიდებულია არიან  $\varphi$  კუთხის სიდიდეზე.

განვიხილოთ შემთხვევები, როცა D კვანძი მოთავსებულია AB ჰიპოთენუზის სხვადასვა წერტილში.

I შემთხვევა როცა  $DC \perp AB$ ; ასეთ შემთხვევაში  $\varphi = 90^\circ - \alpha$  შესაბამისად გვექნება:

$$T_{DB} = -\frac{P}{2\sin\alpha}(1+2\cos^2\alpha), \quad T_{DC} = -P\cos\alpha, \quad T_{BC} = 2P\cos^2\alpha$$

$$T_{DB} = -\tau\sqrt{\tau^2\operatorname{ctg}^2\alpha+1}, \quad T_{DC} = -\frac{P}{2\sin\alpha}(1+2c), \quad T_{BC} = \varepsilon r p$$

წამწის დეროებში აღძრული ძაღვათა სიდიდეები, ოთხივე განხილული შემთხვევისათვის,  $\alpha$  კუთხის სიდიდეზეა დამოკიდებული, რომელთა ანალიზიდან დგინდება, რომ ძაღვათა განაწილების რაციონალური სურათი გვაქვს იმ შემთხვევაში, როდესაც D კვანძი ემთხვევა ოქროს კვეთის წერტილს.

### დასკვნა

აქედან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ნაგებობის გაანგარიშება (დაპროექტება) ოქროს კვეთის გამოყენებით გვაძლევს ოპტიმალურად განაწილებულ დაძაბულობის სურათს.

### ლიტერატურა

1. Гордон Дж. – Конструкций, или почему не ломаются вещи. Из. «Мир», Москва, 1960, с.240;
2. Тимердин Г.Е. – Золотое Сечение. Москва 1924. ст. 85.

**ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის მაგისტრალური ნავთობსადენის  
ანგარიშულ შემთხვევებში მდინარეებზე ცხრაწყაროსა და  
კუმისკაზე დამცავი საგუბრების მუშაობის ჰიდროავლიკური  
ბაზნაბარიშების ექსპერტიზის შედეგები**

**გიორგი ყირმელაშვილი**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მ. კოსტავას ქ. №77, ქ. თბილისი, საქართველო

**შესავალი**

ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის მაგისტრალური ნავთობსადენის პროექტისათვის ჯონ ბარტლემის (ინგლისი) მიერ 2011 წლის აგვისტოში შედგენილ იქნა ანგარიში „ნავთობის შემაკავებელი სისტემა – მეორადი შემაკავებელი ობიექტების საკეტებთან წარმოქმნილი მორევეების მიმოხილვა“. ანგარიში მომზადებულია სხვების მიერ მიწოდებულ ინფორმაციებზე დაყრდნობით და ავტორი არ იძლევა გარანტიას ამ ინფორმაციის სისრულესა და სიზუსტეზე.

ანგარიშში აღნიშნულია ის ობიექტები (ცხრაწყარო და კუმისკა), სადაც საკეტების სიახლოვეს დრო და დრო წყლის ზედაპირზე შეიმჩნეოდა მორევეები. ეს აჩვენა 2010 და 2011 წლის დაკვირვებებმა.

დაისვა კითხვა, ანგარიშულ შემთხვევებში წყლის ზედაპირზე მოხვედრილი ნავთობი გაიწოვება თუ არა ქვედა ბიეფში საკეტების სიახლოვეს წარმოქმნილი მორევეების გამო (მორევეებთან ერთად).

ანგარიშში არაა მოყვანილი მთავარი საკითხის მორევეების დიობში გასვლის დამადასტურებელი მონაცემები და პირობები. აღნიშნულია მხოლოდ ის, რომ შემაკავებელი აუზიდან „გარკვეული“ პირობების დაცვის შემთხვევაში მორევეებით წყლის ზედაპირიდან გასავალში ჰაერი, ნაგავი და წყლის ნაწილაკები არ გაიწოვება. წინააღმდეგ შემთხვევაში წყლის ზედაპირზე მოხვედრილი ნავთობიც გაყვება წყალს გასავალში. ამ პირობების დასადტურებლად, სათანადო მტკიცებულების უქონლობის გამო, საჭირო გახდა საკონტროლო ანგარიშების შესრულება.

**ძირითადი ნაწილი**

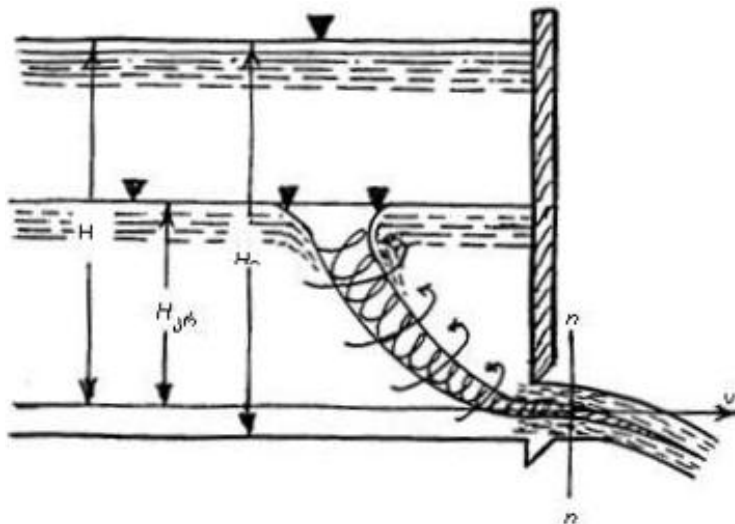
მდინარე ბორჯომულას შენაკადებისათვის (ცხრაწყარო, კუმისკა 1, კუმისკა 2, ოშორა 1, ოშორა 2 და თორი) აგებულია საგუბრები, რომლებიც ერთად ქმნიან ბორჯომულას აუზს. თითოეული საგუბრის დაკეტვა-გაღება ხორციელდება ავტომატურად მართკუთხა ფორმის საკეტებით (ფარებით). საგუბრებში ნახვრეტების წინ წარმოიშობა გარკვეული სიდიდის მორევეები. ისინი ხშირად შეიმჩნევა ფსკერთან ახლო დიდი ნახვრეტებიდან მცირე დაწნევით სითხის გამოდინების დროს და წარმოიშობიან საგუბრების დაცლის შემთხვევაში. მორევეების ინტენსივობა შეიძლება იყოს იმდენად დიდი, რომ წყლის ზედაპირიდან გარკვეულ სიღრმეზე შიგნით გადის ჰაერის ნაკადი (ბუშტულები), ნაგავი და წყლის ნაწილაკები, რაც ამცირებს წყლის ნაკადის ნახვრეტში გადინების კვეთს და გამტარუნარიანობას.

მორევების წარმოქმნისა და მათ მიერ შექმნილი არასასურველი შედეგების შესახებ კვლევითი მასალები დღეისათვის არაა საკმარისი. ჩვენ ვისარგებლეთ გარკვეული ლიტერატურით [1-7] მდინარე ბორჯომულას შენაკადების: ცხრაწყაროსა და კუმისკას საგუბრების მუშაობისა და გამოყენების შესახებ ანგარიშის ჩასატარებლად. მკვლევარებს მიღებული აქვთ გარკვეული საანგარიშო გრაფიკები და ფორმულები, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს ვიანგარიშოთ კრიტიკული წნევები, როცა სითხე გამოედინება ფსკერში (ზემოდან ქვემოთ) და ფსკერთან (გვერდიდან). კრიტიკული კი ის წნევაა, როცა მორევი დაიწყებს ნახვრეტში გახვლას. მაშასადამე, კრიტიკულ და კრიტიკულზე ნაკლები წნევის შემთხვევაში მორევი ყოველთვის გავა ნახვრეტში.

ჩვენს წინაშე დასმულია მეორე ამოცანა—როცა სითხე გაედინება წყალშემკრები საგუბრის გვერდიდან ფსკერთან ახლოს, უნდა დავადგინოთ კრიტიკული წნევის რიცხვითი მნიშვნელობები ცხრაწყაროსა და კუმისკას საგუბრებისათვის, როცა შერჩეულია წყლის ხარჯი, წყლის სვეტის (დონის) სიმაღლე, წყლის გამშვები მოწყობილობის სიმაღლე და სიგანე, თუ საგუბარში წყლის დონე მუდმივია.

დადგენილია, რომ როცა კრიტიკული წნევა ნაკლებია საგუბარში წყლის სვეტის სიმაღლეზე, მაშინ მორევი ვერ მიაღწევს ნახვრეტამდე, ხოლო მორევი ნახვრეტში აუცილებლად გავა, თუ საგუბარში წყლის სვეტის წნევა არ აღემატება კრიტიკულ წნევას [1; 2; 3; 7]. ამ შემთხვევების საილუსტრაციოდ მოვიყვანოთ ამოცანები.

**ამოცანა 1.** ცხრაწყაროს საგუბარიდან დაეუშვათ, რომ ნახვრეტში (სურ. 1) გამავალი სითხის ხარჯია  $Q = 16,85$  მ<sup>3</sup>/წმ და ნახვრეტის სიმაღლეა  $D = 0,69$  მ (ნახვრეტი მართკუთხაა). განვსაზღვროთ, გააღწევს თუ არა მორევი ნახვრეტში, თუ ნახვრეტის სიგანეა  $b = 3$  მ.



სურ. 1

**ამოხსნა:** ნახვრეტში ნაკადის სიჩქარე

ქნება  $V = \frac{Q}{\omega} = \frac{16,85}{2,07} = 8,14$  მ/წმ, სადაც  $\omega = b \cdot D$  — ნახვრეტის განივკვეთის ფართობია.

მოვძებნოთ შეფარდება  $\frac{V}{\sqrt{D}} = \frac{8,14}{\sqrt{0,69}} = \frac{8,14}{0,83} \approx 9,81$ .

ამ სიდიდის შესაბამისად მოვძებნოთ კრიტიკული დაწნევა  $H_{კრ}$ .

სურათების 3, ა და 3, ბ-ს მიხედვით გვექნება:



$$\frac{H_{კრ.}}{D} = 3,7; H_{კრ.} = 3,7 \cdot 0,69 = 2,55 \text{ მ.}$$

გამოვთვალეთ წყლის სვეტის წნევა  $H$  საგუბარში, როცა სითხე გამოედინება ატმოსფეროში.

რადგან  $V = \mu\sqrt{2gH}$ , საიდანაც  $H = \frac{V^2}{\mu^2 2g}$  ( $\mu = 0,85$  - ხარჯის კოეფიციენტი და

$g = 9,81 \text{ მ/წმ}^2$  - სიმძიმის ძალის აჩქარება), ცხადია, გვექნება:

$$H = \frac{8,14^2}{0,85^2 \cdot 2 \cdot 9,81} = \frac{66,2596}{14,17545} = 4,7 \text{ მ.}$$

მაშასადამე, საგუბარში წყლის სვეტის წნევა მეტია კრიტიკულ ანუ მინიმალურ წნევაზე.

სურათი 1-ის მიხედვით საგუბარში სრული დაწნევა  $H_0 = 5,5$  მ-ს,  $H = 5,5 - 0,345 = 5,155$  მ, რაც  $H_{კრ.} = 2,55$  მ-ზე მეტია და მორევი საკეტის დიობში არ გაიწოვება.

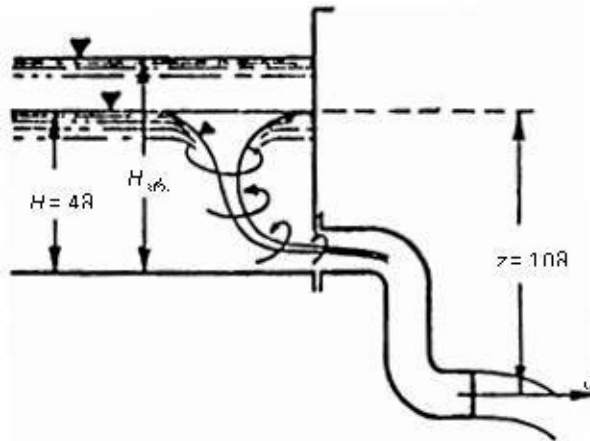
**ამოცანა 2.** დავეუშვათ, რომ წყლის სიღრმე საგუბარში არის  $H = 4$  მ. სითხის გამოდინება პირდაპირ ატმოსფეროში არ ხდება (სურ. 2) და გამოყენებულია დამატებითი წყალგამტარი  $z = 10$  მ დაქანებით. გამოვთვალეთ წყლის კრიტიკული დაწნევა (წყალგამტარი მილსადენია დიამეტრით  $D = 1$  მ).

**ამოხსნა:** პროცესის დამახასიათებელი პარამეტრები იქნება

$$Q = \mu\omega\sqrt{2gz} = 0,85 \cdot \frac{\pi \cdot 1^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 10} = 0,85 \cdot 0,785 \cdot 14 \approx 9,35 \text{ მ}^3/\text{წმ};$$

$$V = \frac{Q}{\omega} = \frac{9,35}{0,85 \cdot 0,785} = 14,01 \text{ მ/წმ}; \frac{V}{\sqrt{D}} = \frac{14,01}{1} = 14,01; \frac{H_{კრ.}}{D} = \frac{4,7}{1} = 4,7; H_{კრ.} = 4,7 \text{ მ.}$$

მაშასადამე, წყლის კრიტიკული დაწნევა საგუბარში მეტია წყლის სიღრმეზე. ცხადია, ამ შემთხვევაში მორევის გასვლა ნახვრეტში გარდაუვალია.



სურ. 2

ჩვენს შემთხვევაში, მართკუთხა ფორმის ნახვრეტიდან (ფარიდან) წყლის გამოდინების სიჩქარეს ვანგარიშობთ ფორმულით:

$$V = \mu\sqrt{2gH}, \tag{1}$$

სადაც,  $\mu = 0,85$  არის ხარჯის კოეფიციენტი და სიმძიმის ძალის აჩქარება  $g = 9,81 \text{ მ/წმ}^2$ .

**გიორგი ყირმელაშვილი**

შემაკავებელი ობიექტებისათვის საგუბრებიდან წყლის გამოდინების სიჩქარეები მიღებული (1) ფორმულის მიხედვით წარმოდგენილია ცხრილი -1-ში.

ნაკადის სიჩქარე საკეტში შეიძლება განისაზღვროს, აგრეთვე, ტოლობით,

$$V = \frac{Q}{\omega}, \tag{2}$$

სადაც  $\omega = b \cdot D$ ,  $b$  – მართკუთხა ფორმის საკეტის სიგანეა, ხოლო  $D$  – სიმაღლეა (ანგარიშის შედეგები, აგრეთვე, 1-ელ ცხრილშია შეტანილი).

**ცხრილი 1**

შემაკავებელი ობიექტები	საკეტების (ფარების) გაღების სიმაღლე $D$ , მ	წყლის სვეტის სიმაღლე $H$ , მ	საკეტებში (ფარებში) გამავალი წყლის სიჩქარე $V$ , მ/წმ	
			განსაზღვრული (1) ფორმულით	განსაზღვრული (2) ფორმულით
ცხრაწყარო	0,67	5,165	8,56	9,49
	0,69	5,155	8,55	8,14
კუმისკა	0,93	5,035	8,71	8,44
	0,64	5,180	8,57	8,42

ახლა უკვე შესაძლებელია შევასრულოთ სათანადო გაანგარიშებები ნავთობის შემაკავებელი საგუბრებიდან მორეგების გასვლისათვის საჭირო კრიტიკული წნევების დასადგენად მდინარე ბორჯომულას შენაკადების ცხრაწყაროსა და კუმისკას საგუბრებისათვის. ამ შენაკადების საგუბრების საკეტები და მათი ზომები შესაბამისად არის:

1. ცხრაწყაროსი – ზუსტი რეგულირების საკეტია 1 ცალი, ზომით 0,5 მ × 0,5 მ; ნავთობის შემაკავებელი 1 ცალი, 3 მ × 1,5 მ; წყალმოვარდნის საკეტებია 2 ცალი, 3 მ × 1,5 მ (თითო ცალი).

2. კუმისკასი (კუმისკა 1 + კუმისკა 2) – ზუსტი რეგულირების 1 ცალი საკეტი 1,5 მ × 1,5 მ ზომით; ნავთობის შემაკავებელი 4 ცალი თითო 3 მ × 1,5 მ ზომით; წყალმოვარდნის ორი საკეტი თითო 4 მ × 2 მ ზომით.

საგუბრებში წყლის დონის მუდმივ სიმაღლედ ფსკერიდან ზედაპირამდე ვიღებთ  $H_0 = 5,5$  მ-ს, ხოლო წყლის მოძრაობის დროს საკეტებთან წარმოშობილი მორეგებისათვის მინიმალურ ანუ კრიტიკულ წნევებს ვანგარიშობთ ფორმულით

$$H_{კრ.} = D \left[ 1 + 1,5 \left( \frac{V}{\sqrt{gD}} \right)^{0,75} \right], \tag{3}$$

სადაც  $D$  საკეტების გაღების სიმაღლე ათვლება ფსკერიდან და  $F_r = \frac{V}{\sqrt{gD}}$  -ფრუდის რიცხვია.

ცხრაწყაროსა და კუმისკას ხარჯების განმეორებადობის პერიოდები, წყლის ხარჯები ავარიულ ან წყალდიდობის პირობებში, საგუბრების ძირითადი საკეტების გაღების სიმაღლეები მოცემულია მე-2 და მე-3 ცხრილში. მათზე დამოკიდებულებით, (1), (2), (3) ფორმულების და 3,ა და 3,ბ საანგარიშო გრაფიკების გამოყენებით შესრულებულია გათვლები თითოეული საკეტის დიობის ფართობის, თითოეულ საგუბარში ერთი ზომის საკეტების გაღებული საშუალო ფართობთა ჯამების, თითოეულ საკეტში გასული წყლის ხარჯების, სიჩქარეებისა და ფრუდის რიცხვების რიცხვითი მნიშვნელობების მისაღებად.

ცხრილი 2

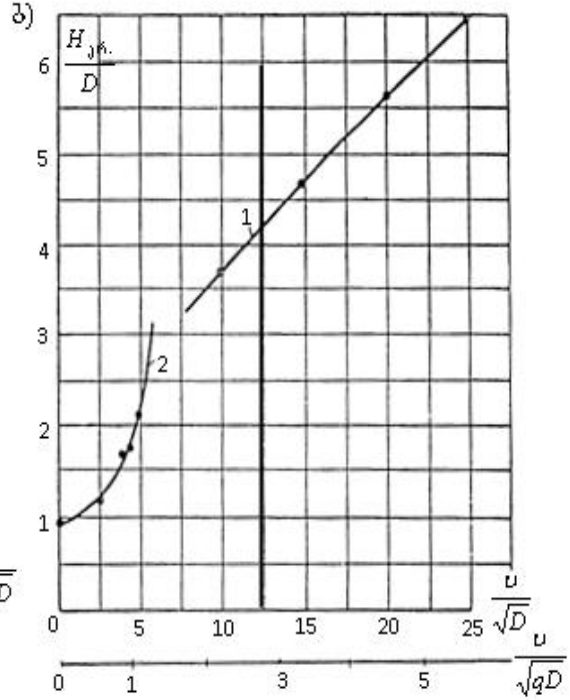
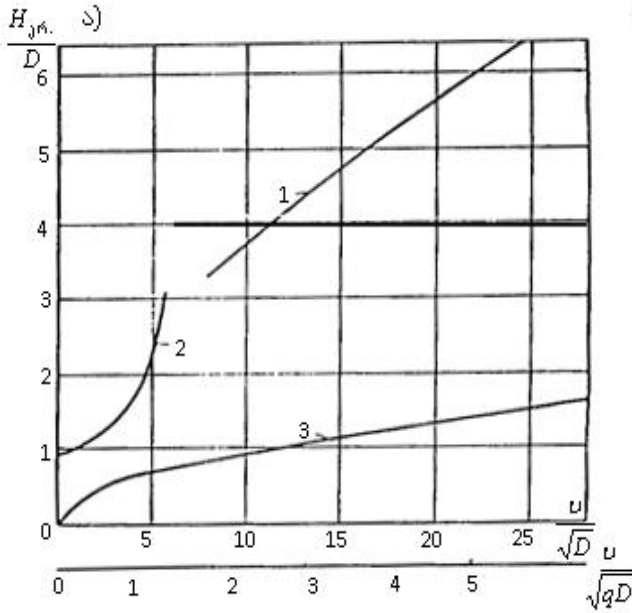
შემაკავე- ბელი ობიექტები	სარჯის განყოფი- ბალების პერიოდი (წელი)	სარჯი მპ/წმ	ძირითადი საკეტუ- ბის გაღების სიმაღლე D მ	გაღებული საკეტების რაოდენო- ბები და მათი ზომები, მ <sup>2</sup>	ერთი საკეტის სამუშაო ფართო- ბი, მ <sup>2</sup>	ყველა საკეტის სამუშაო ფართო- ბი, მ <sup>2</sup>	სარჯი ერთ საკეტში, Q მპ/წმ	საკე- ტებში (ფარე- ბში) გამავალი წყლის სიჩქარე, $V = \frac{Q}{\omega}$ მ/წმ	ფრუდის რიცხვი, $F_r = \frac{v}{\sqrt{gD}}$
ცხრაწყარო	100	57,2	0,67	სამი საკეტი თითო 3 მ × 1,5მ	3მ×0,67მ = =2,01 მ <sup>2</sup>	3მ×2,01მ <sup>2</sup> = =6,03 მ <sup>2</sup>	$\frac{57,2}{3} \approx 19,07$	9,49	3,28
	30	33,7	0,69	ორი საკეტი თითო 3 მ × 1,5მ	3მ×0,69მ = =2,07 მ <sup>2</sup>	2მ×2,07მ <sup>2</sup> = =4,14 მ <sup>2</sup>	$\frac{33,7}{2} = 16,85$	8,14	3,24
კუმისკა	100	133,4	0,93	სამი საკეტი თითო 3 მ × 1,5მ	1) 0,93მ×3მ= =2,79 მ <sup>2</sup>	3მ×2,79მ <sup>2</sup> = =8,37 მ <sup>2</sup>	$\frac{70,6}{3} \approx 23,53$	8,43	2,79
				და ორი საკეტი თითო 4 მ × 1,5მ	2) 4მ×0,93მ = =3,72 მ <sup>2</sup>	2მ×3,72მ <sup>2</sup> = =7,44 მ <sup>2</sup>	$\frac{62,8}{2} \approx 31,4$	8,44	
	6	43,1	0,64	ორი საკეტი თითო 4 მ × 1,5მ	4მ×0,64მ = =2,56 მ <sup>2</sup>	2მ×2,56მ <sup>2</sup> = =5,12 მ <sup>2</sup>	$\frac{43,1}{2} = 21,55$	8,42	3,35

ცხრილი 3

შემაკავებელი ობიექტები	ძირითადი საკეტების გაღების სიმაღლე D, მ	საანგარიშო სიდიდეები			საკეტებში მორეგების გასვლის მინიმალური კრიტიკული სიმაღლე	
		$\frac{v}{\sqrt{D}}$ (2) ფორმუ- ლით	$\frac{H_{მონ}}{D} = a$ გრაფიკით	$H_{მონ} = aD,$ მ	მიღებული გრაფიკით $H_{მონ}, (მ)$	მიღებული ფორმულით (3) $H_{მონ}, (მ)$
ცხრაწყარო	0,67	11,6	3,86	3,86×0,67=2,59	2,59	3,12
	0,69	9,8	3,79	3,79×0,69=2,62	2,62	3,18
კუმისკა	0,93	8,8	3,30	3,3×0,93=3,07	3,07	2,94
	0,64	10,5	3,94	3,94×0,64=2,52	2,52	3,02

გიორგი ყირმელაშვილი

გარდა გაანგარიშებით მიღებული აღნიშნული სიდიდეების რიცხვითი მნიშვნელობებისა, მე-3 ცხრილში წარმოდგენილია საკეტებში მორევის გასვლის მინიმალური (კრიტიკული) სიმაღლე, რომელიც ნაკლებია წყლის სვეტის სიმაღლეზე. წყლის სვეტის და კრიტიკული სიმაღლეები ყველა შემთხვევაში ათვლილია საგუბრის დიობის სიმეტრიის ღერძიდან. გამოანგარიშებულია მათ შორის სხვაობები. შედეგები შეტანილია მე-4 ცხრილში. კრიტიკული დაწნევების რიცხვითი მნიშვნელობების მისაღებად გამოყენებულია როგორც (3) ფორმულა, ისე 3,ა და 3,ბ სურათებზე წარმოდგენილი გრაფიკები.



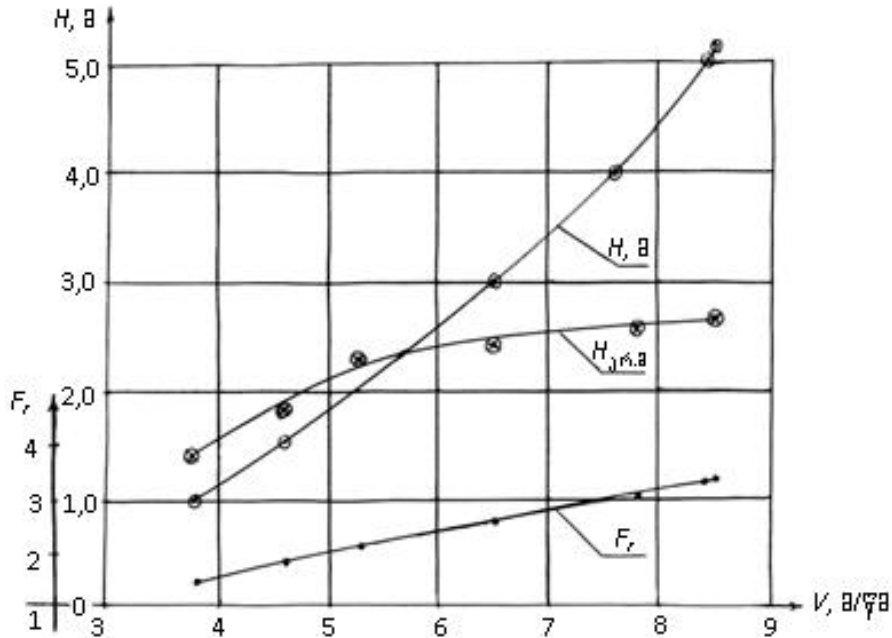
ნახ. 3

ცხრილი 4

$D = 0,69 \text{ მ}$

წყლის სვეტის სიმაღლე საგუბარში, $H$ მ	$V$ მ/წმ	$\frac{V}{\sqrt{D}}$	$F_r = \frac{V}{\sqrt{gD}}$	$a = \frac{H_{კრ.}}{D}$ გრაფიკით	$H_{კრ.} = aD$	$H_{კრ.}$ ფორმულით	წყლის სვეტის (დონის) სიმაღლე და გრაფიკით მიღებულ კრიტიკულ (მინიმალურ) სიმაღლეს შორის სხვაობები
1,0	3,77	4,5	1,45	2,0	1,38	1,74	$H_{კრ.} - H = 0,38 \text{ მ}$
1,5	4,6	5,5	1,80	2,5	1,72	1,77	$H_{კრ.} - H = 0,22 \text{ მ}$
2,0	5,3	6,4	2,04	3,3	2,30	2,30	$H_{კრ.} - H = 0,30 \text{ მ}$
3,0	6,5	7,8	2,50	3,5	2,42	2,75	$H - H_{კრ.} = 0,58 \text{ მ}$
4,0	7,8	9,8	3,00	3,6	2,48	2,97	$H - H_{კრ.} = 1,58 \text{ მ}$
5,0	8,4	10,1	3,20	3,7	2,55	3,20	$H - H_{კრ.} = 2,45$
5,155	8,5	10,2	3,40	3,8	2,62	3,28	$H - H_{კრ.} = 2,535 \text{ მ}$

ნაკადის ფარებში გასვლის სიჩქარეზე დამოკიდებულებით აგებულია წყლის სვეტის სიმაღლის, კრიტიკული წნევისა და ფრუდის რიცხვის ცვლილების გრაფიკები, რომლებიც მე-4 სურათზეა წარმოდგენილი. სურათი 4 იმითაა მნიშვნელოვანი, რომ როცა გასავალში წყლის სიჩქარე  $V = 5,7$  მ/წმ, მაშინ ფრუდის



**სურ. 4**

რიცხვი  $Fr = 2,2$  და წყლის სვეტის სიმაღლე და მორევის საგუბრიდან გასვლის კრიტიკული წნევა ერთმანეთის ტოლია –  $H = H_{кр} \approx 2,3$  მ-ზე როცა  $H \leq 2,3$ , მაშინ მორევი ყოველთვის გავა საკეტებში. საგუბარში წყლის სვეტის სიმაღლე უნდა იყოს შესაძლებლობის მიხედვით, რაც შეიძლება მეტი (5 მ და მეტი), რომ მორევეების ფარებში გატაცება საიმედოდ იქნეს აცილებული.

თუ ავაგებთ მე-4 სურათზე წარმოდგენილი ნახაზის მსგავს ნახაზს, განხილული ყველა დანარჩენი შემთხვევებისათვის დავადგენთ იმ კრიტიკული წნევის რიცხვით მნიშვნელობებს, რომლებისთვისაც მორევი შეიძლება გაწოვილ იქნას დიობში. ეს პროცესი რომ აცილებულ იქნას, რა თქმა უნდა, საგუბრებში წყლის სვეტის სიმაღლე შესაძლებლობის მიხედვით უნდა იყოს კრიტიკულ სიმაღლეზე რაც შეიძლება მეტი.

### დასკვნა

ანგარიშებით მიღებულმა შედეგებმა აჩვენა, რომ: საკეტების სათანადო სიდიდეებზე გაღების დროს და საგუბარში საკეტებთან წყლის სვეტის დონის მუდმივი სიმაღლის დაცვის შემთხვევაში წყლის ზედაპირიდან საკეტებთან წარმოშობილი მორევეების გამო სითხის ნაწილაკები, ნაგავი და ჰაერი გასავალში არ მოხვდება. ამ პირობის დასაცავად აუცილებელია საგუბარში იყოს სითხის დაბალი სიჩქარე და დამყარებული რეჟიმი, ხოლო საკეტებთან დაცული უნდა იქნეს წყლის სვეტის სიმაღლესა და მორევის გასვლის მინიმალურ (კრიტიკულ) სიმაღლეს შორის სხვაობა, რაც 2 მ-ზე მეტია (იხ. ცხრილი 4)

ლიტერატურა

1. **Поликовский В.И., Перельман Р.Г.** Воронкообразование в жидкости с открытой поверхностью. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1959, стр. 3-190.
2. **Альтшуль А.Д. и др.** Примеры расчетов по гидравлике. М.: Стройиздат, 1977, стр. 147-165.
3. **Киселев П.Г.** Справочник по гидравлическим расчетам. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961, стр. 75-89.
4. **Угинчус А.А., Чугаева Е.А.** Гидравлика. Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1971, стр. 126-132.
5. **Гришанин К.В.** Гидравлика. Л.: Речной транспорт, 1962, стр. 169-179.
6. **Михалев М.А.** Гидравлический расчет потоков с водоворотом. Л.: Энергия, Ленинградское отделение, 1971, стр. 3-184.
7. **Курганов А.М., Феодоров Н.Ф.** Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации. Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1978, стр. 164-171.

**დაზიანებული დრეკადი ბარსული ტიპის კონსტრუქციების  
აღდგენა დისკრეტულად მიერთებული წიბოებით**

**გელა ყიფიანი, გიორგი ახალაია, ვიქტორია ბერიძე, გიორგი გეგენავა**  
**Email: gelakip@yahoo.com**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მ. კოსტავას ქ. №77, ქ. თბილისი, საქართველო

**შეჯამება**

თანამედროვე დიდმალიანი ნაგებობების მშენებლობაში მაღალი სიმტკიცის მახასიათებლების მქონე მცირემოდულიანი მასალების პრაქტიკაში დანერგვას მივყავართ თხელკედლიანი კონსტრუქციების გაანგარიშების დაზუსტებული საინჟინრო მეთოდების შემოღების აუცილებლობამდე.

მრეწველობისა და მშენებლობის სხვადასხვა სფეროს განვითარება დაკავშირებულია არსებულის დახვეწასა და ისეთი ახალი კონსტრუქციების შექმნასთან, რომლებიც შეიცავენ: გარსებს, ფირფიტებსა და ღეროებს, შემაგრებით, ტევებით, ხვრეტებით, ჭრილებით, წერტილოვანი საყრდენებით. აღნიშნული არარეგულარობის ჯგუფებს მიღებულია ეუწოდოთ წყვეტილი პარამეტრები.

გარსთა სიმტკიცის ამაღლება ყველაზე ბუნებრივად ხორციელდება წიბოების ჩადგმით. ხვრეტის კიდების გასწვრივ ადგილობრივი დატვირთვების მოქმედების დროს მიზანშეწონილია სივრცითი კონსტრუქციების გამაგრება შესაბამისი სიგრძის წიბოების საშუალებით. ამ წიბოების განლაგება და ჩამაგრების სახე გავლენას ახდენს კონსტრუქციის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობაზე.

თხელკედლიან კონსტრუქციებში გეომეტრიული და ფიზიკური პარამეტრების არარეგულარობა იწვევს ძაბვების მნიშვნელოვან კონცენტრაციას და ქმნის ბზარების ან პლასტიკური დეფორმაციების გავრცელების საშიშ ზონებს. უმეტეს შემთხვევაში მათი მზიდუნარიანობა განისაზღვრება სიმტკიცის პირობებით ან ძაბვების კონცენტრაციის ზონაში მდგრადობის დაკარგვით. რეგულარობის დარღვევის ერთ-ერთ სახეს მიეკუთვნება ზედაპირის ტევება, რქასაც ადგილი აქვს ნაოჭოვან და მრავალტალღოვან გადახურვებში. დაძაბულ მდგომარეობაზე გავლენით ისინი წიბოების ანალოგიური არიან.

განსაკუთრებით ძლიერ არღვევენ რეგულარობას არმატურული ტიპის ღეროების სხვადასხვა ხისტი ჩართვები, სახსრული შეერთებები, სისქის ნახტომისებური ცვლილებები.

რეგულარობის დარღვევის ადგილებში (წიბოს ბოლო, ხვრეტების კონტური, დისკრეტული ბმები) ძაბვათა კონცენტრაციის ზონები არსებით გავლენას ახდენენ თხელკედლიანი კონსტრუქციების ზიდვის უნარზე და მდგრადობაზე. ამ დროს ცნობილი ტრადიციული ანალიზური და რიცხვითი მეთოდები წყვეტილ პარამეტრებიანი თხელკედლიანი კონსტრუქციების დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის გამოსაკვლევეად ნაკლებად ეფექტურია. ამიტომ საჭირო ხდება აღნიშნული კლასის ამოცანების ამოხსნის ახალი ეფექტური მეთოდების შემუშავება. ბოლო პერიოდში ინტენსიურად განვითარებულ პროცესში მყოფი განზოგადოებულ, კერძოდ წყვეტილ-იმპულსურ ფუნქციათა თეორია მნიშვნელოვნად აფართოებს რეგულარობის სხვადასხვა

დარღვევების მქონე თხელკედლიანი კონსტრუქციების გაანგარიშების შესაძლებლობას.

ამასთან დაკავშირებით დაზიანებული დრეკადი გარსული ტიპის კონსტრუქციების აღდგენა დისკრეტულად მიერთებული წიბოებით საკმაოდ რთულია, აქტუალურია და მოითხოვს გაანგარიშების განსაკუთრებული მეთოდების შემუშავებას. პრობლემასთან დაკავშირებით დისკრეტულად მიერთებული წიბოებით გამაგრების საკითხებს ეძღვნება ე.ს. გრენის [1], ა.ნ. გუზის და ი.ა. ბაბიჩის [2], მარლენა რაიჩიკის [3], ა.ა. ნაზაროვის [4] და სხვათა შრომები.

### ძირითადი ნაწილი

წიბოებიან გარსისებრ კონსტრუქციებში გარსისა და წიბოს შემონაკერის ხერხები სხვადასხვაა: მოქლონებით, შურუპებით, წვრტილოვანი ელექტროშედულებით.

ასეთი კონსტრუქციების მზიდუნარიანობა დაკავშირებული დისკრეტული თავსებადობის პირობებში მხოლოდ წვრტილებისათვის არუდღებს. კონტაქტის წვრტილებზე გავლისას დეფორმაცია ცვლილებას განიცდის. რადგან წიბოების სიხისტის მახასიათებლებს გრესასა და ძვრაზე, როგორც მცირე სიდიდეებს, უგულებელყოფთ, ამიტომ თავმოყრილი ძალვა და მომენტები წიბოს პერპენდიკულარულია მიმართულებით.

რადგან დეფორმაციის წყვეტა არ არის, ამიტომ დეფორმაციის და სიმრუდის პარამეტრების ცვლილება შეიძლება ავწეროთ ერთეულოვანი ფუნქციის საშუალებით შემდგენიარად (ნახ. 1) [5]

$$\begin{aligned} \varepsilon_{11} &= \sum_{l=1}^{C1} \varepsilon_{1l} H_{1l} = \sum_{l=1}^{C1} \varepsilon_{1l} H_{11l}; \\ \chi_{11} &= \sum_{l=1}^{C1} \chi_{1l} H_{1l} = \sum_{l=1}^{C1} \chi_{1l} H_{11l}, \end{aligned} \quad (1 \rightarrow 2, l \rightarrow t) \quad (1)$$

სადაც  $\varepsilon_{11}$  და  $\chi_{11}$  არის გარსის წრფივი დეფორმაცია და სიმრუდე, წიბოს და გარსის კონტაქტის ადგილზე;  $C1$  - დისკრეტული კავშირების რაოდენობა  $Ox_1$  ღერძის მიმართულებით;  $H_{1lk} = H(x_1 - x_{1lk})$  - ხევისაიდის ერთეულოვანი ფუნქცია;  $H_{11l} = H(x_1 - x_{11l}) - H(x_1 - x_{112})$  - სვეტოვანი ფუნქცია.

განზოგადებული ძალები და მომენტები წიბოებთან გასში შემდეგი სახით შეგვიძლია წარმოვადგინოთ

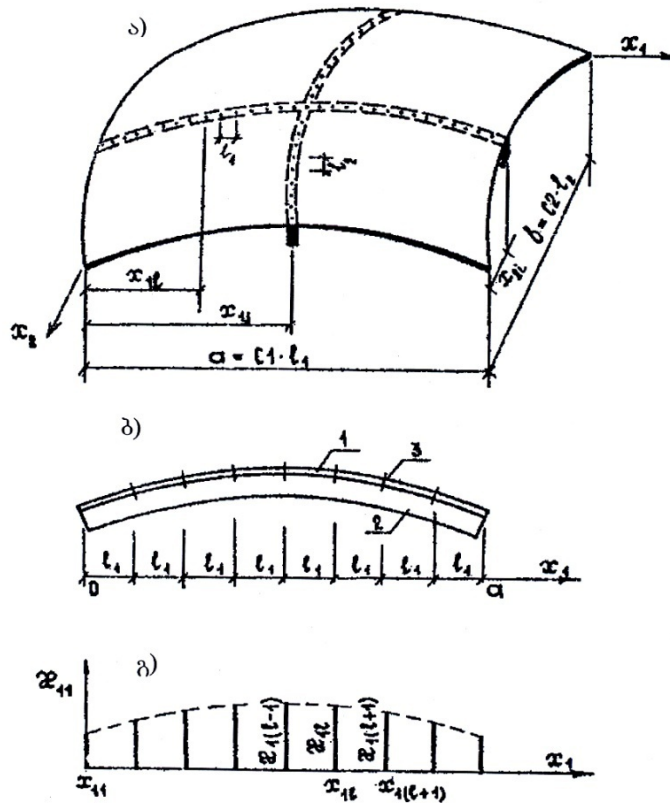
$$\begin{aligned} T_{11}^* &= T_{11} + \sum_{i=1}^{N1} \sum_{l=1}^{C1} E_{i1} (F_{i1} \varepsilon_{1l} + S_{i1} \chi_{1l}) H_{11l} \delta_{2i}; \\ M_{11}^* &= M_{11} + \sum_{i=1}^{N1} \sum_{l=1}^{C1} E_{i1} (J_{i1} \chi_{1l} + S_{i1} \varepsilon_{1l}) H_{11l} \delta_{2i}. \end{aligned} \quad (1 \leftrightarrow 2, i \rightarrow j, l \rightarrow t) \quad (2)$$

ძირითადი ამოხსნადი განტოლების დრეკადი დამრეცი გარსისთვის, დისკრეტულად მიერთებული წიბოებით, შემდეგი სახე აქვს:

$$\begin{aligned} L\varphi_m &= P_m / D + L^{(m-1)} \varphi_m + \sum_{i=1}^{N1} \sum_{l=1}^{C1} (L_{1i} \varphi_m \delta_{2i} H_{11l} + L_{4i} \varphi_m \delta_{2i}'' H_{11l} + \\ &+ L_{2i} \varphi_m \delta_{2i} \delta_{2i}' \delta_{11l} + L_{3i} \varphi_m \delta_{2i} \delta_{11l}') + \sum_{j=1}^{N2} \sum_{l=1}^{C2} (L_{1j} \varphi_m \delta_{1j} H_{22l} + L_{4j} \varphi_m \delta_{2j}'' H_{22l} + \\ &+ L_{2j} \varphi_m \delta_{1j} \delta_{22l} + L_{3j} \varphi_m \delta_{1j} \delta_{22l}') \end{aligned} \quad (3)$$

სადაც  $L_{1i}, L_{2i}, L_{3i}, L_{4i}, (i \rightarrow j)$  ოპერატორები განისაზღვრება ფორმულებით.





ნახ. 1. დრეკადი გარსი დისკრეტულად მიერთებული წიბოებით

(3) განტოლების ამოხსნის ასაგებად საწყისი  $\varphi_m$  ფუნქციის განსაზღვრის არე დაეყოთ M1 ნაწილებად  $x_1$  კოორდინატებზე და M2 ნაწილებად  $x_2$  კოორდინატებზე. გამოთვლების გასამარტივებლად დაეყოფის რაოდენობა არაწრფივობის გასათვალისწინებლად მიზანშეწონილია მივიღოთ დისკრეტული კავშირების რაოდენობის ტოლად, ე.ი. M1=C1 და M2=C2. მაშინ (3) განტოლებს შემდეგ სახეს მიიღებს:

$$\begin{aligned}
 L\varphi_m = & P_m/D + \sum_{\alpha=1}^{C1} \sum_{\beta=1}^{C2} \varphi_m(x_{1\alpha}, x_{2\beta}) H_{11\alpha} H_{22\beta} + \\
 & + \sum_{i=1}^{M1} \sum_{l=1}^{C2} (L_{1i} \varphi_m(x_{1l}, x_{2i}) \delta_{2i} H_{11l} + L_{4i} \varphi_m(x_{1l}, x_{2i}) \delta_{2i}'' H_{11l} + \\
 & + L_{2i} \varphi_m(x_{1l}, x_{2i}) \delta_{2i} \delta_{11l} + L_{3i} \varphi_m(x_{1l}, x_{2i}) \delta_{2i} \delta_{11l}') + \\
 & + \sum_{j=1}^{M1} \sum_{t=1}^{C2} (L_{1j} \varphi_m(x_{1j}, x_{2t}) \delta_{1j} H_{22t} + L_{4j} \varphi_m(x_{1j}, x_{2t}) \delta_{2j}'' H_{22t} + \\
 & + L_{2j} \varphi_m(x_{1j}, x_{2t}) \delta_{1j} \delta_{22t} + L_{3j} \varphi_m(x_{1j}, x_{2t}) \delta_{2j} \delta_{22t}').
 \end{aligned} \tag{4}$$

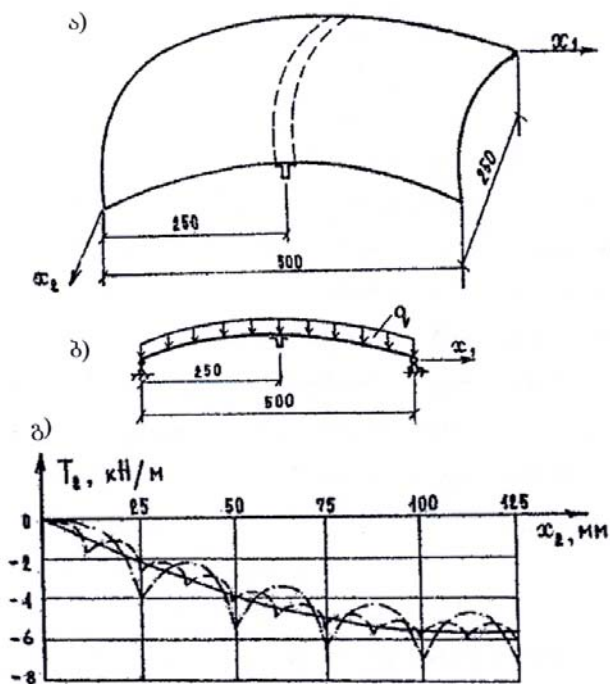
სუპერპოზიციის პრინციპის თანახმად (4) განტოლების ამოხსნა შემდეგი სახით წარმოვადგინოთ:

$$\begin{aligned}
 \varphi_m = & U_0 + \sum_{\alpha=1}^{C1} \sum_{\beta=1}^{C2} L_{\alpha\beta}^{(m-1)} \varphi_m(x_{1\alpha}, x_{2\beta}) U_{1\alpha\beta} + \\
 & + \sum_{i=1}^{N1} \sum_{l=1}^{C2} [L_{1i} \varphi_m(x_{1l}, x_{2i}) U_{2li}^1 + L_{4i} \varphi_m(x_{1l}, x_{2i}) U_{3li}^1 + \\
 & + L_{2i} \varphi_m(x_{1l}, x_{2i}) U_{4li}^1 + L_{3i} \varphi_m(x_{1l}, x_{2i}) U_{3li}^1] + \\
 & + \sum_{j=1}^{N1} \sum_{t=1}^{C2} [L_{1j} \varphi_m(x_{1j}, x_{2t}) U_{2jt}^2 + L_{4j} \varphi_m(x_{1j}, x_{2t}) U_{3jt}^2 + \\
 & + L_{3j} \varphi_m(x_{1j}, x_{2t}) U_{3jt}^2 + L_{2j} \varphi_m(x_{1j}, x_{2t}) U_{4jt}^2].
 \end{aligned} \tag{5}$$

მაგალითის სახით გაანგარიშებულია ორმაგი სიმრუდის სახსრულად-დაყრდნობილი ალუმინის პანელი. პანელის ზომებია პლანში  $a \times b = 0.5 \times 0.25$  მ, სიმრუდე  $K_1 = 0.033$  მ<sup>-1</sup> და  $K_1 = 0.128$  მ<sup>-1</sup>, სისქე  $h = 0.6$  მ. დიდი მალის შუაში არის საქუდე გრეხილი პროფილის სიხისტის წიბო (წიბოს გეომეტრიული მახასიათებლები: კვეთის ფართობია  $F_f = 0.75$  სმ<sup>2</sup>, სტატიკური მომენტი  $S_f = 9$  სმ<sup>3</sup>). წიბო დამაგრებულია გარსზე წერტილოვანი შედუღების ორი მწკრივით. სტანდარტით 2.03.06-85 “ალუმინის კონსტრუქციების” თანახმად, ყველაზე თხელ დეტალის 0.8 მმ სისქისას წერტილებს შორის ბიჯი უნდა იყოს 13 მმ. რადგან წიბოს ორ მწკრივად დამაგრებისას აუცილებელია იყოს ჭადრაკული წესით, ამიტომ ბიჯი აიღება ორჯერ მეტი, ე.ი. 25 მმ [6].

ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია ტანგენციური ძაღვის განაწილების ხასიათი წიბოს სიგრძეზე. გარსზე თანაბრად განაწილებული დატვირთვის – 1281 კგ/მ<sup>2</sup> მოქმედებისას, პუნქტორით წარმოდგენილია დამოკიდებულება წერტილოვანი ელექტროშედუღების ბიჯისათვის 25 მმ. შედარებისთვის მოყვანილია ტანგენციური ძაღვის გრაფიკი წიბოს და გარსის უწყვეტი კონტაქტისთვის (მთლიანი ხაზი). დისკრეტული ტეხილები წიბოს და გარსის კონტაქტის წერტილებში.

კონტაქტური წერტილოვანი ელექტროშედუღების უფრო დიდი ბიჯის გამოყენების შესაძლებლობის შესწავლის მიზნით ჩატარდა მოცემული კონსტრუქციის განმეორებითი გაანგარიშება დისკრეტული კავშირის ბიჯით 25 მმ. წერტილოვანი შედუღების ბიჯით 50 მმ (ნახ. 2 – შტრის-პუნქტირული ხაზი), რადგან მოცემული ბიჯის შემთხვევაში გარსი არ კარგავს მდგრადობას კავშირებს შორის, ამიტომ შეიძლება რეკომენდირებული იყოს წერტილოვანი შედუღების უფრო დიდი ბიჯი, ვიდრე სტანდარტით არის გათვალისწინებით. ამის შედეგად მცირდება ასეთი კონსტრუქციების დამზადების შრომატევადობა.



ნახ. 2. ტანგენციალური ძალების განაწილების ხასიათი წიბოს სიგრძეზე გარსის თანაბრად განაწილებული დატვირთვის – 1282 კნ/მ მოქმედებისას

### დასკვნა

წიბოების და ტეხვების მწონე გარსების გაანგარიშებისათვის მიღებული საანგარიშო ფორმულები საშუალებას იძლევა აღიწეროს დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის კომპონენტების ცვლადების ყველა განსაკუთრებულობა რეგულარობის დარღვევის მასლობლობაში, აისახოს დატვირთვის პროცესში ძალებისა და მომენტების ცვლილებები და გადანაწილებები.

### ლიტერატურა

1. Гребень В.С. Метод расчёта прямоугольных в плане пологих оболочек, подкреплённых рёбрами в двух направлениях//Расчёт пространственных конструкций. Москва. 1969.
2. Гузь А.Н., Бабич И.Ю. Трёхмерная теория устойчивости стержней, пластин и оболочек, Киев: Виша школа, 1980, 168 с.
3. Rajczyk Marlana. Zagrozenia mykologizne w budownictwie. Wydawnictwo Politechniki Czestochowskiej. Czestochowa 2009. -169p.
4. Назаров А.А. Основы теории и методы расчёта пологих оболочек, Строительство, Ленинград, 1966, -303 с.
5. Михайлов Б.К., Кипиани Г.О. Пластины и оболочки с разрывными параметрами. Ленинград: ЛГУ, 1980 г. -196 с.
6. ფაშიაშვილი მ., ყიფიანი გ. გარსული საძირკვლები მშენებლობაში და მათი გაანგარიშების ზოგიერთი საკითხი. თბილისი: გამომცემლობა “ტექნიკური უნივერსიტეტი”, 2006. 166 გვ.

ფილტრაციის თავისებურებანი ნიადაგ-ბრუნტებში

ირაკლი ყრუაშვილი <sup>1</sup>, ედუარდ კუხალაშვილი <sup>1</sup>, ირმა ინაშვილი <sup>1</sup>,  
კონსტანტინე ბზიავა <sup>2</sup>, გიორგი ნატროშვილი <sup>1</sup>

Email: irakliuashvili@yahoo.com, e.kukhalashvili@agruni.edu.ge,  
irmainashvili@yahoo.com, k\_bziava@yahoo.co.uk

- 1) საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი  
დავით აღმაშენებლის ხეივანი მე-13 კმ., დიღომი, თბილისი 0131
- 2) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

დინამიკურ ურთიერთკავშირში მყოფი ფაქტორების გათვალისწინებით ფილტრაციის პროცესის კანონზომიერების აღწერა წყლის რესურსების მართვის ინფორმაციული უზრუნველყოფისა და მათი ოპტიმალურად გამოყენების განმსაზღვრელი მახვენებელია. ამ თვალსაზრისით ირიგაციაში მცენარის წყალმოთხოვნილების ოპტიმალური პროდუქტიული წყლით უზრუნველყოფა და საგეგმაციაო პერიოდში წყლის აუცილებელი ნორმით დაკმაყოფილება უამრავ ურთიერთ მართვად ფაქტორთან არის დაკავშირებული და ნიადაგ-გრუნტებში წყლის მიგრაციისა და გადაადგილების თავისებურებათა გათვალისწინებას საჭიროებს.

პირითაღი ნაწილი

კვლევის ობიექტი და მეთოდოლოგია

თვითფორმირებად ბუნებრივ კალაპოტებში გამავალი წყალგამტარი არხებიდან ფილტრაციაზე დანაკარგების კანონზომიერების შესწავლის საკითხებმა, მიუხედავად პრაქტიკისათვის მიღებული შედეგებისა, ვერ მიიღო დასრულებული სახე და მოვლენის არსზე ნიადაგ-გრუნტების სტრუქტურულ-ფუნქციონალური ჰიდროფიზიკის მახასიათებლების კომპლექსის გავლენის კანონზომიერების შესწავლას საჭიროებს.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, შემოთავაზებულია მოდელი, რომლის საფუძველზე ნიადაგ-გრუნტის რეალური მოდელი წარმოდგენილია იდეალურით, რომლის ყველა ფორი ერთმანეთის პარალელურ ცილინდრულ მილსადენთა სისტემას შეიცავს. ასეთი მილოვანი სისტემით შედგენილი ნიადაგის ცალკეული მილისათვის ნაკადის დინების საშუალო სიჩქარის საანგარიშოდ მიღებულია საანგარიშო დამოკიდებულება [5]

$$V = \frac{\gamma R^2}{2\mu} \left(1 - \frac{r_0}{R}\right)^2 \left(\frac{2}{3} + \frac{1}{3} \frac{r_0}{R}\right) \tag{1}$$

სადაც,  $V$  – იდეალურ ნიადაგ-გრუნტებში წყლის ფილტრაციის სიჩქარეა (მ/წმ);

$\frac{\gamma R^2}{2\mu}$  – ფოროვანი მილში წყლის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე (მ/წმ);

$R$  – ფოროვანი მილსადენის რადიუსია (მ);

$r_0$  – ფოროვანი მილსადენში ძერის საწყისი წინაღობის ექვივალენტური რადიუსია (მ).

შემოთავაზებული მოდელის შესაბამისად, ფილტრაციის მიმართულებით  $\Omega$  ცოცხალი კვეთის ფართობისა და  $x$  მილსადენის შემთხვევაში, ცალკეული მილის  $\omega_x$  ცოცხალი

კვეთის ფართობი იქნება

$$\omega_x = \frac{\Omega}{x}. \quad (2)$$

შესაბამისად, ცალკეული მილსადენის წყლის ხარჯი ტოლია:

$$Q_{\text{მილ}} = \frac{\gamma R^2}{2\mu} m \frac{\Omega}{x}. \quad (3)$$

წარმოდგენილ (3)-ე დამოკიდებულებაში  $m = f\left(\frac{r_0}{R}\right)$ , რომლის განსაზღვრა ძალზე რთულია და სპეციალურ კვლევებს საჭიროებს.

რადგან  $U = \frac{\gamma R^2}{2\mu}$  წარმოადგენს წყლის მოძრაობის საშუალო სიჩქარეს ფოროვან მილსადენში, მისი ცოცხალი კვეთის ფართობი  $\omega_x$  შეიძლება განისაზღვროს დამოკიდებულებით

$$\omega_x = m \frac{\Omega}{x}. \quad (4)$$

მე-(4) დამოკიდებულების მიხედვით  $\frac{\omega_x x}{\omega}$ , წარმოადგენს გრუნტის  $n$  ფორიანობას და შესაბამისად

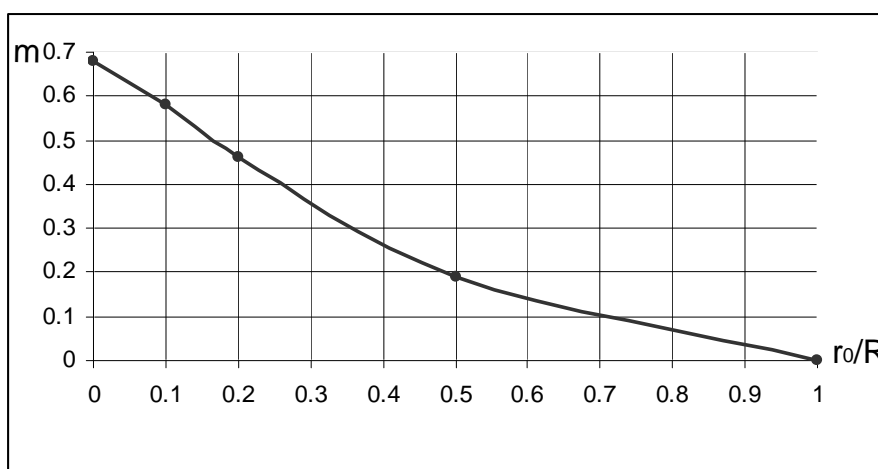
$$n = m = \left(1 - \frac{r_0}{R}\right)^2 \left(\frac{2}{3} + \frac{1}{3} \frac{r_0}{R}\right). \quad (5)$$

თუ მე-(5)-ეს გავითვალისწინებთ (1)-ში, მაშინ ფოროვანი მილის საშუალო სიჩქარე ტოლი იქნება

$$V = mU. \quad (6)$$

ე.ი. ფილტრაციის საშუალო სიჩქარე ცალკეულ ფოროვან მილში წყლის მოძრაობის საშუალო სიჩქარისა და ნიადაგ-გრუნტის ფორიანობის კოეფიციენტის ნამრავლის ტოლია.

მე-(5) საანგარიშო დამოკიდებულებიდან  $m$ -ის განსაზღვრა ძალზე რთულია და სპეციალურ კვლევებს საჭიროებს. აქედან გამომდინარე, შემოთავაზებულია გრაფიკული დამოკიდებულება  $m = f\left(\frac{r_0}{R}\right)$ , ნახ. 1.



ნახ. 1.  $m = n = f\left(\frac{r_0}{R}\right)$  დამოკიდებულების გრაფიკი

მიღებული მე-(6)-ე საანგარიშო დამოკიდებულება ამყარებს კავშირს ფიქტიურ და იდეალურ ნიადაგ-გრუნტში წყლის  $V$  ფიქტიურ სიჩქარესა და ფოროვან მილში  $U$  საშუალო სიჩქარეს შორის.

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ ენერჯის დანაკარგი ფოროვან მილში  $h_{ღან}$ -ის ტოლია, მაშინ შეიძლება დავწეროთ [1]:

$$h_{ღან} = \lambda \frac{\ell}{4R} \frac{U^2}{2g}. \quad (7)$$

სადაც,  $\lambda$  – ჰიდრაულიკური წინაღობის კოეფიციენტი;  $g$  – სიმძიმის ძალის აჩქარება ( $მ/წმ^2$ );  $\ell$  – ფოროვანი მილის სიგრძე ( $მ$ ).

მე-(7) საანგარიშო დამოკიდებულებიდან ჰიდრაულიკური ქანობი  $I$  რეინოლდსის  $Re$  რიცხვისა და სიბლანტის  $\nu$  კინემატიკური კოეფიციენტის გათვალისწინებით შეიძლება განისაზღვროს დამოკიდებულებით:

$$I = \frac{\lambda}{8} \frac{Re^2 \nu^2}{R^3 g}. \quad (8)$$

მე-(8) დამოკიდებულების გარდაქმნისა და უგანზომილებო კომპლექსის  $\Pi$ -თი აღნიშვნის საფუძველზე, რომელიც ფილტრაციაში ფილტრაციის რიცხვით არის ცნობილი, მივიღებთ:

$$\Pi = \frac{gR^3 I}{\nu^2}. \quad (9)$$

$$\Pi = \frac{\lambda}{8} Re_R^2. \quad (10)$$

შესაბამისად, ჩატარებული გარდაქმნების საფუძველზე ჰიდრაულიკური წინაღობის კოეფიციენტი  $\lambda$  რეინოლდსის რიცხვთან კავშირში მიიღებს სახეს:

$$\lambda = \frac{8\Pi}{Re_R^2}. \quad (11)$$

თუ შემოვიღებთ აღნიშვნას  $A = \lambda Re_R^{2-n}$ , მაშინ

$$\lambda = \frac{A}{Re_R^{2-n}}. \quad (12)$$

მე-(12) დამოკიდებულების გატოლებით (11)-სთან მივიღებთ

$$\Pi = \frac{A}{8} Re_R^n. \quad (13)$$

$\Pi$ -ს მნიშვნელობის გათვალისწინებით (13)-ში, მივიღებთ

$$\frac{gR^3 I}{\nu^2} = \frac{A}{8} \left( \frac{UR}{\nu} \right)^n. \quad (14)$$

მე-(14) დამოკიდებულებიდან შეიძლება განისაზღვროს ფოროვან მილში წყლის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე

$$U = \left( \frac{8gI}{A} \right)^{\frac{1}{n}} \frac{R^{\frac{3-n}{n}}}{\nu^{\frac{2-n}{n}}}. \quad (15)$$

ლამინარული ფილტრაციის შემთხვევაში ფილტრაციის სიჩქარე, როცა  $n=1$ , არის

$$U = \frac{8gI}{A} \frac{R^2}{\nu}. \quad (16)$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ  $v = \frac{\mu}{\rho}$ ,  $\gamma = \rho g$ , (16)-ე საანგარიშო დამოკიდებულება მიიღებს სახეს

$$U = \frac{8\gamma R^2}{\mu} \frac{I}{A}. \quad (17)$$

მე-(17) დამოკიდებულებაში თუ შემოვიღებთ აღნიშვნას  $K' = \frac{8R^2}{A}$

$$U = \frac{\gamma K'}{\mu} I, \quad (18)$$

მე-(18) დამოკიდებულების გათვალისწინებით (16)-ში, გვექნება

$$V = \frac{n\gamma K' I}{\mu}. \quad (19)$$

მე-(19) საანგარიშო დამოკიდებულება წარმოადგენს წყლის ფილტრაციის საანგარიშო დამოკიდებულებას იდეალურ ნიადაგ-ბრუნტებში. წყლის ფილტრაციის შესწავლისას მაღალდისპერსიულ ბრუნტებში (თიხა, ტორფი) დადგენილ იქნა, რომ ფილტრაცია იწყება მას შემდეგ, როდესაც დაწნევის გრადიენტი გადააჭარბებს გარკვეულ სიდიდეს, ე.ი., კრიტიკული დაწნევის მნიშვნელობის შესაბამისი წერტილის შესატყვის გრადიენტს [2, 3, 4]. პირობითად ეს გრადიენტი შესაძლებელია მიჩნეულ იქნას საწყის გრადიენტად. ფუნქციონალური კავშირის ზოგადი ხასიათი ფილტრაციის სიჩქარესა და გრადიენტს შორის სხვადასხვა ნიადაგ-ბრუნტისათვის შეიძლება ჩაწერილ იქნას დამოკიდებულებით

$$V_{რეალ} = KI \left(1 - \frac{I_0}{I}\right). \quad (20)$$

სადაც,  $K$  – ფილტრაციის კოეფიციენტი;  $I$  – სრული გრადიენტი;  $I_0$  – საწყისი გრადიენტი.

მე-(20) დამოკიდებულების შეფარდებით (19)-სთან, როცა ფილტრაციის კოეფიციენტი  $K_1 = n \frac{\gamma K'}{\mu}$  ტოლია, რეალური გრუნტისათვის ფილტრაციის სიჩქარის საანგარიშო დამოკიდებულებას ექნება სახე

$$V_{რეალ} = K_1 K' I \left(1 - \frac{I_0}{I}\right). \quad (21)$$

თუ შემოვიღებთ აღნიშვნას  $K_0 = nK' \left(1 - \frac{I_0}{I}\right)$  და  $K = \gamma \frac{K_0}{\mu}$ , მაშინ მივიღებთ

$$V_{რეალ} = KI. \quad (22)$$

(21)-ე დამოკიდებულებაში  $K_0 = n \left(1 - \frac{I_0}{I}\right) K'$  წარმოადგენს წყალგამტარობის კოეფიციენტს და აქვს ფართობის განზომილება, ხოლო  $K$  რეალური გრუნტის ფილტრაციის კოეფიციენტს წარმოადგენს. კვადრატული ტურბულენტური ფილტრაციის შემთხვევაში, როცა  $n=2$ , გვექნება

$$U = \sqrt{\frac{8gR}{A}} \sqrt{I}. \quad (23)$$

ზოგიერთი გარდაქმნისა და გამარტივების საფუძველზე ფილტრაციის სიჩქარე რეალური გრუნტისათვის შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგნაირად

$$V = m \sqrt{\frac{8gR}{A}} \sqrt{1 - \frac{I_0}{I}} \sqrt{I}. \quad (24)$$

თუ შემოვიღებთ აღნიშვნას  $B = \left(1 - \frac{I_0}{I}\right) \sqrt{\frac{8gR}{A}}$ , მივიღებთ

$$V = Bm\sqrt{I}, \quad (25)$$

სადაც:

$B$  - ემპირიული კოეფიციენტი;

$m$  - ფორიანობის კოეფიციენტი.

### დასკვნა

ზემოთ განხილული ამოცანები წარმოადგენს წყლის მოძრაობის კერძო შემთხვევას ფოროვან გარემოში და მას, გარდა წყლის რესურსების მართვის ოპტიმიზაციისა, განსაკუთრებული როლი ენიჭება როგორც სხვადასხვა საინჟინრო საკითხების გადაწყვეტის, ისე ირიგაციაში მორწყვის ნორმის, სარწყავი ნორმისა და სხვა მახასიათებლების დადგენის დროს.

### ლიტერატურა

1. **Агроскин И.И., Дмитриев Г.Г., Пиколев Ф.И.** Гидравлика, Госэнергоиздат, М. 1954 г., 484 стр.;
2. **Кацарава Т.Е.** – К вопросу установления некоторых гидрогеологических характеристик почво-грунтов. Труды ГрузНИИГим, Тбилиси, стр. 213-216;
3. **Купреишвили Ш.З., Мебония Н.Г., Кавтуашвили Д.С.** Экспериментальные исследования начального градиента фильтрации в высокодисперсных элитных сорбентах. Проблемы аграрных наук, сб. научных трудов, ГГАУ, т. XXXII Тбилиси, 2005 г., стр. 161-164;
4. **Одилавадзе Т.В.** Об инфильтрационной обеспеченности управления водными ресурсами сложной оросительной системы. Доклады ВАСХНИЛ, №5, 1968 г., стр. 15-26;
5. **Kruashvili I., Kukhalashvili E., Inashvili I., Bziava K.** Hydroecological aspects of migration and movement of water in the soils. Proceedings of the International Conference on “Protection of Agrobiodiversity and Sustainable Development of Agriculture”, November 24-25, 2010, Tbilisi, Georgia, p. 282-286.



**ნიადაგ-გრუნტში წყლის ფილტრაციის ანომალიებთან დაკავშირებული  
საკითხების შესწავლა**

ირაკლი ყრუაშვილი <sup>1</sup>, ედუარდ კუხალაშვილი <sup>1</sup>, ირმა ინაშვილი <sup>1</sup>,  
კონსტანტინე ბზიავა <sup>2</sup>, გიორგი ნატროშვილი <sup>1</sup>

**Email:** iraklikruashvili@yahoo.com, e.kukhalashvili@agruni.edu.ge, irmainashvili@yahoo.com,  
k\_bziava@yahoo.co.uk

- 1) საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი  
დავით აღმაშენებლის ხეივანი მე-13 კმ., დილომი, თბილისი 0131
- 2) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

**შესავალი**

ნიადაგ-გრუნტი, რომელიც სხვადასხვა რიგის მიკრო და მაკრო ზომის ნაწილაკებით არის წარმოდგენილი თანამედროვე შეხედულებით დისპერსიულ-ჰიდრაულიკურ ფოროვან სისტემას წარმოადგენს და იგი მარცვლოვან ფოროვან სისტემას განეკუთვნება. მის მყარ ნაწილაკებს შორის წყლის განსხვავებული კატეგორიების მოხვედრა და ფორმირება სხვადასხვა გზით ხდება. ვინაიდან, ნიადაგის ფორები მიკროკაპილარული ზომებით არის წარმოდგენილი, მის ტანში მიგრირებული წყალი სხვადასხვა თვისებებს იძენს და ამის გამო მისი შეფასება საერთო ფორიანობის მიხედვითაა შესაძლებელი.

**ძირითადი ნაწილი**

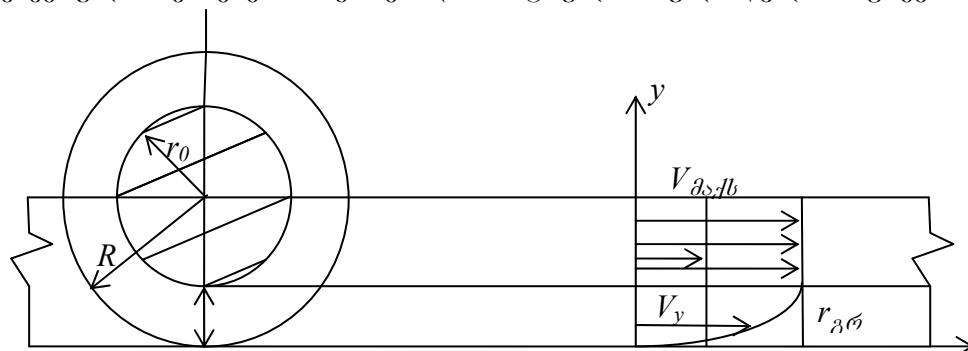
**კვლევის ობიექტი და მეთოდика**

წყალგამტარი ფორების ფორმის, ხვედრითი ზედაპირისა და სხვა მაჩვენებლების შეფასების სირთულე გარკვეულ გავლენას ახდენს ნიადაგ-გრუნტის ფილტრაციული მახასიათებლების დადგენაზე. მიუხედავად იმისა, რომ საერთოდ ფორიანობა არ შეიძლება იყოს ნიადაგ-გრუნტში მიმდინარე მაკრო პროცესების განმსაზღვრელი პოსტულიტი, ფილტრაციის ხარისხობრივი მხარის შეფასებისას ყურადღება ფორების ზომას, ფორმას, ურთიერთკავშირს, დანაწევრების ხასიათს, ჩაკეტილობას და სხვა მახასიათებლებს უნდა დაეთმოს. გამომდინარე აქედან, ნიადაგ-გრუნტის მრავალმხრივი კვლევების საფუძველზე შემოტანილი იქნა ფორიანობის შეფასების დიფერენცირებული, კაპილარული და სხვა სახის მცნებები. რაც შეეხება ფორიანობას, იგი ნიადაგ-გრუნტის ტანში წყლის ამა თუ იმ კატეგორიის ფორმირების განმსაზღვრელია.

გამომდინარე აქედან, ნიადაგ-გრუნტის ტანში წყლის მოძრაობის განმსაზღვრელი ამ თუ იმ ჰიდროდინამიკური პარამეტრის დადგენისა და ჰიდრაულიკური კვლევების მიზნით შემოთავაზებულია მოდელი, რომლის საფუძველზეც შესაძლებელი იქნება წყლის ფილტრაციის არსებულ ანომალიებთან დაკავშირებული საკითხების შესწავლა.

როგორც ცნობილია, ნიადაგ-გრუნტის ფორიანობა მილსადენტა სისტემით არის წარმოდგენილი. მილსადენტა სისტემის ცალკეული მილის შიდა პერიმეტრზე სხვადასხვა ბუნების ენერგეტიკული ველების მეშვეობით ადგილი აქვს თავისუფალისაგან

განსხვავებული თვისებების მქონე ადსორბციული ბმული წყლის აფსკების ფორმირებას.



ნახ.1. მილსადენში წყლის მოძრაობის საანგარიშო სქემა

აფსკის კონსტრუქცია მილსადენის შიდა ზედაპირზე მას ანიჭებს კვაზი მყარი სხეულის თვისებებს, რომლის მოძრაობაში მოყვანა შესაბამისი საგრადიენტო  $r_{გრ}$  შრის არსებობას საჭიროებს. გამომდინარე აქედან, წყლის მოძრაობა შეიძლება წარმოდგენილი იყოს რიგი თავისებურებებით და შესაბამისად, მილსადენის განივი ცოცხალი კვეთი დაიყოს ორ ზონად. ასეთ შემთხვევაში წყლის მოძრაობის ანალოგად შესაძლებელია გამოყენებული იყოს კვაზი-მყარი სხეულის მოძრაობა – შვედოვ-ბინგამის განზოგადებული მოდელის სახით [1, 2, 3].

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ  $r_0$  არის  $R$  რადიუსიანი მილსადენის ბმული წყლით შევსების განივი კვეთის რადიუსი, ბმული წყლის თვისებებიდან გამომდინარე, როცა  $r_0=R$  წყლის მოძრაობას მილსადენში ადგილი არ აქვს და იგი მყარად არის მიმაგრებული მილსადენის პერიმეტრზე. მილსადენში წყლის ასეთი განივი კვეთით არსებობა შეიძლება ჩაითვალოს პასიურ სიცარიელედ, რომელიც ფილტრაციის პროცესში არ მონაწილეობს, ხოლო როდესაც  $r_0=0$ , მაშინ ნაკადის კვეთში მთლიანი საგრადიენტო შრით მოძრაობას ექნება ადგილი. ე. ი. მილსადენის ცოცხალი კვეთი შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ორი ზონით: აქტიური სიცოცხლის ზონა, რომელშიც ნაკადის საგრადიენტო შრის გავრცელებას აქვს ადგილი და მეორე ზონა (ნაკადის გული), რომელზედაც ხდება საგრადიენტო შრის მიერთება.

გამომდინარე აქედან, აქტიური სიბრტყითი ფორიანობა შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ფორმულით

$$n_{აქტ} = \frac{\pi R^2 - \pi(R - r_{გრ})^2}{\pi R^2} = 2 \left( \frac{r_{გრ}}{R} \right) - \left( \frac{r_{გრ}}{R} \right)^2. \quad (1)$$

პირველი განტოლების  $\left( \frac{r_{გრ}}{R} \right)$  ფარდობის მიმართ ამოხსნის შედეგად გვექნება

$$\left( \frac{r_{გრ}}{R} \right) = 1 - \sqrt{1 - n_{აქტ}} \quad (2)$$

მე(2) ფორმულის ანალიზი გვიჩვენებს: როცა  $n_{აქტ} = 0, r_{გრ}/R = 0$  ხოლო, როცა  $n_{აქტ} = 1, r_{გრ}/R = 1$ , საანგარიშო სქემის მიხედვით,  $r_{გრ} = R - r_0$  და შესაბამისად, მე(2) დამოკიდებულებას ექნება სახე

$$\left( \frac{r_0}{R} \right) = \sqrt{1 - n_{აქტ}} \quad (3)$$

ზოგადად, როცა მილსადენის შიდა კვეთი აქტიურ და პასიურ სიცარიელეთა ჯამით არის წარმოდგენილი, მაშინ მილსადენის სრული სიცარიელის,  $n$ -ის საანგარიშოდ

გვექნება

$$n = n_{\text{სს}} + n_{\text{აქტ}} \quad (4)$$

მე(4)-ის გათვალისწინებით მე(2)-ში მივიღებთ

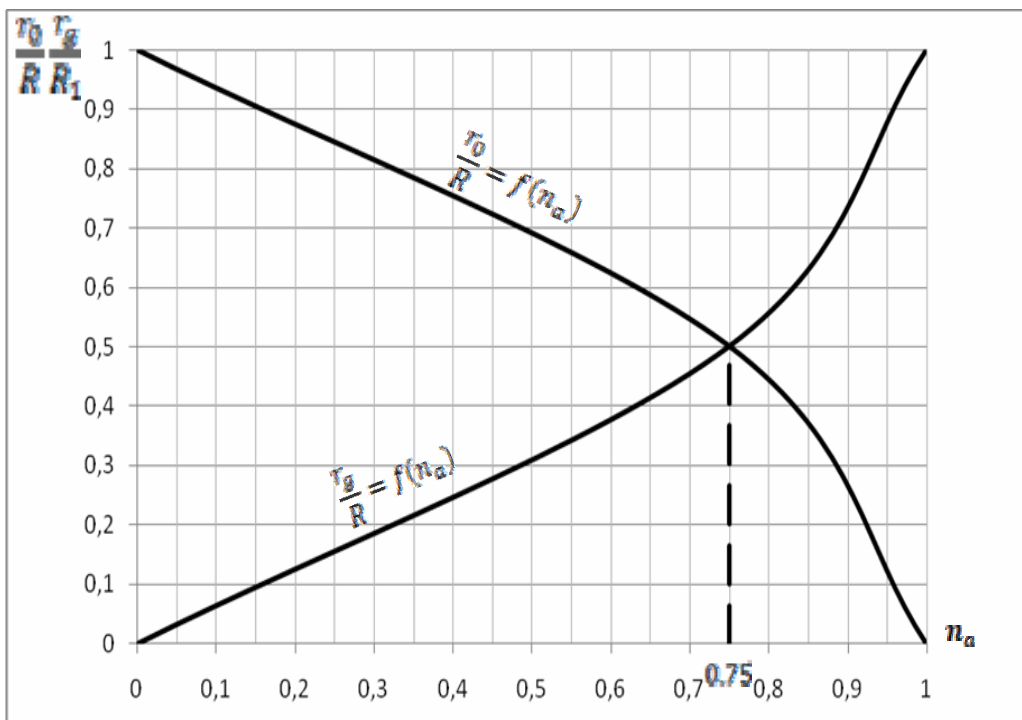
$$\left(\frac{r_{20}}{R}\right) = \sqrt{1 - \frac{n_{\text{სს}}}{R}} \quad (5)$$

რადგან პასიური სიცარიელის ფართობი  $\pi r_0^2$ -ის ტოლია, სრული სიცარიელის ფართობი  $\pi R^2$ , მაშინ პასიური ფორიანობის სიდიდე იქნება  $n_{\text{სს}} = \left(\frac{r_0}{R}\right)^2$ . შესაბამისად, მე(5) დამოკიდებულება მიიღებს სახეს

$$\left(\frac{r_{20}}{R}\right) = 1 - \sqrt{1 - n + \left(\frac{r_0}{R}\right)^2} \quad (6)$$

მილსადენის განივი კვეთის სიცარიელის ის ნაწილი, სადაც წყლის შეუფერხებელ მოძრაობას აქვს ადგილი, შეიძლება ჩაითვალოს აქტიურ ფორიანობად. აქტიური ფორიანობის ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა შეიძლება განხორციელდეს როგორც გრაფიკული მეთოდით, ისე მე(2) და მე(3) განტოლებების გატოლების საფუძველზე.

გრაფიკული მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში ვაგებთ  $\frac{r_0}{R} = f(n_{\text{აქტ}})$  და  $\frac{r_{20}}{R} = f(n_{\text{აქტ}})$  დამოკიდებულების გრაფიკებს



ნახ 2. გრაფიკი დამოკიდებულება  $\frac{r_0}{R} = f(n_{\text{აქტ}})$  და  $\frac{r_{20}}{R} = f(n_{\text{აქტ}})$

თუ აქტიური ფორიანობის მნიშვნელობას  $n_{\text{აქტ}} = 0.75$  შევიტანთ მე(3) დამოკიდებულებაში მივიღებთ, რომ  $\frac{r_{20}}{R} = 0.5$ , ანუ, პასიური სიცარიელის რადიუსის ფარდობა სრული სიცარიელის რადიუსთან 0.5-ის ტოლია.

როცა ნაკადის საფილტრაციო მოედნის ფართობი  $X$  მილოვანი სისტემით არის

წარმოდგენილი, მისი სიდიდე შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით

$$\omega = X\omega_{\text{ძალ.}} \quad (7)$$

მე-(7) დამოკიდებულების მიხედვით ცალკეული მილის ცოცხალი კვეთის ფართობია

$$\omega_{\text{ძალ.}} = \frac{\omega}{X} \quad (8)$$

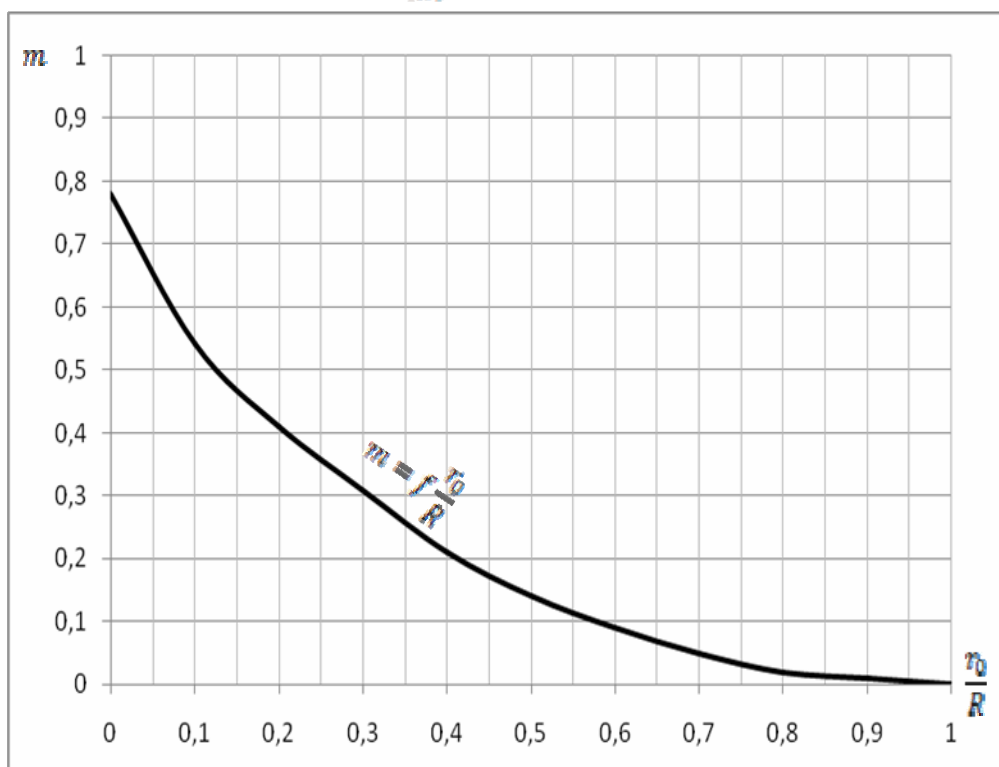
ნაშრომში [4] მიღებული საშუალო სიჩქარის მიხედვით, ნაკადის ხარჯი ცალკეული მილისათვის შეიძლება გაანგარიშებული იყოს ფორმულით

$$Q_{\text{ძალ.}} = \frac{\gamma l R^2}{2\mu} \left(1 - \frac{r_0}{R}\right)^2 \left(\frac{2}{3} - \frac{1 r_0}{3 R}\right) \frac{\omega}{X} \quad (9)$$

თუ შემოვიღებთ აღნიშვნას  $m = \left(1 - \frac{r_0}{R}\right)^2 \left(\frac{2}{3} - \frac{1 r_0}{3 R}\right)$ , ცალკეული მილსადენისთვის წყლის საანგარიშო ხარჯი იქნება

$$Q_{\text{ძალ.}} = \frac{\gamma l R^2 \omega}{2\mu X} m. \quad (10)$$

მე-(10) საანგარიშო დამოკიდებულებაში  $m$ -ის განსაზღვრის მიზნით ვაგებთ გრაფიკულ დამოკიდებულებას  $m = f\left(\frac{r_0}{R}\right)$  (ნახ 3).



ნახ 3. გრაფიკული დამოკიდებულება  $m = f\left(\frac{r_0}{R}\right)$

მე-(10) დამოკიდებულებაში, რადგან  $\frac{\gamma l R^2}{2\mu}$  მილში წყლის მოძრაობის საშუალო სიჩქარეს წარმოადგენს

$$\frac{Q_{\text{ძალ.}}}{V_{\text{ძალ.}}} = \frac{\omega}{X} m. \quad (11)$$

ე. ი.  $\omega_{\text{ძალ.}} X = \omega m$ .

რადგან,  $\omega$  ფართობი წყლის გასატარებელი მოედნის ფართობია,

$$\omega_{\text{გულ}} X = m \frac{Q}{V_{\text{ლფ}}}. \quad (12)$$

მე-(12) დამოკიდებულებაში წყლის ხარჯის სიდიდე ფილტრაციის ხარჯის ტოლია და შესაბამისად

$$\omega_{\text{გულ}} X = m \frac{\omega V_{\text{გ}}}{V_{\text{ლფ}}}. \quad (13)$$

რადგან  $\omega_{\text{გულ}} X / \omega$  წარმოადგენს გასატარებელი წყლის ფართობის ფორიანობას მე-(13) დამოკიდებულებით, შეიძლება განისაზღვროს ნაკადის ფილტრაციის სიჩქარე

$$V_{\text{გ}} = \frac{n}{m}; \quad V_{\text{ლფ}} = \frac{n}{m} \frac{Q_{\text{გ}}}{\omega}. \quad (14)$$

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, როცა აქტიური ფორიანობა  $n=0.75$  და  $3/4$ -ის ტოლია, მაშინ პასიური ფორიანობა  $n_{\text{პა}}=1-3/4=1/4$  ე.ი. მიღებული შედეგების საფუძველზე შეგვიძლია დავადგინოთ  $m$ -ის მნიშვნელობა:  $m = \frac{5}{24}$ .

$m$ -ის მნიშვნელობას თუ შევიტანთ მე-(14) დამოკიდებულებაში, გვქვია

$$V_{\text{გ}} = \frac{24}{5} n \frac{Q_{\text{გ}}}{\omega}. \quad (15)$$

მე-15 დამოკიდებულების მიხედვით ფილტრაციის ხარჯები იქნება

$$Q_{\text{გ}} = \frac{5}{24} \frac{\omega}{n} V_{\text{გ}}. \quad (16)$$

არასწორხაზოვანი ფილტრაციის შემთხვევაში,

$$Q_{\text{გ}} = V_{\text{გ}} \left(1 - \frac{I_0}{I}\right) \omega. \quad (17)$$

თუ მე-(17)-ს გაუტოლებთ მე-(16)-ს, გვქვია

$$\frac{I_0}{I} = 1 - \frac{5}{24n}. \quad (18)$$

სარწყავ  $t$  პერიოდში, წყლის საჭირო ხარჯი შეიძლება განსაზღვრულ იყოს ფორმულით

$$Q = \frac{\alpha \omega m}{t}. \quad (19)$$

მე-(19) დამოკიდებულების მიხედვით განისაზღვრება

$$\begin{aligned} m &= \frac{Q t}{\alpha \omega} = \frac{V_{\text{გ}} \left(1 - \frac{I_0}{I}\right) \omega t}{\alpha \omega} = V_{\text{გ}} \left(1 - \frac{I_0}{I}\right) \frac{t}{\alpha} = \\ &= KI \left(1 - \frac{I_0}{I}\right) \frac{t}{\alpha} = KI \frac{5}{24n} \frac{t}{\alpha} = \frac{5}{24} \frac{KI t}{n \alpha}, \end{aligned} \quad (20)$$

სადაც:  $K$  არის ფილტრაციის კოეფიციენტი;  
 $n$  – ფორიანობა;  
 $I$  – დაწნევის გრადიენტი;  
 $t$  – მორწყვის ხანგრძლივობა;  
 $\alpha$  – კულტურის მიერ დაკავებული ფართობი.

მორწყვის ნორმა ნიდაგის გარკვეულ  $A$  წყალტევადობიდან, მაქსიმალური  $\beta$ , მინიმალური  $\beta_0$  ტენტევალობასთან და მცენარის განვითარების აქტიურ  $H$  ფენის სიღრმესთან კავშირში გამოისახება ფორმულით:

$$m = AH(\beta_{\max} - \beta_0) \quad (21)$$

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, შეიძლება განისაზღვროს აქტიური ფენის სიღრმე

$$H = \frac{5}{24} \frac{KH}{\alpha A(\beta_{\max} - \beta_0)} t \quad (22)$$

### დასკვნა

როგორც 22-ე დამოკიდებულებიდან ჩანს, აქტიური ფენის სიღრმე ამ შრის ფილტრაციის კოეფიციენტის, მოქმედი გრუნტის, ფორიანობის, წყალტევადობის, მორწყვის ხანგრძლივობის, ნიადაგის მაქსიმალური წყალტევადობისა და მცენარის მიერ დაკავებული ფართობის ფუნქციას წარმოადგენს.

### ლიტერატურა

1. **Абелишвили Г.В., Кереселидзе Д.А.** – Некоторые результаты исследований набухаемости глинистых почво-грунтов. Труды ГрузНИИГиМ, вып. 28, Тбилиси, 1971.
2. **Кацарава Т.Е.** - Теоретические и практические аспекты количественного определения капиллярного потенциала. Труды ГрузНИИГиМ, вып. 28, Тбилиси, 1969., стр., 376-386.
3. **Рейнер М.** – Реология. М., «Наука», 1965 г., 223 стр.
4. **ყრუაშვილი ი.გ., კუხალაშვილი ე.გ., ინაშვილი ი.დ., ბზიავა კ.ნ.** – ნიადაგ-გრუნტში წყლის მოძრაობის და მიგრაციის ჰიდრაულიკური ასპექტები (ინგლისურ ენაზე). საქართველოს კონფერენცია “აგრობიომრავალფეროვნების დაცვა და სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარება”, თბილისი 2010 წ. გვ 282-286.

დამაბინძურებელი მინარევების არასტაციონარული გადატანის  
პროცესები ბაზლინარ საწყლოსნო სისტემებში

ელიზბარ ხატიაშვილი, ლალი ღოდელიანი, ნოდარ კავთუაშვილი  
Email: lali\_gtu@gtu.ge

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მ. კოსტავას ქ. №77, ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

ტურბულენტური დიფუზიის კოეფიციენტის ცვლილებას განაპირობებს წყალსატევის ზედაპირზე ზედღებული მცირე ამპლიტუდის ტალღური მოძრაობა.

არაკონსერვატიული და კონსერვატიული დამაბინძურებელი მინარევების არასტაციონალური დინებებით გადატანის პროცესები განიხილება მცირე სიღრმის მქონე საწყლოსნო სისტემებში, სადაც ძირითადი ძრაობის ნაკადები ლამინარული და ბრტყელპარალელურია.

ძირითადი ნაწილი

წყლის ნაკადებით დამაბინძურებელი კონსერვატიული და არაკონსერვატიული მინარევების კონვექციური და მოლეკულურ-ტურბულენტური დიფუზიის მექანიზმებით გადატანის ზოგად განტოლებას აქვს შემდეგი სახე

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{c}}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x}(\overline{u'c'}) + \frac{\partial}{\partial y}(\overline{v'c'}) + \frac{\partial}{\partial z}(\overline{w'c'}) = 0 \quad (1)$$

სადაც,  $\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$  - წარმოადგენენ დროის მიხედვით გასაშუალოებული სიჩქარის მდგენელებს  $Ox, Oy$  და  $Oz$  ღერძის მიმართულებით;  $\bar{c}$  - მინარევის გასაშუალოებულ კონცენტრაციას;  $\overline{u'c'}, \overline{v'c'}, \overline{w'c'}$  - სიჩქარისა და კონცენტრაციების პულსაციების ნამრავლის გასაშუალოებულ სიდიდეებს, რომლებიც წარმოადგენენ მასის ტურბულენტურ ნაკადებს.

დასახული ამოცანების შემთხვევაში უგულებელყოფილია მასის მოლეკულური დიფუზიით გადატანის პროცესები, რადგან ისინი 1-2 რიგით მცირეა ტურბულენტური დიფუზიის ნაკადებთან შედარებით. მოლეკულური დიფუზიისათვის ფიკის კანონის ანალოგიურად ვთვლით, რომ მასის ტურბულენტური გადატანის ნაკადები პროპორციულია საშუალო კონცენტრაციების გრადიენტისა და მიმართულია კონცენტრაციების შემცირების მხარეს, ე.ი.

$$\overline{u'c'} = -D_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x}; \quad \overline{v'c'} = -D_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y}; \quad \overline{w'c'} = -D_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \quad (2)$$

განტოლება (1)-ის ზუსტი ამონახსნების მიღება ანალიზური მეთოდებით პრაქტიკულად შეუძლებელია, ამიტომ განვიხილავთ კონსერვატიული და არაკონსერვატიული დამაბინძურებელი მინარევების გადატანის პროცესებს, რომლის დროს ვთვლით:

1) მინარევების გადატანის პროცესი აიწერება ერთგანზომილებიანი განტოლებებით, რომელიც რეალიზდება მცირე სიღრმის მქონე წყალსატევებში და საწყლოსნო სისტემებში, სადაც ძირითადი ძრავის ნაკადები ლამინარულია და ბრტყელპარალელური (მაგალითად პალიასტომის, ფარავანის და მსგავს ტბებში, ჭაობთა სისტემებში და სხვ.);

2) ტურბულენტური მოძრაობა გამოწვეულია სიჩქარისა და კონცენტრაციების პულსაციებით და ეს მოძრაობა პროვოცირებულია ტალღების ზედდებით წყალსატევის ზედაპირზე. ამრიგად, ტალღები ზედაპირულია და წრფივი, მცირე ამპლიტუდის;

3) გადატანის პროცესები არასტაციონალურია და ხდება კონვექციური და ტურბულენტური დიფუზიის მექანიზმით;

4) უგულვებელყოფილია მინარევების გადატანა (შერევა) მოლეკულური დიფუზიით, რომელიც 1-2 რიგით და მეტით მცირეა ტურბულენტური დიფუზიისა და დისპერსიულ პროცესებზე;

5) ძირითადი დინების სიჩქარე  $u = U = const$  (ვერტიკალური განაწილების გარეშე);

6) წყალსატევის სიღრმე  $H$  მიღებულია მუდმივად (ძალზე მცირე ცვლადად);

7) ვიხილავთ მაქსიმალურ ტურბულენტურ დიფუზიას, რომელსაც ადგილი აქვს, როდესაც  $z=0$ , ე.ი. თავისუფალ ზედაპირზე.

მიღებული დაშვების შემდგომ ვღებულობთ კონსერვატიული და არაკონსერვატიული მინარევების გადატანის არასტაციონარულ კერძოწარმოებლიან დიფერენციალურ განტოლებას

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \bar{U} \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \right) - k \bar{c} \quad (3)$$

სადაც  $k$  – დესტრუქციის კოეფიციენტი. შემდგომში გასაშუალების აღნიშვნას აღარ გამოვიყენებთ.

მე-(3) განტოლებაში ტურბულენტური დიფუზიის კოეფიციენტი ცვლადია, ამიტომ (3) ჩაიწერება ასეთი სახით:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + U \frac{\partial c}{\partial x} = \frac{\partial D}{\partial x} \frac{\partial c}{\partial x} + D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - kc \quad (4)$$

განვიხილავთ ისეთი სახის საწყლოსნო სისტემებს, რომლებშიც დიფუზიის კოეფიციენტის ცვლილება მცირე სიდიდეა. ასევე მცირეა (უფრო სწორედ კონცენტრაციის ცვლილება  $x$  კოორდინატის მიმართ ხდება პარაბოლურთან მიახლოებული კანონით, ე.ი.  $c = c_0 \cdot x^n$ , სადაც  $1 < n < 2$ ). ასეთ შემთხვევაში

შესაძლებელია  $D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$  წევრის უგულვებელყოფა და (4) ჩაიწერება ასე:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + U \frac{\partial c}{\partial x} = \frac{\partial D}{\partial x} \frac{\partial c}{\partial x} - kc \quad (5)$$

მე-(5) განტოლებაში ტურბულენტური დიფუზიის ფენომენოლოგიური კოეფიციენტი აუცილებელია გამოისახოს იმ ძირითადი მახასიათებლების მეშვეობით, რომლებიც განსაზღვრავენ დიფუზიის პროცესების მასშტაბს და ინტენსივობას. ტურბულენტურობის მასშტაბად ვიღებთ სიდიდეს  $l = \chi H$ , სადაც  $\chi = 0,4$ ,  $H$  – წყალსატევის სიღრმეა. მახასიათებელ სიჩქარედ, რომელიც განსაზღვრავს სიჩქარის მასშტაბს, ვიღებთ ტალღების მაქსიმალურ ჰორიზონტალურ ორბიტალურ სიჩქარეს წყალსატევის ზედაპირზე ( $z=0$ ), რომელიც მიღებულია სრეტენსკის თეორიის მიხედვით შექმნილ დამოკიდებულებით [1]



$$V_{\text{ბაღ.}} = \frac{\sigma h^2}{16kH^2} \quad (6)$$

სადაც  $h$  ტალღების სიმაღლეა;  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  - ტალღური რიცხვი.

ამრიგად  $D$  კოეფიციენტისათვის ვიღებთ ტურბულენტური დიფუზიის ფენომენოლოგიური თეორიის ტრადიციული სახის დამოკიდებულებას

$$D = a \cdot H \cdot V_{\text{ბაღ.}}$$

აქ  $a = 0,0025$ .

თუ ჩავთვლით, რომ დიფუზიის კოეფიციენტის ცვლილება წრფივია ნაპირის მიმართულებით, მაშინ მისი აპროქსიმაცია ასეთი სახისაა  $D = D_0 x$ , სადაც

$$D_0 = \frac{\sigma h^2}{16kH^2} \quad (7)$$

ზემოთქმულის გათვალისწინებით (5) მიიღებს სახეს

$$\frac{\partial c}{\partial t} + (U - D_0) \frac{\partial c}{\partial x} + kc = 0 \quad (8)$$

საწყისი და სასაზღვრო პირობები შემდეგია:

$$\left. \begin{array}{l} \text{საწყისი პირობა} \quad C(x,0) = C_0 = \text{const, როცა } t=0; x > 0 \\ \text{სასაზღვრო პირობა} \quad C(0,t) = C_0 + C'_0 = \text{const, როცა } x=0; t > 0 \end{array} \right\} \quad (9)$$

მე(8) განტოლების ამოხსნა წარმოებს ოპერაციული აღრიცხვის მეთოდებით, კერძოდ ლაპლასის გარდაქმნით, რაც აიოლებს ამოხსნის პროცედურას:

გავამრავლოთ (8)  $e^{-pt}$ -ზე, სადაც  $p = m + in$  არის ლაპლასის გარდაქმნის კომპლექსური პარამეტრი და ვაინტეგრირებთ  $t$ -თი 0-დან  $\infty$ -მდე საზღვრებში. თუ გავითვალისწინებთ, რომ

$$\int_0^{\infty} e^{-pt} \frac{\partial c(x,t)}{\partial t} dt = e^{-pt} c(x,t) \Big|_{t=0}^{\infty} + p \int_0^{\infty} c(x,t) e^{-pt} dt = -c(x,0) + p\bar{c}(x,p)$$

ანუ

$$\frac{\partial c(x,t)}{\partial t} \leftarrow p\bar{c}(x,p) - c(x,0) \quad (10)$$

სადაც  $\bar{c}(x,p)$ -თი აღნიშნულია  $c(x,t)$  ორიგინალის გამოსახულება; განტოლება (8) გამოსახულებებში ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\frac{d\bar{c}(x,p)}{dx} + \frac{(p+k)}{A} \bar{c}(x,p) = \frac{c(x,0)}{A} \quad (11)$$

სადაც  $A = U - D$ .

გამოვიყენოთ ლაპლასის გარდაქმნა სასაზღვრო პირობისათვის

$$c(0,t) = c_0 + c'_0, \text{ როცა } x=0 \text{ გვექნება}$$

$$c(0,t) = c_0 + c'_0 \leftarrow \frac{c_0 + c'_0}{p} \quad (12)$$

მე(11)-ს ინტეგრება გვაძლევს

$$\ln[c_0 - (p+k)\bar{c}] = -\frac{p+k}{A}x + M \quad (13)$$

ინტეგრების მუდმივის  $M$ -ის დასადგენად გამოვიყენოთ სასაზღვრო პირობა, რომელსაც გამოსახულებებში აქვს სახე (12)

$$\bar{c}|_{x=0} = \frac{c_0 + c'_0}{p} \quad (14)$$

(14)-ის გათვალისწინებით მივიღებთ მე-(11) განტოლების ამონახსნს გამოსახულებებში

$$\frac{\bar{c}(p+k) - c_0}{\frac{c_0 + c'_0}{p}(p+k) - c_0} = e^{-\frac{p+k}{A}x} \quad (15)$$

მე-(15) ამონახსნი გამარტივების შემდგომ ჩაიწერება შემდეგნაირად

$$\bar{c} = \frac{c_0}{p+k} - \frac{mc_0 e^{-p\alpha}}{p+k} + (c_0 + c'_0)m \frac{e^{-p\alpha}}{p} \quad (16)$$

სადაც  $m = e^{-\alpha k}$  და  $\alpha = \frac{x}{A}$ ;

გამოსახულებების შექცევის ფორმულების გამოყენებით გვექნება

$$\frac{1}{p+k} \rightarrow e^{-kt} = e^{-k\frac{x}{v}}; \quad \frac{e^{-\alpha p}}{p} \rightarrow \begin{cases} 0 & \text{როცა } t < \alpha \\ 1 & \text{როცა } t > \alpha \end{cases}$$

$$\frac{e^{-\alpha p}}{p+k} \rightarrow \begin{cases} 0 & \text{როცა } t < \alpha \\ e^{-k(t-\alpha)} & \text{როცა } t > \alpha \end{cases} \quad \alpha > 0 \quad (17)$$

მინარევების გადატანის პროცესებისათვის, როგორც ეს გათვლებმა ცხადყო, მნიშვნელოვანია შემთხვევა, როდესაც  $t > \alpha = \frac{x}{U-D_0}$ . ამრიგად, (17)-ის გათვალისწინებით მინარევების კონვექციური და ტურბულენტური დიფუზიის მექანიზმებით გადატანის განტოლების (8)-ის ამონახსნი ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$c = c_0 e^{-kt} - c_0 e^{-\frac{kx}{U-D_0}} e^{-k\left(t - \frac{x}{U-D_0}\right)} + (c_0 + c'_0) e^{-\frac{kx}{U-D_0}} \quad (18)$$

### დასკვნა

ამრიგად მე-(18) ამონახსნით აიწერება არაკონსერვატიული და კონსერვატიული ( $k=0$ ) დამახინძურებელი მინარევების არასტაციონალური დინებებით გადატანის პროცესები მცირე სიღრმის მქონე წყალსატევებსა და საწყლოსნო სისტემებში, სადაც ძირითადი ძრავის ნაკადები ლამინარულია და ბრტყელპარალელური.

### ლიტერატურა

1. **Войнич-Сяноженцкий Т.Г.** Гидродинамика устьевых участков рек и взморий бесприливных морей. Л.: Гидрометеиздат, 1972.
2. Гидродинамика береговой зоны и эстуариев. Л.: Гидрометеиздат, 1972.
3. **Лурье А.И.** Операционное исчисление. М.-Л.-д.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1950.
4. **Сретенский Л.Н.** Теория волновых движений жидкости. М.: изд-во «Наука», 1977.

**РАСЧЕТ ТРАНСФОРМАЦИИ ПАВОДОЧНОЙ ВОЛНЫ НА РЕКЕ АРАЗ**

**Гасанова Н.И.**

E-mail: *naila.hasanova@mail.ru*

Бакинский Государственный Университет  
ул. Халилова, 23, Аз1148, Баку, Азербайджан

**ВВЕДЕНИЕ**

Прогнозирование стока на ближайшее будущее имеет большое значения для управления водными ресурсами и планирования защиты от паводков при проектировании различных гидротехнических сооружений. Экономике в первую очередь нужны прогнозы по более и менее крупным рекам. В бассейнах таких рек именно на стадии формирования паводка в русловой сети заложены самые большие возможности прогноза стока. С каждым годом становится все больше рек с нарушенным водным режимом. На реках с нарушенным режимом трудно предсказать сток, опираясь на эмпирические зависимости, полученные по материалам наблюдений за период с естественным режимом.

**ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

**Объект исследований и методика**

Методы, которые используются в практике прогнозов стока, в основном, те же, что и в гидрологических расчетах. Это - построение зависимостей между гидрологическими и метеорологическими элементами, способ единичного гидрографа, моделирование, расчет трансформации паводочной волны в речных руслах (распространение волн попусков, паводков и половодья) [1,2].

Для прогноза стока, главным образом, используются данные об объемах и распределении воды в русловой сети бассейна, а также данные о притоке воды в русловую сеть.

Краткосрочные прогнозы стока базируются на нескольких основных принципах, а именно: соответственных расходов, русловых запасов, кривой времени добегания.

При прогнозе движения паводков, анализе их формирования на водосборе, проектировании водохранилищ и использовании водных ресурсов на основе методов речной гидравлики ведутся расчеты неустановившегося движения воды в реках. Задачей расчета чаще всего является оценка трансформации паводочной волны при её движении по руслам речной системы и предсказание гидрографа стока. Для расчетов неустановившегося движения в реках разработано большое количество методов. Все их можно разделить условно на две группы [1, 2]:

- гидродинамические методы или так называемые «строгие» методы. Эти методы основаны на решении системы уравнений Сен-Венана (1848 г) – уравнения динамического равновесия и уравнения неразрывности;

- упрощенные, или «инженерные» методы, основанные на допущениях (обычно заменяющих уравнения динамического равновесия).

К числу наиболее известных упрощенных методов относятся:

- а) метод Маскингам;
- б) метод Калинина-Милюкова;
- в) метод кривых добегания;
- г) метод соответственных уровней и расходов.

В данной работе для расчета трансформации паводочной волны применен метод Маскингам.

Исходными данными являлись расходы воды на реке Араз во время прохождения паводков за различные годы (табл. 1).

Метод Максингам предложен Мак-Карти и впервые был применен на р. Максингам (США). Этот метод широко используется в службе гидрологических прогнозов США и ряда других стран [1, 3]. Он основан на определении скорости перемещения паводочной волны от одного створа к другому.

Таблица 1

Дата прохождения пиков максимальных расходов воды

Река-пункт	1963	1969	1976	1978	1987	1988	1991	1993
Кызыл-Банк	13.05	05.05	24.05	22.05	15.05	29.04	14.04	07.05
Саатлы	14.05	07.05	26.05	23.05	17.05	03.05	16.04	10.05
Время добегания	1	2	2	1	2	4	2	3

Сущность этого метода заключается в совместном решении уравнений водного баланса участка в конечных разностях:

$$\left(\frac{I_1 + I_2}{2}\right)\Delta t - \left(\frac{Q_1 + Q_2}{2}\right)\Delta t = \Delta V_{кон} - \Delta V_{нач}, \quad (1)$$

где:  $\Delta t$  - расчетный интервал времени;

1,2 – индексы, обозначающие начало и конец интервала времени на верхнем и нижнем створах (I, Q).

Изменение аккумуляции воды на участке реки за расчетный интервал времени имеет вид:

$$\Delta V = K [x(I_2 - I_1) + (1 - x)(Q_2 - Q_1)] \quad , \quad (2)$$

здесь: **K** – постоянная, представляющая отношение объема воды к ее среднему расходу на участке; **x** – весовой коэффициент, величина которого лежит в пределах  $0 < x < 0,5$ .

В результате объединения этих двух уравнений, получается:

$$Q_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 Q_1, \quad (3)$$

где **C** – параметр, отражающий влияние расходов  $Q_v$  и  $Q_n$  на объем  $\Delta V$ , причем  $C_0 + C_1 + C_2 = 1$ .

Для рассматриваемой методики характерным является допущение линейности водной поверхности между верхним и нижним створом. При практическом использовании метода значение коэффициента **K** принимается постоянным для данного участка и определяется эмпирическим путем. Параметр **K** близок по своему значению ко времени добеганию максимальных расходов воды от верхнего до нижнего створа участка. Величина **x** в среднем принимается равным 0,2.

Основной задачей при использовании метода является определение параметров **K** и **x**.

Выбор расчетного интервала времени  $\Delta t$  производится в зависимости от характера колебания притока воды на участке.

Время добегания максимальных расходов воды от верхнего створа до нижнего определено по разнице дат прохождения пика паводков и принято равным в среднем 2 суткам,  $\Delta t$  – 1 суткам.

Коэффициенты **C<sub>0</sub>**, **C<sub>1</sub>** и **C<sub>2</sub>** определены по следующим формулам:

$$C_0 = \frac{\Delta t - 2Kx}{2K(1 - x) + \Delta t} \quad (4)$$

$$C_1 = \frac{\Delta t + 2Kx}{2K(1 - x) + \Delta t} \quad (5)$$

$$C_2 = \frac{2K(1 - x) - \Delta t}{2K(1 - x) + \Delta t} \quad (6)$$

## РАСЧЕТ ТРАНСФОРМАЦИИ ПАВОДОЧНОЙ ВОЛНЫ НА РЕКЕ АРАЗ

и получены следующие значения  $C_0=0,0476$ ,  $C_1=0,428$  и  $C_2=0,524$ . Сумма этих коэффициентов равна единице.

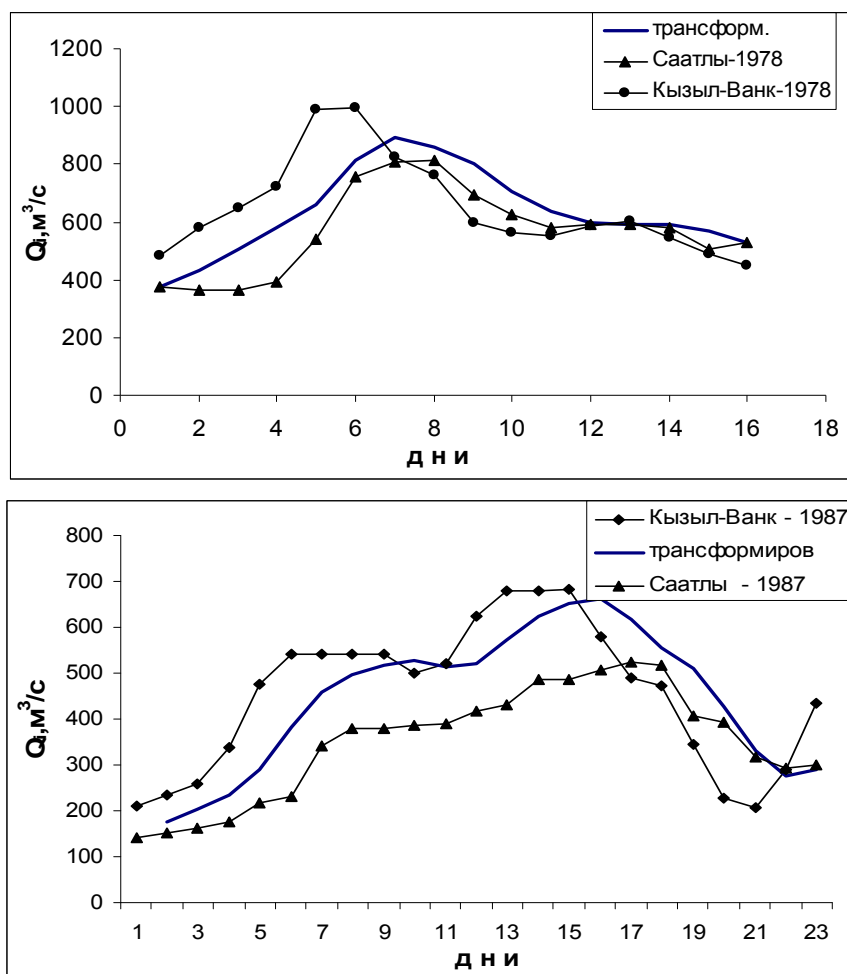


Рис. 1. Гидрографы наблюдаемого и трансформированного стока на р.Араз

### ВЫВОДЫ

Сравнение гидрографов притока  $I$  относительно гидрографов оттока  $Q$  показывает, что почти во всех случаях пик оттока меньше и запаздывает во времени по сравнению с пиком притока (рис.1). Это обстоятельство служит основной предпосылкой сооружения водохранилищ для защиты от паводков.

Средняя относительная ошибка определения расходов трансформированного стока по отношению к наблюдаемому для 1978 года составила 14%. Относительная ошибка его максимального расхода составила 9%. Для 1987 года средняя относительная ошибка определения расходов трансформированного стока составила приблизительно 25%, а максимального расхода пика паводка-18%. Пик паводочной волны в обоих случаях запаздывает на два дня.

### Литература

1. Висмен У.мл., Харбаф.Т.И., Кнепп Д.У. Введение в гидрологию. Л: Гидрометеиздат, 1979, 470 с.
2. Нежиховский Р.А. Русловая сеть бассейна и процесс формирования стока воды. Л.: Гидрометеиздат, 1971, 476 с.
3. David A. Chin. Water-resources Engineering (Second edition). Pearson Education International, USA, New Jersey, 2006, 962 p.

**ს ნ ო ტ ა ც ი ე ბ ი**

**წყალთა მეურნეობა**

**ბეტონის სამუშაოებისა და მუშა ნაკერების ორბანიზაციის  
მონოლითური ნაგებობების აბეზისას**

**გ. ატანესიანი, გ. გალსტიანი, ლ. ტოკმაჯიანი**

ერევნის არქიტექტურისა და მშენებლობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ქ. ერევანი, სომხეთის რესპუბლიკა

აღწერილია სამუშაოთა ორგანიზების ოთხი მეთოდი მონოლითური სამოქალაქო და ჰიდროტექნიკური ნაგებობების აგების დროს ფარიანი შეფიცვრის გამოყენებით. აღნიშნულია კომპლექსური მეთოდების ნაკლებობა და სამუშაოთა ორგანიზების განცალკევებული მეთოდის უპირატესობა, რომლის დროს ყოველ მონაზომზე აბეტონებენ გრძივ კედლებს, შემდეგ ყველა განივს. მუშა ნაკერების ორგანიზება კედლების სხვადასხვა გადაკვეთის შემთხვევაში შესაძლებელია მოხდეს სამი ხერხით: ტრაპეციული ჩადგმის, რკინაბეტონის ჩადგმის ან გადასაადგილებელი გვერდის მეშვეობით. ბოლო უნივერსალურია და კედლის ნებისმიერ ადგილზე შეიძლება იყოს გამოყენებული. ამის შედეგად იქმნება ნაკერის წახნაგი სოგმანებით და არმატურის გამონაშვებებით.

**საკვანძო სიტყვები:** მუშა ნაკერები, ტრაპეციული და რკინაბეტონის ჩადგმები, გადასაადგილებელი გვერდი, შეფიცვრა.

**მშენებლობა**

**ზღვრული დატვირთვების მეთოდის გამოყენება  
ღერძსიმეტრიული დატვირთვების შემთხვევაში**

**თ. ბაციკაძე, ნ. მურღულია, ჯ. ნიჟარაძე**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

ღერძსიმეტრიული დატვირთვების მოქმედებისას სხეულის დაძაბული მდგომარეობის აღწერისათვის გამოიყენება ზღვრულ დატვირთვათა მეთოდი. ზედა შეფასების თეორემის შესაბამისი ანალიზური გამოსახულებები ამ დროს საკმარისად რთული სახისაა, რაც ქმნის გარკვეულ სიძნელეებს ამოცანის გადაწყვეტისას. ნაშრომში წარმოდგენილია გადაწყვეტის შედარებით მარტივი გზა, დაფუძნებული დეფორმირების ანალიზსა და მის საფუძველზე შედგენილი სქემების გამოყენებაზე.

**საკვანძო სიტყვები:** პლასტიკური დეფორმაცია, ზედა შეფასების თეორემა, პლასტიკურობის პირობა, სინქარეთა ჰოდოგრაფი, ენერჯის დისიპაცია.

**გარემოს დაცვა**

**შავი ზღვის ეკოლოგიური პრობლემების შეფასება კომპიუტერული  
პროგრამებისა და მონაცემთა ბაზის გამოყენებით**

**ა. გავარდაშვილი**

გარემოს დაცვის ეკოცენტრი  
ქ. თბილისი, საქართველო

შავი ზღვის ეკოლოგიური პრობლემების შეფასების მიზნით განხილულია სავსე კვლევების სტატისტიკური რიგისა და კომპიუტერული თანამედროვე პროგრამების ერთობლივი

გამოყენების შედეგი. წარმოდგენილია თანამედროვე კომპიუტერული პროგრამების (MIKADO, NEMO, ODV და DIVA) მოკლე მიმოხილვა და მათი გამოყენების შესაძლებლობები.

**საკვანძო სიტყვები:** შავი ზღვა, ეკოლოგიური მდგომარეობა, კომპიუტერული პროგრამები.

გარემოს დაცვა

**ქალაქ ყვარლის მოსახლეობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით მდინარე დურუჯის კალაპოტში 2012 წლის მაისის თვეში განხორციელებული სავალე კვლევის შედეგები**

**გ. გავარდაშვილი**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,  
გარემოს დაცვის ეკოცენტრი  
ქ. თბილისი, საქართველო

მდინარე დურუჯის წყალშემკრებ აუზში 1982-2012 წწ. განხორციელებული სავალე-ექსპედიციური სამეცნიერო კვლევებისა და არსებული სამეცნიერო ლიტერატურის გამოყენებით შეფასებულია მდინარე დურუჯის თანამედროვე ეკოლოგიური მდგომარეობა მის აუზში მიმდინარე ეროზიული პროცესების ინტენსივობისა და ღვარცოფის ძირითადი ჰიდროლოგიური მახასიათებლების გათვალისწინებით.

ქალაქ ყვარლის მოსახლეობის ღვარცოფებისაგან უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით წარმოდგენილია მდ. დურუჯის ღვარცოფებისაგან დაცვის ღონისძიებათა კომპლექსური სქემა.

შეფასებულია ღვარცოფთან ბრძოლის მეთოდები ორგანიზაციულ-სამეურნეო ხასიათის ღონისძიებების მხედველობაში მიღებით. განხილულია წინადადებები მდინარე დურუჯის ღვარცოფული გამონატანის სახალხო მეურნეობაში შესაძლო გამოყენებისა (უტილიზაცია) შესაბამისი საორიენტაციო ხარჯთაღრიცხვის გათვალისწინებით.

**საკვანძო სიტყვები:** ღვარცოფი, წყალშემკრები აუზი, მდინარე დურუჯი, ეროზია, მოსახლეობის უსაფრთხოება.

მშენებლობა

**ცხრილით მოცემული მრავალცვლადიანი ფუნქციის ანალიზური სახით ჩაწერის და ექსპერიმენტის დაბეზმვისა და ჩატარების მათემატიკური მოდელების მეთოდი**

**ი. გორჯოლაძე <sup>1</sup>, ნ. გორჯოლაძე <sup>2</sup>, ხ. გორჯოლაძე <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
<sup>2</sup>) შპს “იუ-ჯი-თი”

ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში განხილულია შემდეგი საკითხები: ორცვლადიანი ფუნქციის რაციონალურ მაჩვენებლიანი ხარისხის შემცველი და კომბინირებული მათემატიკური მოდელები; მრავალცვლადიანი ფუნქციის არგუმენტების ერთცვლადიან ფუნქციათა ჯამისა და ნამრავლის სახის მათემატიკური მოდელები; ცხრილით მოცემული ორრანგიანი ოთხი ცვლადის ფუნქციის ანალიზური სახის დამდგენი ფორმულები; ორ- და სამფაქტორიანი ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და ჩატარების მათემატიკური მოდელების მეთოდი.

**საკვანძო სიტყვები:** ფუნქცია, მოდელი, ანალიზური სახე, კრიტერიუმი, რანგი, ექსპერიმენტი.

**წყალდიდობების ანთროპოგენური მიზეზები**

**ქ. დადიანი**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

მოყვანილია სულ უფრო გახშირებული წყალდიდობებისა და მიღებული ზარალის ამსახველი სტატისტიკური მონაცემები. განხილულია წყალდიდობებთან ბრძოლის მეთოდების დადებითი და უარყოფითი მხარეები. განხილულია ადამიანების სამეურნეო მოღვაწეობის ზემოქმედებით წყალდიდობების სიხშირისა და სიმძლავრის ზეგავლენა ზარალის გაზრდაზე. მოყვანილია საქართველოში წყალდიდობების მიზეზები. შემოთავაზებულია წყალდიდობებთან ბრძოლის არასაინჟინრო მიდგომები.

**საკვანძო სიტყვები:** წყალდიდობა, დამცავი ნაგებობა, საიმედოობა.

**ზღვის ტალღური ზემოქმედებისაგან საქართველოს შავიზღვისპირეთის ეკოლოგიური უსაფრთხოების რეკომენდაციები**

**რ. დიაკონიძე, გ. ჩახაია, ლ. წულუკიძე, ზ. ვარაზაშვილი,  
პ. სიჭინავა, ი. ხუბულავა, გ. ომსარაშვილი**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში მოცემულია შავი ზღვის საზღვრების ცვლილებების პრეისტორიული მიმოხილვა და შეფასებულია სანაპირო ზოლის ეკოლოგიური მდგომარეობა.

შეფასებულია მდინარეთა მიერ შავ ზღვაში შეტანილი მყარი ნატანის რაოდენობრივი სიდიდეები და დადგენილია მყარი ნატანის დეფიციტის ის რაოდენობა, რომლითაც შესაძლებელი იქნება სანაპირო ზოლის დაცვა აბრაზიული პროცესებისაგან.

წარმოდგენილია შავი ზღვის სანაპირო ზოლის აბრაზიული პროცესებისაგან დაცვის ღონისძიებები შესაბამისი დასკვნებითა და რეკომენდაციებით.

**საკვანძო სიტყვები:** აბრაზია, მყარი ნატანი, ეკოლოგიური პრობლემები.

**საიმელოზის თეორიის გამოყენება გეობრაზიულ კვლევებში  
(ეროზიული პროცესების შესწავლის მაგალითზე)**

**გ. დონნაძე<sup>1</sup>, ნ. ელიზბარაშვილი<sup>2</sup>, შ. კუპრეიშვილი<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

<sup>2</sup>) ივანე ჯავახიშვილის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში განხილულია ფერდობების რაციონალური გამოყენების საკითხი ნიადაგის ჩამორეცხვის გათვალისწინებით.

შემოთავაზებულია დამოკიდებულება ნიადაგის ჩამორეცხვის დასაშვები მნიშვნელობის განსაზღვრისათვის.

ფერდობების მდგრადობის შესაფასებლად გამოყენებულია ფრაგმენტები სამელოზის თეორიიდან. მოყვანილია კონკრეტული მაგალითი.

**საკვანძო სიტყვები:** ფერდობული მიწები, ნიადაგის ჩამორეცხვა, ჩამორეცხვის დასაშვები ფენა, მდგრადობა, საიმედოობა



**ნიადაგის ეროზიის კონტროლი ვეტივერის ვიწრო ზოლებით – ისრაელი საქართველოს პროექტის მიხედვით**

**ნ. დუდაი, გ. გავარდაშვილი, ც. მირცხულავა, მ. ბენ ჰური**

- 1) ნივე-იარის აგრარული კვლევის ცენტრი, ვოლკან ცენტრი, ისრაელი
- 2) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი, ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში ნიადაგის ეროზიის კონტროლის მიზნით შემოთავაზებულია საქართველოსა და ისრაელში განხორციელებული სამეცნიერო კვლევითი სამუშაოების შედეგები მცენარე ვეტივერია ზიზანიოდესის მაგალითზე, ვიწრო ზოლების გამოყენებით. ისრაელისა და საქართველოს კლიმატური და ნიადაგის პირობების გათვალისწინებით დადგენილია მცენარე ვეტივერია ზიზანიოდეს ზრდის დინამიკის საკითხები ნიადაგის ეროზიის შესაბამისი მახასიათებლების მხედველობაში მიღებით. შეფასებულია პროექტის განხორციელების დროს სამუშაო შეხვედრების, სტაჟირებისა და პროექტში მონაწილე მეცნიერ თანამშრომლების მივლინებებისა და მათ მიერ გამოქვეყნებული სამეცნიერო ნაშრომები. პროექტი განხორციელებულია ამერიკის ეროვნული მეცნიერებათა აკადემიის დაფინანსებით.

**საკვანძო სიტყვები:** ვეტივერი ზიზანიოდეს, ნიადაგის ეროზია, პროექტი.

**სამელიორაციო სამსახურატაციო ორგანიზაციების ეფექტური და მდგრადი უზენაესი და მდგრადი უზენაესი ორგანიზაციების საკითხები**

**მ. ვართანოვი**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში განხილულია სამელიორაციო საექსპლუატაციო ორგანიზაციების ეფექტური და მდგრადი ფუნქციონირების ძირითადი პირობები. გაკეთებულია დასკვნა: საექსპლუატაციო სამუშაოების დაფინანსების ორგანიზაციის არასრულყოფილი სისტემის შედეგად მრავალი სარწყავი სისტემა, მათ შორის ბოლო წლებში რეაბილიტირებული, ინგრევა, რაც იწვევს სარწყავი წყლის დიდ დანაკარგებსა და მოსარწყავი სავარგულების დაბალ პროდუქტიულობას; შექმნილი ტენდენციის გარდატეხის მიზნით აუცილებელია ფასიანი წყალსარგებლობის სისტემის სრულყოფა და განვითარება.

მოყვანილია მონაცემები საქართველოს ტიპური მელიორაციული (თვითღინების) სისტემის წლიური დანახარჯებისა და სარწყავ სისტემაზე საექსპლუატაციო სამუშაოების თვითღირებულების სტრუქტურის შესახებ.

**საკვანძო სიტყვები:** სარწყავი სისტემა, მდგრადი ფუნქციონირება, ფასიანი წყალსარგებლობა, ექსპლუატაცია, საექსპლუატაციო დანახარჯები.

**მთის წყალსაღინარის ბასწვივრივ ბმული ღვარცოფული ნაკადის ძირითადი პარამეტრების შეფასება**

**ვ. თევზაძე, ზ. ჭარბაძე, ნ. ნიბლაძე**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

ნატანებით ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოფული ნაკადებისათვის შემოთავაზებულია

თავისუფალი ზედაპირის მრუდის აგების მეთოდის მუდმივი ხარჯის დროს ბუნებრივი არაპრიზმატული კალაპოტის პირობებში.

**საკვანძო სიტყვები:** ღვარცოფი, ნაკადის ფორმირება, თანაბარი მოძრაობა, არათანაბარი მოძრაობა.

**დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები**

**თიხოვანი გრუნტების გაჯირჯვების პარამეტრების რეალური სიდიდის განსაზღვრის მეთოდობა**

**თ. თევზაძე, ი. ირემაშვილი, შ. ჭეიშვილი, ფ. ლორთქიფანიძე**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში წარმოდგენილია თიხოვანი გრუნტების გაჯირჯვების პარამეტრების რეალური სიდიდის ანგარიშის მეთოდობა, რომელიც არსებული სტანდარტებისაგან განსხვავებით ეფუძნება მინერალური ნაწილაკების ჩონჩხის დეფორმაციის გამოთვლებს.

**საკვანძო სიტყვები:** თიხოვანი გრუნტი, გაჯირჯვება, მინერალი მონტმორინოლიტი, კლასიფიკაცია.

**ჰიდროტექნიკური ნაგებობების საიმედოობა და რისკი**

**წყლის ხარისხის დინამიკა აღმოსავლეთ საქართველოს არიდული ზონის ხელოვნურ წყალსაცავებსა და მათ მიმდებარე ბიომეორბიურ ტერიტორიებზე**

**თ. თევზაძე, ი. იორდანიშვილი, დ. ფოცხვერია**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში განხილულია აღმოსავლეთ საქართველოს არიდული ზონაში განთავსებული წყალსაცავების მკვებავი, შეტბორილი და ფილტრაციული წყლების მინერალიზაციის ხარისხისა და მისი დინამიკის საკითხები ექსპლუატაციის პირობების გათვალისწინებით.

**საკვანძო სიტყვები:** წყალსაცავები, მინერალიზაცია, გეოგარემოზე ზემოქმედება.

**ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია**

**შირვანის მდინარეების ხეობების ანალიზი კალაპოტური პროცესების შესწავლის მიზნით**

**ფ. იმანოვი, ა. ნურიევი**

ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ქ. ბაქო, ზერბაიჯანი

ლიტერატურული მონაცემების საფუძველზე სტატიაში მოცემულია მდინარეების ხეობების ფორმებისა და მორფოლოგიური ელემენტების აღწერა შირვანის ძირითადი მდინარეების სიგრძის შესაბამისად. აგრეთვე წარმოდგენილია მდინარეების ხეობებისა და კალაპოტების შესწავლისას სავსე კვლევების შედეგები. მდინარეების ხეობების განივი პროფილები აგებულია მორფომეტრული გაზომვების მონაცემებით.

**საკვანძო სიტყვები:** კალაპოტური პროცესები, შირვანის მდინარეები, განივი პროფილი, ხეობა.

**დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები**

**შავი ზღვის სახიფათო მდგომარეობის რაოდენობრივი შეფასება**

**ი. იორდანიშვილი, კ. იორდანიშვილი, ე. ხოსროშვილი, ნ. კანდელაკი**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

საიმედოობის თეორიის ალბათობის მეთოდების გამოყენებით ჩატარებულია შავი ზღვის სახიფათო მდგომარეობის რაოდენობრივი შეფასება დატვირთვის სხვადასხვა სახეობთან დამოკიდებულებაში: მყარი ნატანის საერთო მოცულობა, ფოსფატები და ნიტრიტები.

**საკვანძო სიტყვები:** შავი ზღვა, დაბინძურება, ეკოლოგია.

**წყალთა მეურნეობა  
მშენებლობა**

**წყალმომარაგებისა და წყალარინების სისტემების აბეზის ტექნოლოგია  
მონოლითური რკინაბეტონისაგან**

**ი. ირემაშვილი <sup>1</sup>, ზ. ეზუგბაია <sup>2</sup>, გ. იოსებაშვილი <sup>2</sup>, ნ. მსხილაძე <sup>2</sup>, ლ. ჩალაძე <sup>2</sup>**

<sup>1</sup>) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

<sup>2</sup>) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ქ. თბილისი, საქართველო

თანამედროვე მშენებლობაში ჩვენი ქვეყნისათვის სერიოზული საკითხია წყალმომარაგებისა და წყალარინების სისტემებისა და ნაგებობების აგება, რათა ქვეყანაში გადაჭრილ იქნეს პრობლემები, რომლებიც დაკავშირებულია ასეთ მნიშვნელოვან საკითხებთან.

ნაშრომში განხილულია სხვადასხვა სახისა და დანიშნულების ტევადობების ნაგებობების აგების ტექნოლოგია მონოლითური ბეტონისაგან, წარმოდგენილია ყველა ის ძირითადი პროცესები, რომლებიც დაკავშირებულია ამ ნაგებობების აგებასთან.

**საკვანძო სიტყვები:** წყალმომარაგება, წყალარინება, ტევადობითი ნაგებობები, მონოლითური ბეტონი, ყალიბები.

**გარემოს დაცვა**

**ბენტონიტის მოდიფიკაციით მრავალმიზნობრივი ბრუნტამაშობის უზრუნველყოფის  
კომპოზიტის მიღების ტექნოლოგია**

**ლ. იტრიაშვილი, ს. კიკნაძე**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

განხილულია ბენტონიტის პოლიელექტროლიტებით მოდიფიკაციის ფიზიკურ-ქიმიური მექანიზმი, ბენტონიტის სუსპენზიებისა და პოლიელექტროლიტების ხსნარების ურთიერთმოქმედება, მათი ხარისხობრივი და რაოდენობრივი შემაღეწელობები.

მოყვანილია ახალი მრავალმიზნობრივი პოლომინერალური კომპოზიტის მიღების ტექნოლოგიური პირობები და მისი ძირითადი მახასიათებლები.

**საკვანძო სიტყვები:** ბენტონიტი, მოდიფიკაცია, კომპოზიტი, ნიადაგგრუნტები, თვისებები, მართვა.

**ნიადაგბრუნთვის თვისებების მართვა პოლიკომპლექსის გამოყენებით**

**ლ. იტრიაშვილი, ხ. კიკნაძე, ე. ხოსროშვილი, მ. შავლაყაძე, ქ. დადიანი**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

განხილულია პოლიკომპლექსის ნიადაგბრუნტებზე ზემოქმედების მექანიზმი და ამის შედეგად ძირითადი მახასიათებლების ცვლილებები. მოყვანილია პოლიკომპლექსის ხარისხობრივი და რაოდენობრივი დოზები, რომლებიც უზრუნველყოფს ნიადაგბრუნტების მახასიათებლების მიზნობრივ მართვას.

**საკვანძო სიტყვები:** პოლიკომპლექსი, ნიადაგბრუნტები, მახასიათებლები, მართვა, დოზები.

**დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები**

**შორ მანძილზე ენერჯის გადაცემა წყალბადის გამოყენებით**

**კ. კამკამიძე, ი. გაბრიჩიძე, ე. გვარამია**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

განხილულია წყალბადის ტექნოლოგიაზე გადასვლის პერსპექტივები. ნაჩვენებია, რომ ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტი სწორად უნდა იყოს გამოყენებული ელექტროენერგეტიკაში. აღნიშნულია, რომ ელექტროენერგეტიკული სისტემით ენერჯის გადაცემის დროს დანაკარგები ბევრად მეტია, ვიდრე ბუნებრივი აირის ან წყალბადის სისტემის გამოყენების დროს. აგრეთვე ნაჩვენებია აირის ქსელში ცვლილებების დროს მოქნილობის უპირატესობა ელექტრულ ქსელში ცვლილების განხორციელების შესაძლებლობასთან. მიწოდებული წყალბადის დაგროვება გაიგივდება ელექტროენერჯის აკუმულირებასა და წყალსაცავის არსებობასთან.

**საკვანძო სიტყვები:** ენერჯია, წყალბადი, დანაკარგები, ეკოლოგიურად სუფთა, აკუმულირება, მილსადენი.

**ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია**

**ხუდონის წყალსაცავში წყლის ხარისხისა და ევტროფიკაციული პროცესების პროგნოზირება**

**დ. კერესელიძე, ვ. ტრაპაძე, გ. ბრეგვაძე**

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

ხუდონის წყალსაცავის ჰიდროქიმიური რეჟიმის პროგნოზირებას დიდი მნიშვნელობა აქვს წყალსაცავის ეფექტური ფუნქციონირებისათვის. წყალსაცავის ჰიდროქიმიური რეჟიმის ცვალებადობა დაკავშირებულია მრავალ ფაქტორზე: ტემპერატურაზე, საზრდოობის წყაროებზე, აუზის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ თავისებურებებზე, სამეურნეო გამოყენებაზე და სხვ.

ხუდონის წყალსაცავის წყლის ხარისხის პროგნოზირებისათვის გამოყენებულ იქნა სეგმენტურ-შრეობრივი მეთოდი. ეს მოდელი დაფუძნებულია სისტემის მარტივ გეომეტრიულ წარმოსახვაზე. წყალსაცავის მთელი მოცულობა დაყოფილია სეგმენტებად, რომელიც ასევე დანაწევრებულია ჰორიზონტალურ შრეებად და თითოეული შრისათვის სათანადო მათემატიკური მოდელის გამოყენებით გაანგარიშებულია წყალში გახსნილი ჟანგბადის, ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნის, ნიტრატის, ნიტრიტის და ამონიუმის აზოტის, ფოსფატის, ასევე ძირითადი იონებისა და მინერალიზაციის რაოდენობრივი მახასიათებლები.

ზემოაღნიშნული მეთოდით მიღებული გაანგარიშება საშუალებას იძლევა შეიქმნას პროგნოზირების რეალურთან მიახლოებული მაქსიმალურად ეფექტური სურათი.

**საკვანძო სიტყვები:** წყლის ხარისხი, პროგნოზირება, ევტროპიკაცია.

**წყალთა მეურნეობა**

**პლასტიკური ენერჯის დისიპაცია და შთანთქმის კოეფიციენტი ჰიდროტექნიკური ბეტონის ციკლური ჩატვირთვა-განტვირთვის დროს**

**დ. კლეჭიანი**

ერევნის არქიტექტურისა და მშენებლობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ქ. ერევანი, სომხეთის რესპუბლიკა

მიღებულია დეფორმირების ანალიტიკური ფუნქციის განტოლებები (კავშირის „დაბვა-დეფორმაცია“) ციკლური ძალის გარეშე ზემოქმედების დროს დრეკად-პლასტიკური (დპ) გარემოს პროგრამით „ჩატვირთვა-განტვირთვა-ჩატვირთვა“... დპ მასალის ყოველი ციკლის „ჩატვირთვა-განტვირთვის“ დროს გამოდის გისტეპეზისის მარყუვი, რომლის ფართი გამოხატავს დაუბრუნებელი დახარჯული (დისიპირებული) პლასტიკური ენერჯის მოცულობას. მტკიცდება, რომ დისიპირებული ენერჯის სიდიდე მონოტონურად კლებულობს განმეორებითი ციკლების დროს, რაც ნიშნავს, რომ ამ დროს იზრდება დპ გარემოს დრეკადი თვისებები და შესაბამისად კლებულობს პლასტიკური ბუნება.

წარმოდგენილია ჩატვირთვისა და განტვირთვის დეფორმაციული მრუდების ანალიტიკური ფუნქციები, რაც გვაძლევს შესაძლებლობას განვსაზღვროთ გისტეპეზისული ელიფსების ფართობი, რაც გამოხატავს პლასტიკური ენერჯის მოცულობას ყოველი ციკლის დროს. როდესაც გვაქვს ჩატვირთვის და განტვირთვის მრუდების განტოლებები, შეგვიძლია განვსაზღვროთ შთანთქმის კოეფიციენტების სიდიდეები ყოველი ცალკე „ჩატვირთვა-განტვირთვის“ სრული ციკლისათვის. ყოველი ციკლისათვის შთანთქმის კოეფიციენტი გამოსახავს რეალიზებული დისიპირებული ენერჯის შეფარდებას საერთო დახარჯულ ენერჯიასთან. მტკიცდება, რომ  $\Psi_k$  დამოკიდებულია ციკლების რაოდენობასთან: ე.ი. მცირდება k-ს ზრდასთან ერთად, რადგან ამ დროს პროცესი მეტად და მეტად ლინეარიზდება. რაც უფრო დიდია დპ პროცესის არაწრფივობის ხარისხი, მით უფრო აქტიურად ხდება დეფორმაციული მრუდების ლინეარიზაცია ციკლების „ჩატვირთვა-განტვირთვის“ ზრდასთან ერთად. ეს აიხსნება იმით, რომ რაც უფრო დიდია შინაგანი ხახუნი, მით უფრო აქტიურია ენერჯის არაწრფივი შემდგენის დისიპაცია და დრეკადი შემდგენის პლასტიკურთან დამოკიდებულების ზრდა.

**საკვანძო სიტყვები:** დრეკად-პლასტიკური დეფორმაცია, ენერჯის დისიპაცია, შთანთქმის კოეფიციენტი, განმეორებითი ციკლური პროცესი, ძაბვის ფუნქცია, დეფორმაცია, რეოლოგიური მოდელირება.

**ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია**

**დახურული შემპრებების მუშაობის თავისებურებების დადგენა**

**შ. კუპრეიშვილი, პ. სიჭინავა, ლ. მაისაია, მ. კიკაბიძე, ზ. ლობჯანიძე**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში შემოთავაზებულია დახურული შემკრებების მუშაობის პრინციპი მათი ჩაწყობის ოპტიმალურ სიღრმეები; მძიმე ნიადაგებზე დახურული შემკრებების მუშაობის ანალიზისას ფილტრაციის თეორიაში ორშრიან გარემოში წყლის გადაადგილების მიახლოებითი საანგარიშო სქემის მიხედვით დადგენილია, რომ დახურულმა შემკრებებმა უნდა უზრუნველყოს გრავიტაციული წყლის გაყვანა როგორც სახნავ, ასევე სახნავქვეშა შრეებიდან, რის

საფუძველზეც მოცემულია სახნავე შრის გრავიტაციული წყლებისაგან გათავისუფლების საშუალო ინტენსივობისა და დახურულ შემკრებში სახნავქვეშა ფენიდან წყლის შესვლის ინტენსივობის საანგარიშო ფორმულები.

**საკვანძო სიტყვები:** დრენაჟი, ფილტრაციული ნაყარი, გრავიტაციული წყალი.

გარემოს დაცვა

**ზოგიერთი დაავადებასა და აზერბაიჯანის ქალაქების ატმოსფეროს დაბინძურების ხარისხს შორის ურთიერთკავშირის შესწავლა**

**შ. მამედოვა**

ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ქ. ბაქო, ზერბაიჯანი

სტატიაში მოყვანილია ატმოსფეროს დაბინძურების კომპლექსური კვლევების შედეგები და მათთან დაკავშირებული დაავადებები აზერბაიჯანში. დადგენილია კავშირი ატმოსფეროს დაბინძურებასა და დაავადებებს შორის ბაქოში, სუმგაიტში, განჯაში და აგებულია ამ ურთიერთკავშირის გრაფიკები.

**საკვანძო სიტყვები:** ატმოსფეროს დაბინძურება, დაავადებები, კომპლექსური გამოკვლევები.

წყალთა მეურნეობა

**ბუნებრივი მონოპოლიების არსებობის თეორიული წინაპირობები (წყლისა და ბაზის მარბალითზე)**

ა. მარკოსიანი, მ. მკრტუმიანი, ტ. მარტიროსიანი, ვ. არუტინიანი

ერევნის არქიტექტურისა და მშენებლობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ქ. ერევანი, სომხეთის რესპუბლიკა

ეკონომიკურ ლიტერატურაში ხშირად იხმარება ცნებების განსაზღვრა: კონკურენცია, მონოპოლია, მონოპოლისტური გაერთიანება, მათ შორის – ბუნებრივი მონოპოლია. უკანასკნელს ეკუთვნის, კერძოდ, მომსახურება გაზისა და წყლის მომარაგებაში. მონოპოლიების ამ სახეობისთვის დამახასიათებელია გაცილებით ბევრი პრობლემატიკა, კერძოდ, მოიცავს ყველაზე მნიშვნელოვან ეკონომიკის სექტორებს და მათ მონაწილეობას მონოპოლისტური გარემოს ფორმირებაში, ამ დროს ბუნებრივი მონოპოლია თხოულობს უდიდეს სახელმწიფო რეგულირებას და არის ყველაზე ნაკლებ გამოკვლეული დარგი. სტატიაში წარმოდგენილია მონოპოლიების არსებობის თეორიული წინაპირობები, მათი წარმოქმნა, პრივილეგიები და დანიშნულება.

სახელმწიფო კონტროლის დაწესება სომხეთში ანტიკონკურენტული პოლიტიკის მოსაპოვების სფეროში დაიწყო ფაქტობრივად ნულიდან, რადგან ახლო წარსულში ეკონომიკით მართვა ხორციელდებოდა ადმინისტრაციულ-ბრძანებითი წესით, რომელიც თავისუფალი ეკონომიკური კონკურენციის განვითარებას აფერხებდა. გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ მიღწევები ეკონომიკურ რეფორმებში (განსაკუთრებით გარდამავალ ეკონომიკაში) ბევრად დამოკიდებულია სახელმწიფო სისტემაზე, რომელიც აწონასწორებს მონოპოლისტურ პროცესებს და არეგულირებს კონკურენტულ დამოკიდებულებებს. ამ სფეროში აუცილებელია ღონისძიებების კომპლექსის დამუშავება, რომლებიც მიმართულია მონოპოლიების საქმიანობის შეზღუდვაზე, ანტიკონკურენტული შეთანხმებების მოსაპოვებაზე, აგრეთვე კონკურენტული გარემოს ფორმირებისათვის პირობების შექმნაზე.

**საკვანძო სიტყვები:** ბუნებრივი მონოპოლია, კონკურენცია, წყალმომარაგება.

**არარატის ვაკის ეკოლოგიური პრობლემების შესახებ**

**ნ. მელიქიანი, ტ. მარტიროსიანი**

ერევნის არქიტექტურისა და მშენებლობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ქ. ერევანი, სომხეთის რესპუბლიკა

სამუშაო მიძღვნილია არარატის ვაკის ეკოლოგიურ და მელიორაციულ პრობლემებზე, ერთ-ერთ ზემოხსენებულ პრობლემაზე – მიწისქვეშა წყლების მაღალ დონეზე. მიწისქვეშა წყლების დონის დაკლების მიზნით არარატის ვაკეზე მოწყობილია დახურული და ღია ტიპის ჰორიზონტალური დრენები საერთო ფართობით 20.5 ათ. ჰა. თუ ჰორიზონტალური დრენები მეტნაკლებად აშრობს მიწებს, დახურული ჰორიზონტალური დრენების მუშაობა – 90%-ით პარალიზებულია. ამის მთავარი მიზეზია დიდი შენატბორის შექმნა, რადგან წყალსაწვეი სატუმბი სადგურები არ ფუნქციონირებს. ჩვენ ვთვლით, რომ უფრო სწორი იქნებოდა ჰორიზონტალური დრენების დამშრობი თვისებების გამოყოფა შეტბორვის გათვალისწინების გარეშე. ამისათვის შემოთავაზებულია დრენების დაშრობის ინტენსივობის ორი ტიპის განსაზღვრა: ფაქტიურის – ბუნებრივი დაკვირვებების მონაცემების მიხედვით და საანგარიშო – პროექტის მონაცემების მიხედვით. საპროექტო-საძიებო სამუშაოებში დაშვებული შეცდომების გამოვლინებისათვის ჩვენ გამოვიყენეთ მათემატიკური მოდელების მეთოდი.

**საკვანძო სიტყვები:** ღია და დახურული ჰორიზონტალური დრენები, მიწისქვეშა წყლები, დაშრობა.

**გარემოს დაცვა**

**ნატანებით ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოვის არათანაბარი მოძრაობა არაპრიმატულ კალაპოტში**

**ო. ნათიშვილი, ვ. თევზაძე, ზ. ჭარბაძე**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

შემოთავაზებულია ნატანებით მაღალკონცენტრირებული მუდმივი ხარჯის მქონე ბმული ღვარცოფული ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის მრუდის აგების მეთოდიკა ბუნებრივი არაპრიმატული კალაპოტებისათვის.

**ძირითადი ტერმინები:** ჰიპერკონცენტრაცია, ნატანები, ღვარცოფი, არაპრიმატული კალაპოტი.

**ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია**

**ფერღოზზე ეროზიის დამცავი არხისმჭრელის თეორიული კვლევა**

**ვ. სამხარაძე <sup>1</sup>, თ. ჯანელიძე <sup>2</sup>**

<sup>1</sup>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

<sup>2</sup>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ქ. თბილისი, საქართველო

განხილულია საგორავი არხისმჭრელის სრიალისა და გორვის თეორიული კვლევის საკითხები, ცნობილი მეცნიერების: ვ. ი. გორიაჩინისა და ვ. ა. ჟელიგოვსკის მგორავი დისკის პარამეტრების შერჩევის თეორიული საფუძვლები, წარმოდგენილია ახალი არხისმჭრელის ჭრისა და ტკეპნის პრინციპები, მოცემულია სრიალის კოეფიციენტები და ოპტიმალური პარამეტრების განმსაზღვრელი ფორმულა.

**საკვანძო სიტყვები:** საგორი არხისმჭრელი, ინტენსიური წვიმა, ფერდობი, ეროზია, გორვა, სრიალი, ჭრა, ტკეპნა.

**წყალთა მეურნეობა**

**ჰიდრაავლიკური დარტყმის მილსადენში წრფივად ცვალებადი დინამიკით  
სიგრძის მიხედვით გაანგარიშება**

**ტ. სარუსანიანი**

ასს „აკადემიკოს ი. ვ. ეგიაზაროვის სახელობის წყლის პრობლემებისა და  
ჰიდროტექნიკის ინსტიტუტი“  
ერევანი, სომხეთის რესპუბლიკა

დაწვევიან მილსადენებში ხშირად ხვდება მონაკვეთები, სადაც მათი დიამეტრი იცვლება წრფივად, სიგრძის მიხედვით. სამუშაოების რეჟიმის ცვლილებების მიხედვით სითხის მოძრაობა ამ მილსადენებში ხშირად არის დაუმყარებელი. უმრავლეს შემთხვევაში, დაუმყარებელი პროცესი გამოწვეულია სითხის სინქარის ცვლილებით. ამ შემთხვევაში აქვს ადგილი ჰიდრაავლიკურ დარტყმას, რომლის დროს იცვლება (აწვევა და დაწვევა) წნევა. ამიტომ აუცილებელია ჰიდრაავლიკური დარტყმის მილში წრფივად ცვალებადი დიამეტრით სიგრძის მიხედვით ამოცანის თეორიული განზოგადოება. ჰიდრაავლიკური დარტყმის შესწავლა ამ მილსადენებში გამოწვეულია პრაქტიკული აუცილებლობით. საინჟინრო გაანგარიშებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს წნევის აწვევის და დარტყმითი ტალღის გავრცელების სინქარის სიდიდების განსაზღვრას ჰიდრაავლიკური დარტყმის დროს. სტატიაში განხილულია დარტყმითი ტალღის გავრცელების სინქარის განსაზღვრის მეთოდი წნევის აწვევის ენერჯის შენახვის კანონის მიხედვით. მიღებულია დარტყმითი ტალღის გავრცელების სინქარისა და წნევის აწვევის სიდიდების საანგარიშო ფორმულები, რაც აუცილებელია მსგავსი სისტემების დაპროექტების დროს.

**საკვანძო სიტყვები:** მილსადენი, ჰიდრაავლიკური დარტყმა, სინქარე, წნევის აწვევა.

**მშენებლობა**

**ეკონომიკის მართვის თანამედროვე პრობლემები**

**კ. სოსხაძე**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

როგორც ცივილიზებული ქვეყნების განვითარების პრაქტიკამ გვიჩვენა მოსახლეობის ცხოვრების დონე და მისი კეთილდღეობა დამოკიდებულია არა იმდენად ბუნებრივი რესურსებით ქვეყნის სიმდიდრეზე, არამედ უპირატესად ქვეყნის ხელისუფლების ნებაზე ეფექტურად მართოს ქვეყანაში მიმდინარე პროცესები და გააცნობიეროს მართვის პროცესებისადმი სისტემური მიდგომის არსი და მისი გამოყენების აუცილებლობა. ბოლო ათი წლის განმავლობაში, საქართველოში სახელმწიფოსა და ეროვნული მეურნეობის მართვის მთავარი ნაკლია მართვის პროცესებისადმი სისტემური მიდგომის უარყოფა და იმის აუღიარებლობა, რომ არ არსებობს სახელმწიფოს ნება ქვეყნის სოციალური და ეკონომიკური კრიზისის დასაძლევად. ჩვენ თავს ვიწონებთ გატარებული ეკონომიკური რეფორმებით და ხმას არ ვიღებთ იმასთან დაკავშირებით თუ როგორ შეეხო ეს რეფორმები ქვეყნის განვითარების ისეთ მაჩვენებლებს, როგორცაა მოსახლეობის დასაქმება, მცირე და საშუალო ბიზნესის განვითარება, რეალური სოციალური დაცვის სისტემის შექმნა და ა.შ. ეს ის მაჩვენებლებია რომლებიც ნაკლებად ექვემდებარება ციფრებითა და სტატისტიკური მაჩვენებლებით მანიპულირებას და რეალურად ასახავს საზოგადოების განვითარების დონეს.

**საკვანძო სიტყვები:** ეკონომიკა, ბუნებრივი რესურსები, ეფექტური მართვა.



**სამრეწველო ნარჩენების როლი გარემოს დაბინძურებაში**

**თ. სუპატაშვილი, ლ. მაისაია, ო. ოქრიაშვილი**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში განხილულია გარემოს დაბინძურების ერთ-ერთი მძლავრი წყარო – მრეწველობა. განსაკუთრებით საყურადღებოა დაკონსერვებული სამრეწველო ნარჩენები, რომლებიც არ კონტროლდება და მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგებსა და ზედაპირულ წყლებზე.

**საკვანძო სიტყვები:** დაბინძურება, სამრეწველო ნარჩენები, ზედაპირული წყლები.

**გამონატანის დაჭერის სისტემა წყალგადამღობ ნაგებობებში**

**ვ. ტოკმაჯიანი, ვ. ათანესიანი**

ერევნის არქიტექტურისა და მშენებლობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ქ. ერევანი, სომხეთის რესპუბლიკა

შეთავაზებულია გამონატანის დაჭერის სისტემა წყალგადამღობ ნაგებობებში არსებულის ნაცვლად ბადური კონტეინერის გამოყენებით, რომელშიც გროვდება სხვადასხვა ხარისხის გამონატანი. კონტეინერები ამძრავთან გადადის წყალგადამღობის განაპირა მონაკვეთზე, განიტვირთება, იწმინდება, ბრუნდება და თავსდება წყალგადამღობ ნაგებობებში. დადგმულია ორი კონტეინერი. ერთ-ერთს იღებენ წყალგადამღობიდან და იგზავნიან განტვირთვაზე, მეორე იდგმება იგივე ადგილას და პირიქით.

დაპროექტებულია სისტემის სამი ვარიანტი. შედარებითი ანალიზის შესრულების მიზნით მითითებულია მათი უპირატესობა და ნაკლი, ასეთი მოწყობილობების სარგებლიანობა დამტკიცებულია პატენტებით. დაგეგმილია საცდელი გამოკვლევების ჩატარება და დანერგვა.

**საკვანძო სიტყვები:** გამონატანი, კონტეინერი, წყალგადამღობი ნაგებობა, ხელსაწყოები.

**სამეურნეო პირობების გავლენა მორწყვის სისტემაზე**

**ე. ფაშაევი**

„აზწყალპროექტის“ ინსტიტუტი  
ქ. ბაქო, აზერბაიჯანი

სტატიაში განხილულია წყალსამეურნეო ღონისძიებებისა და დაპროექტების მეთოდების საკითხები – სარწყავი ტერიტორიების დარაიონება ანალიზის საფუძველზე.

**საკვანძო სიტყვები:** მორწყვა, ლანდშაფტი, სარწყავი სისტემები, ირიგაცია.

**წყალსამეურნეო ობიექტების მდგრადი და უსაფრთხო ფუნქციონირების პირობების გამომკვლევა ენტროპიის გამოყენებით**

**ლ. ფურცელაძე**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

მოცემულია სისტემის ენტროპიის განმარტება და მისი თვისებები, რომლებიც ამართლებს მის არჩევას განუსაზღვრელობის ხარისხის მახასიათებლად.

მოყვანილია წყალსამეურნეო ობიექტების მდგრადი და უსაფრთხო უწყვეტი სიმრავლის მქონე სისტემების ენტროპია და ინფორმაცია.

დამტკიცებულია რომ, წყალსამეურნეო ობიექტების სასრულო სიმრავლის მქონე სისტემის ენტროპია აღწევს მაქსიმუმს, როცა ყველა მდგომარეობა თანაბრად აღბათურია.

ენტროპია წარმოდგენილია მათემატიკური ლოდინის სახით.

განსაზღვრულია ენტროპია რთული სისტემისათვის, რომელიც მიღებულია ორი ან უფრო მეტი მარტივ სისტემათა გაერთიანებით. განხილულია მაგალითი.

**საკვანძო სიტყვები:** - წყალსამეურნეო ობიექტი, პროგნოზირება, ენტროპია, ორობითი სისტემა, ექსტრემუმი, მათემატიკური ლოდინი, აღბათობა, ენტროპიათა შეკრების თეორემები, განუსაზღვრელობა.

**მშენებლობა**

**მდგრადი ინტერიერის დიზაინი –  
რობოტც ეკოლოგიური მდგრადობის შენარჩუნების ფაქტორი**

**ნათია ქონლაძე**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მ. კოსტავას ქ. 68, 0175, ქ. თბილისი, საქართველო

მდგრადი განვითარება – ეს არის საპასუხო რეაქცია მსოფლიო ეკოლოგიურ კრიზისზე, წარმოების საშიშ ზრდაზე და მოსახლეობის კოლოსალურ მატებაზე – ყოველივე ამას საბოლოოდ ბუნებრივი რესურსების გაჩანაგებამდე მიყვავართ და სრულყოფილ ეკოსისტემებს გამოუსწორებელ ზიანს აყენებს.

მდგრადი განვითარების საფუძვლები დიზაინის ბევრ სფეროში გამოიყენება, მათ შორის ინტერიერის დიზაინში.

გარემოზე პასუხისმგებელი ინტერიერის დიზაინი ცდილობს გარემოსადმი მდგრადი და იქ მცხოვრებთათვის ჯანმრთელი შიდა სივრცე შექმნას, ანუ შენობის გარემოზე უარყოფითი ზეგავლენის მაქსიმალურად შემცირებასთან ერთად დიზაინერმა ფიზიოლოგიურად და ფსიქოლოგიურად ჯანმრთელი საცხოვრებელი გარემო უნდა შექმნას. ამას კი შიდა სივრცეში სუფთა ჰაერის, მასალების და დღის განათების არსებობა უზრუნველყოფს.

მდგრადი ინტერიერის დიზაინს ადამიანისა და ბუნების ურთიერთობა ჰარმონიაში მოჰყავს და ეკოლოგიური მდგრადობის შენარჩუნების აუცილებელი ფაქტორია.

**საკვანძო სიტყვები:** მდგრადი განვითარება, მდგრადი ინტერიერის დიზაინი, „მწვანე დიზაინი“.

**ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია**

**კოლხეთის დაბლობის ჭარბტენიან მიწებზე სასოფლო-სამეურნეო  
სავარგებლების სტრუქტურის სრულყოფის გზები**

**გ. შურღაია, ი. ზაქაიძე, ლ. კეკელიშვილი**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში წარმოდგენილია ინფორმაცია სასოფლო-სამეურნეო კომპლექსის მდგომარეობაზე კოლხეთის დაბლობის დაშრობილ მიწებზე. ცალმხრივმა სპეციალიზაციამ სუბტროპიკული კულტურების წარმოებაზე ხელი ვერ შეუწყო სოფლის მეურნეობის ჰარმონიულ განვითარებას.

მსოფლიოში მარცვლეულზე მოთხოვნილებისა და შესაბამისად ფასების გაზრდის გათვალისწინებით, აგრეთვე მოსახლეობის ძირითადი საკვები პროდუქტების უზრუნველყოფის

მიზნით შემოთავაზებულია სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების სტრუქტურის შეცვლა დაბლობის ცენტრალურ ნაწილში. მარცვლეული და საკვები კულტურების ქვეშ ფართობების ზრდა მრავალწლიანი ნარგავების ხარჯზე, მოითხოვს ერთწლიანი მცენარეებისათვის გათვალისწინებული დაშრობის ხერხების გამოყენებას კოლხეთის ამ ნაწილის მიმე, გაჯირჯვებადი ნიადაგების გათვალისწინებით.

სსენებული ხერხებია - "კვალის" ან კომბინირებული დრენაჟის მოწყობა პლანტაჟის ფონზე.

**საკვანძო სიტყვები:** ერთწლიანი მცენარეები, მრავალწლიანი ნარგავები, დაშრობა, პლანტაჟი, "კვალი".

გარემოს დაცვა

**ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგო ბეონალიჩა "ნესფილე"-ს და "ნესბეო"-ს ლაბორატორიული კვლევა**

**გ. ჩახაია, შ. ბოსიკაშვილი, ზ. ვარაზაშვილი, რ. დიაკონიძე, ი. ხუბულავა, ლ. წულუკიძე, თ. სუპატაშვილი, მ. შაველაყაძე, ფ. ლორთქიფანიძე, გ. ომსარაშვილი**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგო ეფექტური და რესურსმზოგი ღონისძიებების შემუშავების მიზნით ჩვენ მიერ განხორციელდა ლაბორატორიული კვლევები 0.5 მ<sup>2</sup> ფართობის გეოხალიჩა "ნესფილე"-ზე (შედგება ბამბის 2 შრისაგან) და 0.5 მ<sup>2</sup> ფართობის გეოხალიჩა "ნესბეო"-ზე (შედგება ბამბის და მარლის შრისაგან), რომელთა შრეებს შორის მოთავსებული იყო მცენარე კონდარის თესვები.

ლაბორატორიული კვლევები ტარდებოდა 5.05.2012-დან 23.05.2012-მდე, რომლის დროსაც გამოიკვეთა გეოხალიჩა "ნესფილე"-ს შედარებით ნაკლები ეფექტურობა, რადგან მასზე ამოსული მცენარეების სიხშირე არადამაკმაყოფილებელია, ხოლო გეოხალიჩა "ნესბეო"-ზე ამოსული მცენარე კონდარის ამონაყარის რაოდენობა და სიმაღლის დინამიკა დამაკმაყოფილებელია (მცენარეული საფარით დაფარულია გეოხალიჩის 90 %), რაც იძლევა საფუძველს მასზე განხორციელდეს სავლე კვლევები, ბუნებრივ პირობებში, ეროზიის საწინააღმდეგო ეფექტურობის დადგენისათვის.

**საკვანძო სიტყვები:** ეროზია, გეოხალიჩა, ღვარცოფი, მეწყერი, წყალდიდობა.

მშენებლობა

**ოქროს კვეთი და მშენებლობა**

**რ. ცხვედაძე, გ. ყიფიანი, დ. ტაბატაძე**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში განხილულია გადახურვის სამკუთხა წამწის გაანგარიშების საკითხი. წამწის ღეროებში აღძრული ძალვათა სიდიდეები დ კუთხის ფუნქციებს წარმოადგენს, რომელთა ანალიზიდანაც დგინდება, რომ ძალვათა განაწილების რაციონალური სურათი წარმოიქმნება მაშინ, როცა D კვანძი ემთხვევა ოქროს კვეთის წერტილს.

**საკვანძო სიტყვები:** „ოქროს კვეთი“, წინაღობის მომენტი, სიმტკიცე.

**ჰიდროტექნიკური ნაგებობების საინჟინერო და რისკი  
ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის მარშრუტული ნავთობსადენის  
ავარიულ შემთხვევაში მდინარეებზე ცხრაწყაროსა და  
კუმისკაზე დამცავი საბუბრების მუშაობის ჰიდრაავლიკური  
გაანგარიშების ექსპერტიზის შედეგები**

**გ. ყირმელაშვილი**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში განხილულია ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის ნავთობსადენის ავარიულ შემთხვევებში მდინარეებზე ცხრაწყაროსა და კუმისკაზე ნავთობის შემაკავებელი სისტემა – მეორადი შემაკავებელი ობიექტების საკეტებთან წარმოქმნილი მორევეების ჰიდრაავლიკური გაანგარიშებები. დადგენილია პირობები, რომლის დროსაც დამცავი საბუბრის ზედაპირიდან სითხე საკეტებში არ გაიწოვება.

**საკვანძო სიტყვები:** ნავთობსადენი, დამცავი საბუბრები, მორევეების ინტენსივობა, კრიტიკული წნევები, დამყარებული რეჟიმი.

**მშენებლობა**

**დაზიანებული ღრეპადი ბარსული ტიპის კონსტრუქციების აღდგენა დისკრეტულად  
მიერთებული წიბოებით**

**გ. ყიფიანი, გ. ახალაია, ვ. ბერიძე, გ. გეგენავა**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

დამუშავებულია წიბოვანი გარსების გაანგარიშების მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა ერთნირი სიზუსტით განისაზღვროს ძაღვები და მომენტები როგორც კონტინუალურ არეში, აგრეთვე წიბოების სიხლოვეს.

**საკვანძო სიტყვები:** წიბო; გარსი; კონსტრუქცია; ერთეულოვანი ფუნქციები.

**ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია**

**ფილტრაციის თავისებურებანი ნიაღაზ-გრუნტებში**

**ი. ყრუაშვილი <sup>1</sup>, ე. კუხალაშვილი <sup>1</sup>, ი. ინაშვილი <sup>1</sup>, კ. ბზიავა <sup>2</sup>, გ. ნატროშვილი <sup>1</sup>**

<sup>1</sup> საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი

<sup>2</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

ბუნებრივ-გეოტექნიკურ პირობებში გამავალ წყალგამტარ არხებში ფილტრაციული მახასიათებლების განსაზღვრის თეორიული მოღეღები იზოტროპული წყალჟონვადი გარემოსათვის გამოიყენება, რაც ზღუდავს მისი გამოყენების არეს. რადგან ფილტრაციული ფაქტორი ლოკალური აგროსისტემების წყლის ბალანსის ფორმირებაში პერმანენტულად მონაწილე აქტიური კომპონენტია, იგი საფუძვლად უღეღვს სარწყავი ნორმის დაღეღენას.

ფილტრაციის თავისებურებებიდან გამომდინარე, ნიაღაზ-გრუნტის ფოროვან სისტემებში წყლის მოძრაობასთან დაკავშირებული საკითხები უამრავ ურთიერთმართვად ფაქტორთა ფუნქციას წარმოადღეღენს. ნაშრომში შემოთავაზებული მოღეღელის საფუძეღვლზე რეალური გრუნტისათვის მიღებულია ფილტრაციის სიჩქარის, ფილტრაციის კოეფიციენტის, წყალგამტარობისა და ფორიანობის საანგარიშო დამოკიდებულიღები.

**საკვანძო სიტყვები:** ფილტრაცია, სარწყავი ნორმა, ირიგაცია, მცენარის წყალმოთხოვნიღება, ბუნებრივი კალაპოტი.

**ნიადაგ-ბრუნტში წყლის ფილტრაციის ანომალიებთან დაკავშირებული  
საკითხების შესწავლა**

ი. ყრუაშვილი <sup>1</sup>, ე. კუხალაშვილი <sup>1</sup>, ი. ინაშვილი <sup>1</sup>, კ. ბზიავა <sup>2</sup>, გ. ნატროშვილი <sup>1</sup>

<sup>1</sup> საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი

<sup>2</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

დისპერსიულ-ჰიდრაულიკური ფოროვანი სისტემით წარმოდგენილ ნიადაგ-ბრუნტის ტანში მიგრირებული წყალი სპეციფიკურ თვისებებს იძენს და შესაბამისად, რთულდება წყლის ფილტრაციის მახასიათებლის დადგენა. ნიადაგ-ბრუნტი, რომელიც მრავალკომპონენტური გარემოს წარმოადგენს, სხვადასხვა მიკრო- და მაკრო- ზომის ნაწილაკებისგან შედგება და მასში მიგრირებული წყალი სხვადასხვა თვისებებს იძენს. გამომდინარე აქედან, შემოთავაზებული მოდელის საფუძველზე დადგენილია აქტიური და პასიური ფორიანობის ცვლილების დიაპაზონები და ოპტიმალური მნიშვნელობები, რომელთა გათვალისწინებით წყლის ფილტრაციის პროცესში გამოყვანილია ფილტრაციის სიჩქარის, საწყისი გრადიენტისა და მორწყვის ნორმის საანგარიშო დამოკიდებულებები.

**საკვანძო სიტყვები:** ფილტრაცია, ნიადაგის ფორიანობა, საწყისი გრადიენტი, მორწყვის ნორმა.

**ჰიდროტექნიკური ნაგებობების საიმედოობა და რისკი**

**დამაბინძურებელი მინარეჟების არასტაციონარული გადატანის  
პროცესები გაუფრინარ საწყლოსნო სისტემებში**

ე. ხატიაშვილი, ლ. ლოღელიანი, ნ. კავთუაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ქ. თბილისი, საქართველო

განიხილება არაკონსერვატიული და კონსერვატიული დამაბინძურებელი მინარეჟების არასტაციონარული დინებებით გადატანის პროცესები მცირე სიღრმის მქონე საწყლოსნო სისტემებში, სადაც ძირითადი მოძრაობის ნაკადები ლამინარული და ბრტყელპარალელურია.

ამასთან ტურბულენტური დიფუზიის კოეფიციენტის ცვლილებას განაპირობებს წყალსატევის ზედაპირზე ზედდებული მცირე ამპლიტუდის ტალღური მოძრაობა.

**საკვანძო სიტყვები:** მდინარე, დამბინძურება, ტურბულენტობა, ტალღური მოძრაობა.

**ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია**

**წყალმოვარდნის ტალღის ტრანსფორმაციის გაანგარიშება მდინარე არაზზე**

ნ. ჰასანოვა

ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ქ. ბაქო, ზერბაიჯანი

ნაშრომში შესრულებულია წყალმოვარდნის ტალღის ტრანსფორმაციის გაანგარიშება მდინარე არაზზე. ამისათვის გამოყენებულია მაკსინგამის მეთოდი. დადგენილია, რომ მორბენის დრო კიზილ-ვანქის ზედა სადგურიდან საათლიმდე დაახლოებით ტოლია ორი დღე-ღამის. განსაზღვრულია ტრანსფორმირებული ჩამონადენის ხარჯების საშუალო შეფარდებითი ცდომილება დაკვირვებულთან შეფარდებით.

**საკვანძო სიტყვები:** წყალმოვარდნის ტალღა, ტრანსფორმაცია, ჩამონადენი.

---

---

## ABSTRACTS

Water management

### ORGANIZATION OF CONCRETE AND CONNECTED LINES WORK IN MONOLITHIC CONSTRUCTIONS

V. Atanesyan, G. Galstyan, L. Tokmajyan

Yerevan State University of Architecture and Construction,  
Yerevan, Armenia

Here are represented the methods of organization of works in monolithic civil and hidrotechnical constructions with templates. Here there are also pointed disadvantages of separate methods of work organization, which means that in every step it is just used concreting all walls: horizontal and perpendicular. This problem could be solved in three ways: use stretched sheets, iron concrete sheets, as well as moving boards. The last one is considered to be replaced in almost every part of the walls.

**Keywords:** working seams, trapetsive and ferro-concrete inserts, replaced board, timbering

Construction

### USE OF A METHOD OF LIMITING LOADS IN A CASE AXISYMMETRIC LOADING

T. Batsikadze, N. Murgulija, J. Nizharadze

Georgian Technical University,  
Tbilisi, Georgia

The equations for definition value of relation  $\frac{F}{K}$  are received, relying on the formulated two scheme of deformations, where  $\bar{p}$  - intensity of the distributed loading coming on a stamp;  $K$  - the force of shift which has arisen in a billet. In the equations, except the fixed geometrical parameter  $n$ , as variables enter an indicator of proportions  $m$  of sliding of cargo on width  $b$  of a billet and a sliding corner  $\theta$  of a cargo. For a preset value  $n$  such values  $m \approx 1 - \frac{1.22}{n}$  and  $\theta \approx 37.2^\circ$  are picked up for conditions of an extremum which define minimum value  $\frac{F}{K}$ .

**Key words:** plastic deformation, upper evaluation theory, condition of plastic, gear hodograph, energy desipasy.

Environmental protection

### THE ESTIMATION OF BLACK SEA ECOLOGICAL PROBLEMS BY USING COMPUTER PROGRAMS AND DATABASE

A. Gavardashvili

Ecocentre for environmental protection  
Tbilisi, Georgia

To estimate of ecological problems of Black Sea is considered result of statistical order of field researches and computer programs joint use. It is presented short description of computer programs (MIKADO, NEMO, ODV and DIVA) and possibilities of their use.

**Keywords:** Black Sea, ecological condition, computer programs.

**THE RESULTS OF FIELD RESEARCH IMPLEMENTED IN RIVER DURUJI BED IN ORDER TO PROVIDE SAFETY OF TOWN KVARELI POPULATION IN MAY 2012**

**G. Gavardashvili**

Water Management Institute of Georgian Technical University  
Ecocentre for environmental protection  
Tbilisi, Georgia

By use of field-expedition scientific researches implemented in river Duruji basin in 1982-2012 and existing scientific literature has been estimated modern ecological condition of river Duruji taking into account of intensively of erosion processes and mainly characteristic of debris flow running in the river Duruji basin.

It has been presented complex scheme of debris flow against measurements in order to provide safety of town Kvareli population.

It has been estimated methods of fighting to debris flow taking into account of organization-agricultural measurements. It has been reviewed sentences about probably use (utilization) of solid output of debris flow in farm taking into account of suitable orientation accounting.

**Key words:** debris flow, catchments basin, river Duruji, erosion, safety of population.

**METHOD OF MATHEMATICAL MODELS FOR DEFINITION OF ANALYTICAL FORM OF MULTIVARIABLE FUNCTIONS AND PLANNING AND CONDUCTING EXPERIMENTS**

**I. Gorjladze<sup>1</sup>, N. Gorjladze<sup>2</sup>, Kh. Gorjladze<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>) Georgian Technical University,  
2) LTD "UJT"  
Tbilisi, Georgia

Are considered the following issues: mathematical model of two variables function, defined by a table, containing power with a rational exponent, combined models, model two rank multivariable functions, testing criteria of multivariable functions mathematical models, as the sum of product of functions of one variable. In all the cases are revealed testing criteria and derive the appropriate formulas to define the analytical form of function. Is formulated a method of planning and carrying out two-and three-factor experiments, based on the definition of rank multivariable function.

**Key words:** function; model; analytical form; criterion; rank; experiment.

**THE ANTHROPOGENIC REASONS OF FLOOD**

**K. Dadiani**

Water Management Institute of Georgian Technical University  
Tbilisi, Georgia

Statistic data, connected with frequency of flood and its harmful influence is given here.

Exiting activities, their positive and negative sides are considered.

The influence of humans is shown here which contributes to increasing the number of floods, their intensity and detriment.

The purposes of flood origin in Georgia are given.

Non-engineering approaches to fighting against floods are proposed.

**Key words:** flood, protection construction, reliability.

**ECOLOGICAL SAFETY RECOMMENDATIONS OF GEORGIAN BLACK SEA  
COASTAL ZONE FROM IMPACT OF SEA WAVES\***

**R. Diakonidze, G. Chakhaia, L. Tsulukidze, Z. Varazashvili, P. Sichinava,  
I. Khubulava, G. Omsarashvili**

Water Management Institute of Georgian Technical University  
Tbilisi, Georgia

In the work is given review of pre-historical changes in border of Black sea and is estimated ecological condition of coastal zone.

It has been estimated quantities values of solid sediments brought by rivers in Black Sea and is established amounts of solid sediments deficits, which will be possible protection of coastal zone from abrasive processes.

It has been presented protection measurements of coastal zone from abrasive processes with suitable conclusions and recommendations.

**Key words:** abrasion, solid sediment, ecological problems.

**USE OF THEORY OF RELIABILITY IN GEOGRAPHICAL RESEARCHES  
(ON THE EXAMPLE OF STUDY EROSION PROCESSES)**

**G. Dokhnadze<sup>1</sup>, N. Elizbarashvili<sup>2</sup>, Sh. Kupreishvili<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Water Management Institute of Georgian Technical University

<sup>2</sup>Iv. Javakhishvili Tbilisi State University  
Tbilisi, Georgia

In the work are reviewed issues of efficient use of slopes taking into account soil wash off. It has been offered dependence for determine permissible value of soil wash off. For evaluation of slope stability is used fragments from theory of reliability. There is concrete example.

**Key words:** slope soils, soil cleanse itself, permissible level of soil cleanse itself, stability, reliability

**CONTROLLING SOIL EROSION BY NARROW STRIPS OF *VETIVERIA ZIZANIODES* –  
AN ISRAEL-GEORGIA PROJECT**

**N. Dudai<sup>1</sup>, G. Gavardashvili<sup>2</sup>, Ts. Mirtskhoulava<sup>2</sup>, M. Ben-Hur<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Newe Ya'ar Agricultural Research Center, the Volcani Center, ARO, Israel.

<sup>2</sup>Water Management Institute of Georgian Technical university, Georgia

In article to control of soil erosion presented results of scientific research works implemented in Israel and Georgia on the example of plant *Vetiveria zizanioides* by use narrow strips. It has been established issues of grown dynamic of plant *Vetiveria zizanioides* taking into account of climate and soil characteristic of Israel and Georgia, also suitable features of soil erosion. It has been estimated workshops, internships and business trips of scientific workers of project in Israel and Georgia and scientific works published by them. Project has been held by finance support of National Academy Science of USA.

**Key words:** “*vetiveria zizanioides*”, soil erosion, Project.



**FOR THE EFFECTIVE AND SUSTAINABLE OPERATION  
OF DRAINAGE MAINTENANCE ORGANIZATIONS**

**M. Vartanov**

Water Management Institute of Georgian Technical University  
Tbilisi, Georgia

The article describes the basic conditions for effective and sustainable functioning of drainage maintenance organizations. It is concluded that, due to imperfections in the system of financing maintenance work a significant number of irrigation systems, including those rehabilitated in recent years, are destroyed, resulting in a substantial loss of irrigation water, reducing the productivity of irrigated farmland. For the purpose of refraction creates a tendency to further improvement and development of water charges.

The data describing the annual costs and cost structure of the reclamation work typical of the irrigation system in Georgia.

**Key words:** irrigation system, sustainable operation, paid water use, operation and maintenance costs.

**Environmental protection**

**ESTIMATION PARAMETERS OF DEBRIS FLOW MOVING LENGTHWAYS  
OF MOUNTAIN RIVER BED**

**V. Tevzadze, Z. Charbadze, N. Nibladze**

Water Management Institute of Georgian Technical University  
Tbilisi, Georgia

Method formation of free survey curve for hyperconcentrated by the sediment debris flow at the constantly discharge lengthways of natural nonprismatic river beds is offered.

**Key words:** Debris flow, formation of stream, uniform motion, nonuniform motion.

**Earth science**

**METHOD FOR DETERMINING THE REAL VALUE OF THE PARAMETERS  
OF SWELLING CLAY SOILS**

**T. Tevzadze, I. Iremashvili, Sh. Cheishvili, P. Lordkipanidze**

Water Management Institute of Georgian Technical University  
Tbilisi, Georgia

The article presents a method of calculating the actual values of the parameters of swelling clay soils, which in contrast to the existing standards based on the calculation of the deformation of the mineral particles of the skeleton of the soil.

**Key words:** clay ground, swelling, mineral montmorinolit, classification.

**Safety and risk of hydraulic structures**

**THE DYNAMICS OF WATER QUALITY IN THE RESERVOIR AND THE SURROUNDING  
GEO-ECOLOGICAL AREAS LOCATED IN THE ARID ZONE OF EASTERN GEORGIA**

**T. Tevzadze, I. Iordanishvili, D. Potshveriya**

Water Management Institute of Georgian Technical University  
Tbilisi, Georgia

The paper deals with the quality and dynamics of salinity feed accumulated in the zone and filtrate reservoirs in arid zone of eastern Georgia with operational conditions.

**Key words:** water reservoirs, mineralization, impact of geo environment.

**ANALYSIS OF RIVER BEDS PROCESSES OF SHIRVAN RIVERS VALLEYS**

**F. Imanov, A. Nuriev**

Baku State University  
Baku, Azerbaijan

In this article was described shape of river valleys and morphological elements along the major Shirvan rivers according to literature dates and also presents the results of field researches. According to the morphometric measures designed cross sections of river valleys.

**Key words:** processes of river bed, Shirvan rivers, cross section, valley.

**QUANTITATIVE ASSESSMENT OF DANGEROUS CONDITION OF BLACK SEA**

**I. Iordanishvili, K. Iordanishvili, N. Kandelaki**

Water Management Institute of Georgian Technical University  
Tbilisi, Georgia

It has been conducted quantitative estimation of dangerous condition of Black Sea by use of methods of theory of reliability for various loads: the total volume of solid sediment, phosphate and nitrite.

**Key words:** Black Sea, pollution, ecology.

**TECHNOLOGY OF CONSTRUCTION OF WATER SUPPLY AND SEWERAGE SYSTEMS FROM  
MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE**

**I. Iremaşvili<sup>1</sup>, Z. Ezugbaya<sup>2</sup>, G. Iosebavili<sup>2</sup>, N. Mskhiladze<sup>2</sup>, L. Chaladze<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Water Management Institute of Georgian Technical University

<sup>2</sup> Technical University of Georgia

Tbilisi, Georgia

Construction of water supply and sewerage systems and facilities is a serious issue in modern construction business for our country in order to resolve the problems related to that important issue in our country.

The paper reviews the technology of constructing facilities of various type, purpose and capacity with monolithic iron concrete. All those main processes which are related to the construction of such facilities are discussed.

**Key words:** water supply, sewerage, capacity, monolithic iron concrete, forms.

**MODIFICATION OF BENTONITE GETTING MULTIPURPOSE  
SOIL IMPROVEMENT COMPOSITES TECHNOLOGY**

**I. Itriashvili, Kh. Kiknadze**

Water Management Institute of Georgian Technical University  
Tbilisi, Georgia

Consider bentonite's polyelectrolyte modification's physical-chemical mechanism, bentonite suspensions and polyelectrolyte's solutions interaction, their qualitative and quantitative component are ways of obtaining new multipurpose polymineral composite's getting technological terms and basic characters.

**Key words:** bentonite, modification, composite, soils, characteristics, management.

**SOIL NATURES RULED BY USE POLYCOMPLEX**

**I. Itriashvili, Kh. Kiknadze, E. Khosroshvili, M. Shavlakadze, K.Dadiani**

Water Management Institute of Georgian Technical University  
Tbilisi, Georgia

Consider polycomplex on soils influences mechanism and as a result basis characterizes alteration. Demonstration polycomplex qualitative and quantativedoses which quartered soils characters purpose management.

**Key words:** policomplex, soils, characters, ruled, doses.

**POWER TRANSMISSION ON A LONG DISTANCES USING HYDROGEN**

**K. Kamkamidze, I. Gabrichidze, E. Gvaramia**

Technical University of Georgia  
Tbilisi, Georgia

Here are discussed perspectives for the transition to hydrogen technology. There is shown that, ecologically clean products must be correctly used in the electro energetic. Is noted that, energy transfer losses, by using electro energetic system, is much more than with using natural gas and hydrogen systems. Also is shown advantage of flexibility at changes in the gas network in comparison with the electric network. Hydrogen accumulation is identified with the power accumulation and presence of water reservoirs.

**Key words:** energy, Hydrogen, losts, ecological clean, accumulation, pipeline.

**FORECASTING WATER QUALITY AND EUTROPHICATION PROCESSES  
IN KHUDON WATER RESERVOIR**

**D. Kereselidze, V. Trapaidze, G. Bregvadze**

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University  
Tbilisi, Georgia

Forecasting hydro-chemical regime of Khudon water reservoir is important for the efficient functioning of the water reservoir. Changes in the hydro-chemical regime of the water reservoir depend on many different factors, such as temperature, sources of feeding, physical and geographical peculiarities of the basin, its economic use, etc.

We used a segment-stratification method to forecast the water quality in Khudon water reservoir. This model is based on a simple geometric representation of a system. The whole volume of the water reservoir is divided into segments, which on their turn are divided into horizontal strata. The water-dissolved oxygen, biochemical consumption of oxygen, nitrate nitrogen, nitrite nitrogen, ammonium nitrogen, phosphate, as well as principal ions and quantitative properties of mineralization of each stratum are calculated by using the relevant mathematical model.

The calculation gained by the above-mentioned method gives a maximally efficient picture of forecasting as close to the real picture as possible.

**Key words:** water quality, forecasting, eutrophication

**THE DISSIPATION OF PLASTIC ENERGY AND COEFFICIENT OF ABSORPTION UNDER CYCLIC – LOADING ELASTO-PLASTIC MATERIAL**

**D. Klekchyan**

Yerevan State University of Architecture and Construction,  
Yerevan, Armenia

We obtain the equations of analytical functions of deformation (connection stress-strain) under cyclic externally power the impact on the program of loading-unloading-loading... elastic-plastic environment. At each cycle of loading-unloading pack material obtained loop hysteresis, the area of which express number of permanently consumed (dissipation) plastic energy. It is proved that the value of the dissipation energy in repeated cycles of a monotonically decreasing, which means the growth of elastic properties of pack environment, and the decline of plastic nature. Presents analytical functions unloading and loading the deformation curves, which gives the possibility to determine the area of hysteresis ellipses, which expresses the number of plastic energy at each cycle. Having equations of loading and unloading curves are determined by the values of the coefficients of acquisitions for each full cycle upload-load. For each cycle of the absorption coefficient is the ratio of sales dissipation energy to the sunk cost of total energy consumption. It is proved that depends on the number of cycles: i.e., decreases with increasing - as this process more and more linearized. The greater the degree of non-linearity up the process, the more is linearization curves of deformation with the increase in cycles of loading and unloading. This is explained by the fact that the more internal friction, the more active the dissipation of the non-linear component of the energy and the growth of the relations of elastic component to the plastic.

**Key words:** elastic-plastic deformation, energy dissipation, the coefficient of absorption, re - cyclical process, the function of stress, strain, reological modeling.

Hydraulic engineering and irrigation

**TO ESTABLISHMENT OF CHARACTERISTIC OF CLOSE COLLECTORS WORK**

**Sh. Kupreishvili, P. Sichinava, L. Maisaia, M. Kikabidze, Z. Lobjanidze**

Water Management Institute of Georgian Technical University  
Tbilisi, Georgia

In the article has been suggested the principle of close collectors work, optimal depth of their trenching; in the heavy soils, during of analysis of close collectors work, in the theory of filtration, according to calculation scheme of water movement in two layer environment has been established, that close collector have to provide water withdrawal as from arable lay so under arable lay, on the base of this has been given calculating formulas of average intensively of arable lay exemption from water and intensively of throw water in close collector from under arable lay.

**Key words:** Drainage, filtration bulk, gravitation water.

Environmental protection

**STUDYING OF RELATIONS BETWEEN SOME DISEASES AND ATMOSPHERIC POLLUTION DEGREE FOR CITIES OF AZERBAIJAN**

**Sh. Mammedova**

Baku State University,  
Baku, Azerbaijan

In this article, presenting the complex investigation on pollution of atmosphere and related diseases in Azerbaijan. It was determined the relations between pollution of atmosphere and diseases of Baku, Sumgayit and

## ABSTRACTS

---

Ganja cities and designed the graphs.

**Key words:** atmospheric pollution, diseases, complex researches.

**Water management**

### THEORETIC EXPLORATIONS OF CHARACTERISTICS OF NATURAL MONOPOLIES /ON GAS AND WATER EXAMPLES/

**A. Markosyan, M. Mkrtumyan, T. Martirosyan, V. Harutyunyan**

Yerevan State University of Architecture and Construction,  
Yerevan, Armenia

There is an understanding of competition in economic sphere, mono political structures, in that account natural monopolies such as gas and water supply are one of them. There are lot of problems existing for this types of monopolies, particularly there are lot of secrets inside, which mean that those monopolies demand mono political atmosphere as well as regulation from state structures and considered to be one of the more observed fields. Here in this article there are represented creative approaches to the existence of monopolies, how they occur, there promotions and directions.

Anticompetitive control policy establishment in Armenia, in fact started from the very zero steps as not in the far future there were existing only administrative divisions, which became obstacles on the way of free market developments. Practically it is shown that achievements in economic conversions, mostly in the time of changes, depends on political systems, also regulated mono politic relations and regulative competitive relations. In this case there is necessity to work on many activities to reduce the level of functioning of monopolies as well to create an atmosphere of competitively formulated possibilities.

**Key words:** natural monopoly, competition, water supply

**Water management**

### ABOUT PLAIN ARARAT'S ENVIRONMENTAL PROBLEMS

**N. Meliqyan, T. Martirosyan**

Yerevan State University of Architecture and Construction,  
Yerevan, Armenia

Work is devoted environmental and ameliorative problems of the Ararat plain, one of which reasons is high standing of level of ground waters. My aim is to show the decrease in level of ground waters on the Ararat plain in various years it is constructed on total area of 20.6 thousand hectares horizontal drains of the opened and closed type. If open horizontal drains of the Ararat plain more or less drain lands, work of the closed horizontal drains of the plain for 90 % is paralyzed. Here the main reason is arising big selection of water because water elevating pump stations don't work. We consider, it is more correct to allocate drying abilities of horizontal drains without creation of selection. It is for this purpose offered to define two types of intensity of drainage: actually, according to natural supervision; and settlement, according to the project. For identification of the allowed mistakes in design observation works we used a method of mathematical modeling.

**Keywords:** the open horizontal drain, the closed horizontal drain, ground waters, drainages.

**Environmental protection**

### NONUNIFORM MOTION OF HYPERCONCENTRATED DEBRIS FLOW IN NONPRISMATICAL RIVER BEDS

**O. Natishvili, V. Tevzadze, Z. Charbadze**

Water Management Institute of Georgian Technical University  
Tbilisi, Georgia

Formation curve of free surface of hyperconcentrated debris flow at their motion in natural nonprismatical

## ABSTRACTS

---

river beds at the constant discharge of stream is offered.

**Key words:** hyperconcentration, sediment, debris flow, nonprismatic, river bed.

**Hydraulic engineering and irrigation**

### THEORETICAL BASICS OF DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF RIBBED-ROLLING DITCHER

**V. Samkharadze, T. Janelidze**

Water Management Institute of Georgian Technical University  
Tbilisi, Georgia

There is given kinematics of roller. The contribution of the well-known researchers to the development of theoretical bases of swinging of wheel is considered. Laying of drainage channel by means of trenching machine of cone type is a new direction, as well as technology of digging by cutting and soil compaction. For stability of walls of channel it is necessary to select the correct parameters of working parts that is based on the theory of swinging and sliding. There are given the values of coefficient of sliding and calculation formulae of optimal parameters of working parts.

**Key words:** ribbed-rolling ditcher, intense rainfall, slope, erosion, rolling, skiing, cutting, compaction.

**Water management**

### ON CALCULATION OF HYDRAULIC HAMMER IN A PIPELINE OF LENGTHWISE LINEARLY CHANGEABLE DIAMETER

**T. Sarukhanyan**

Institute of Water Problems and Hydroengineering after Academician I.V. Eghiazarov  
Yerevan, Armenia

There are sections in a pressure pipeline where their diameter linearly varies along the length. Depending on an operation pattern change fluid flow in such pipelines frequently gains non-steady motion character. In most cases a non-steady process is caused by the fluid velocity change. In this particular case under study hydraulic hammer occurs accompanied by pressure change (pressure increase or pressure decline). Therefore it is necessary to theoretically generalize the problem of hydraulic shock in a pipe the diameter changes linearly along its length. Study of hydraulic hammer in such pipelines is presented by practical necessity. For engineering calculations determination of values of pressure increase and impact wave propagation velocity during hydraulic shock is of great importance.

This paper concerns the method of determination of impact wave propagation velocity and pressure rise based on energy conservation law. Calculation formulas to determine impact wave propagation velocity and pressure rise values have been deduced enabling accurate design of such systems.

**Key words:** pipeline, hydraulic hammer, velocity, pressure rise, propagation

**Construction**

### THE MODERN PROBLEMS OF ECONOMY MANAGEMENT

**K. Sokhadze**

Georgian Technical University,  
Tbilisi, Georgia

Development of civilized countries shown that the living standards of the population and its prosperity depends rather on the country's wealth with natural recourses but mostly on the government's will to effectively manage the current process and understand management processes for the essence of systematic approach. The

## ABSTRACTS

---

major weakness of state and national agriculture's management in Georgia, due to ten years, is no recognition and denial of system approach of management process; state that there is no will to overcome the country's social and economic crisis. We are proud of reforms in economics but don't mention how these reforms affected on employment, development of small and medium sized business or creation of social security system and etc. it is least possible to manipulate these indexes with numbers or statistical data and reflects the facts about actual development level of population.

**Key words:** economy, natural resources, effective management.

### Environmental protection

#### THE ROLE OF INDUSTRIAL WASTE IN THE POLLUTION OF ENVIRONMENT

**T. Supatashvili, L. Maisaia, O. Okriashvili**

Water Management Institute of Georgian Technical University  
Tbilisi, Georgia

In the article has been considered one powerful source of environmental pollution- Industry. Especially importances are canned industrial waste, which are without any control and has importance impact on the surface water and soil.

**Key words:** pollution, Industrial waste, surface water.

### Water management

#### CAPTURE SYSTEM MAKES IN THE WATER INTAKES

**V. Tokmajyan, V. Atanesyan**

Yerevan State University of Architecture and Construction,  
Yerevan, Armenia

Instead of currently existing devices, a system of offsets to capture water intakes using a grid container in which are accumulated to make different properties, containers with the actuator moves the coastal area of water intake, unloaded, cleaned, and placed back in the water intakes. Installed two containers of them are removed from the water intake and discharge is sent to the other set to the same place and vice versa.

In order to implement a comparative analysis designed three versions of the system. Here are their advantages and disadvantages. The usefulness of these devices is patented. It is expected to pilot studies and provide for implementation.

**Key words:** Relocation, container, water intake structure, devices.

### Hydraulic engineering and irrigation

#### THE INFLUENCE OF ECONOMIC CONDITIONS IN THE IRRIGATION SYSTEM

**E. Pashayev**

The Azerbaijan State Institute for Design of Water Resources  
Baku, Azerbaijan

In this paper based on the analysis discussed issues on how to design water management – zoning of the irrigated areas.

**Key words:** irrigation, landscape, irrigation systems.

**INVESTIGATION OF STABLE AND SAFE FUNCTIONING CONDITIONS OF WATER  
MANAGEMENT OBJECTS BY USING ENTROPY**

**L. Phurtseladze**

Water Management Institute of Georgian Technical University  
Tbilisi, Georgia

It has been given definition of system entropy and its properties, which justify it's choose as characteristic of uncertainly quality.

It has been brought entropy and information of stable and safe continuous systems of water management objects.

It has been approved, that entropy of systems having a finite number of water management objects reaches maximum, when every conditions are equal probabilistic.

Entropy is presented as mathematical waiting.

Entropy was determined for difficult systems, which are given by union of two or more simple systems.

The example is considered.

**Key words:** water management objects, forecasting, entropy, binary system, extremum, mathematical waiting, probabilistic, assembly theory of entropies, uncertainly.

**SUSTAINABLE INTERIOR DESIGN AS A FACTOR IN MAINTAINING  
ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY**

**N. Kochladze**

Georgian Technical University,  
Tbilisi, Georgia

Sustainable development is a response to the global environmental crisis, fearful development of industry and huge population growth - all of this ultimately leads to the depletion of natural resources and cause irreparable damage to a valuable ecosystem.

Sustainability is applicable in many areas of design, including an interior design.

Sustainable interior design creates ecologically sustainable and healthy inner space. While minimizing negative impact on the environment green designers create a physiologically and psychologically healthy living space. There are some basic factors which must be taken into account: the presence in the interior of fresh air, environmentally friendly materials and daylight.

Sustainable interior design harmonizes relations between human and nature and is a necessary factor in maintaining environmental sustainability.

**Key words:** sustainable development, management objects, sustainable interior design, green design.

**WAYS TO IMPROVE STRUCTURE OF AGRICULTURAL LANDS ON THE WETLAND SOILS OF  
COLCHIS LOWLAND**

**V. Shurgaia, I. Zaqaizze, L. Kekelishvili**

Water Management Institute of Georgian Technical University  
Tbilisi, Georgia

In the article is presented information about agricultural complex condition on the Colchis lowland drained lands. Unilateral specialization on the produced of subtropical crops do not conduce harmonious develop of agricultural.

Taking into account of demand of wheat and suitable increase of prices, also in order to provide population with mainly food products is proposed to change structure of agricultural lands in central part of lowland.



## ABSTRACTS

---

Increase of lands under wheat and food crops at the expense of perennials, it requires use of drainages ways for one year plants taking into account heavy soils in this part of Colchis.

Above mentioned ways are - „trace” or arrange of combined drainage on the background of plantage.

**Key words:** one year plants, perennial plants, drainage, plantage, „trace”

### Environmental Protection

#### THE LABORATORY RESEARCH OF SOIL EROSION AGAINST GEO MAT „NESFILE” AND „NESGEO”

**G. Chakhaia, Sh. Bosikashvili, Z. Varazashvili, R. Diakonidze, I. Khubulava, L. Tsulukidze, T. Supatashvili, M. Shavlakadze, F. Lortkifanidze, G. Omsarashvili**

Water Management Institute of Georgian Technical University  
Tbilisi, Georgia

In order to treatment soil erosion against effectively and resources saving measurement we implemented laboratory research on the 0.5 m<sup>2</sup> area lay geo mat „Nesfile”, which contain with 2 cotton lays and remain on the 0.5 m<sup>2</sup> area lay geo mat „Nesgeo”, which contain cotton and cheesecloth lays and between lays were plants seeds.

In laboratory experiment is running from 5.05.2010 to 23.05.2012 which shown less effectively of geo mat „Nesfile”, because frequency of grown plant is unsatisfactory and on the geo mat „Nesgeo” amount of plural shoots and grown dynamic of plant is satisfactory (there are covered with vegetation about 90 % of geo mat), that give basis of implementation research on it for establish its erosion against effectively in natural conditions.

**Key words:** Erosion, geo mat, debris-flow, landslide, flood.

### Construction

#### CALCULATION OF TRIANGULAR TRUSS BY GOLDEN SECTION METHOD

**R. Tsxvedadze, G. Kifiani, D. Tabatadze**

Georgian Technical University,  
Tbilisi, Georgia

In theme is discussed a triangular truss, on which a P force is applied and calculation results is given by a table for different locations of D node od DC strut: DC is a median of AB hypotenuse; (i.e. AD=Bd=0.5); DC is a bisectrix of <ABC, (i.e.  $\varphi=45^\circ$ ); DC is a rectangle of AB, (i.e.  $\varphi+\alpha=90^\circ$ ), D is in node of golden section (i.e.  $\text{tg}\varphi=1.618\text{tg}\alpha$ ), Results from the analysis have nuse by proportions of gold section.

Accordingly design of structures by use of “Gold Section” gives an optimal variant of stressed condition of structures.

**Key words:** „Gold crosses”, moment of resistance, tsamtse vibonachi order, strength.

### Safety and risk of hydraulic structures

#### THE RESULTS OF HYDRAULIC EXPERTISE CALCULATING OF PROTECTION SCOUR WORK ON THE RIVERS TSKHRATSKARO AND KUMISKA IN CASE OF EMERGENCY ON THE BAKU-TBILISI-JEIHANI PIPELINE

**G. Kirmelashvili**

Georgian Technical University,  
Tbilisi, Georgia

In the work are considered hydraulic calculations of creating of whirlpools at gates of secondary obstructing objects – oil protective system on rivers Tskratskaro and Kumiska accidents on Baku – Tbilisi Ceyhkan pipeline. Are defined conditions at that from surface of protective gathering pond liquid did not leak.

## ABSTRACTS

---

**Key words:** pipe-line, protective gathering pond, intensivity whirlpools, critical pressures, established regime.

**Construction**

### RESTORATION OF DAMAGED ELASTIC SHELL TYPE STRUCTURES WITH DISCRETE ATTACHED RIBS

**G. Kipiani, G. Akhalaia, V. Beridze, G. Gegenava**

Georgian Technical University,  
Tbilisi, Georgia

The calculation method of ribbed shells in conditions of non-linear deformation that gives the possibility to define with equal accuracy stresses and moments in continual area as well as in adjacent of ribs is developed.

**Keywords:** rib; shell; structure; unit function.

**Hydraulic engineering and irrigation**

### FEATURES OF SOIL SEEPAGE

**I. Kruashvili<sup>1</sup>, E. Kukhalashvili<sup>1</sup>, I. Inashvili<sup>1</sup>, K. Bziava<sup>2</sup>, G. Natroshvili<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Georgian Agrarian University,

<sup>2</sup> Water Management Institute of Georgian Technical University,  
Tbilisi, Georgia

In the water conductive channels, which are passing in natural geotechnical conditions, theoretical models of definition of seepage indicators are applied in the isotope water-permeable environment that constrain their application. In a kind of that the seepage factor is permanently participating active component in formation of water balance of local agricultural (agro) systems; it underlies definition of irrigation norm.

From the point of view of features of seepage, the questions connected with movement of water in porous systems of soil, are function of many interoperating factors. Hence, on the basis of the offered model, settlement dependences of seepage velocity, seepage factor, water conductivity and porosity for real soils are received.

**Key words:** Seepage, water mode, irrigation, crop water requirement, natural riverbed.

**Hydraulic engineering and irrigation**

### STUDY THE PROBLEMS CONNECTED WITH ANOMALIES OF WATER SEEPAGE IN SOILS

**I. Kruashvili<sup>1</sup>, E. Kukhalashvili<sup>1</sup>, I. Inashvili<sup>1</sup>, K. Bziava<sup>2</sup>, G. Natroshvili<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>) Georgian Agrarian University,

<sup>2</sup>) Water Management Institute of Georgian Technical University,  
Tbilisi, Georgia

In soils, presented by the dispersed-hydraulic porous system, the migrated water gets specific qualities; therefore, definition of characteristics of water seepage in soils becomes complicated. Soils, which represent the multicomponent environment, consist from different micro- and macro- particles and the water, accordingly, migrated in these particles, gets different qualities. Proceeding from the aforesaid, on the basis of the presented model, the range of change and optimum values of active and passive porosity have been defined. Taking into consideration water seepage, dependences of seepage velocity, initial gradient and irrigation mode are received.

**Key words:** Seepage, soil porosity, initial gradient, irrigation mode.

**POLLUTANT ADDITIVES NON STATIONERY TRANSFER PROCESSES IN WATER SYSTEMS**

**E. Khatiashvili, L. Gogeliani, N. Kavtuashvili**

Georgian Technical University,  
Tbilisi, Georgia

It has been reviewed process of non stationery feed move of non stationery and stationery pollutants additives in small depth water systems, where mainly motion flows are laminar and flat parallel.

In addition change of turbulent diffusion coefficient causes wave motion on the surface of reservoir with waybill small amplitude.

**Key words:** river, pollution, turbulent, wave motion.

**Hydraulic engineering and irrigation**

**THE CALCULATION OF TRANSFORMATION OF FLOOD WAVES ON THE RIVER ARAZ**

**N. Hasanova**

Baku State University,  
Baku, Azerbaijan

In the paper, the calculation of the transformation of flood waves on the river Araz. For this purpose, the method Maksingam. It is revealed that the time lag from the top of the alignment of the Kyzyl-Vank to Saatli approximately equals to 2 days. Determine the average relative error costs transformed runoff to the observations.

**Key words:** flood wave, transformation, runoff.

---

---

## АННОТАЦИИ

Водное хозяйство

### ОРГАНИЗАЦИЯ БЕТОННЫХ РАБОТ И РАБОЧИХ ШВОВ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Атанесян В.А., Галстян Г.Ш., Токмаджян Л.В.

Ереванский государственный университет архитектуры и строительства  
г. Ереван, Армения

Описаны четыре метода организации работ при возведении монолитных гражданских и гидротехнических сооружений с использованием щитовых опалубок. Отмечены недостатки комплексных методов и преимущество раздельного метода организации работ, при котором на каждой захватке бетонируют все продольные стены, а затем все поперечные. Возникший вопрос организации рабочих швов, в разных случаях пересечения стен, предлагается делить тремя способами: с помощью трапециевидной вставки, железобетонных вставок и переставного борта. Последний способ является универсальным и может быть применен в любых местах стен. В результате его применения образуется грань шва со шпонками и выпусками арматуры.

**Ключевые слова:** рабочие швы, трапециевидные и железобетонные вставки, переставной борт, опалубка.

Строительство

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПРЕДЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК В СЛУЧАЕ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ НАГРУЗОК

Бацикадзе Т.В., Мургулия Н.Н., Нижарадзе Дж.А.

Грузинский Технический Университет  
г. Тбилиси, Грузия

Получены уравнения для определения значений отношения  $\frac{F}{K}$ , опираясь на составленные две схемы деформирования заготовки, где  $F$  - интенсивность распределённой нагрузки, приходящей на штамп;  $K$  - возникшая в заготовке сила сдвига. В уравнениях, кроме фиксированного геометрического параметра  $n$ , в качестве переменных входят показатель пропорций  $m$  скольжения груза по ширине  $b$  заготовки и угол скольжения груза  $\theta$ . По условиям экстремума для заданного  $n$  подобраны такие значения  $m \approx 1 - \frac{122}{n}$  и  $\theta \approx 37.2^\circ$ , которые определяют минимальное значение  $\frac{F}{K}$ .

**Ключевые слова:** пластическая деформация, теорема верхней оценки, условие пластичности, гидрограф скорости, диссипация энергии.

Охрана окружающей среды

### ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ БАССЕЙНА ЧЕРНОГО МОРЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ И БАЗЫ ДАННЫХ

Гавардашвили А.Г.

Экоцентр охраны окружающей среды  
г. Тбилиси, Грузия

С целью оценки экологических проблем бассейна Черного моря рассмотрены статистические ряды данных, полученных во время полевых исследований совместно с использованием современных компьютерных программ. Представлен краткий обзор современных компьютерных программ (MIKADO, NEMO, ODV и DIVA), и возможности их использования.

**Ключевые слова:** Чёрное море, экологическое состояние, компьютерные программы.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОВЕДЕННЫХ В ГОРОДЕ КВАРЕЛИ, С  
ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МЕСТНОГО НАСЕЛЕНИЯ**

**Гавардашвили Г.В.**

Институт водного хозяйства Грузинского технического университета  
Экоцентр охраны окружающей среды  
г. Тбилиси, Грузия

В результате полево-экспедиционных работ, проведенных в водосборном бассейне реки Дуруджи в 1982-2012 годах, также принимая во внимание и используя имеющуюся научную литературу, было оценено современное экологическое состояние бассейна реки Дуруджи, интенсивность происходящих там эрозионных процессов с учетом основных гидрологических показателей селей.

Представлена комплексная схема мероприятий по защите от селей населения города Кварели.

Оценены методы борьбы с селевыми процессами, принимая во внимание организационно-хозяйственные мероприятия. Рассмотрены предложения по применению (утилизации) селевой массы выносимой рекой Дуруджи в народном хозяйстве с ориентировочным учетом финансовых затрат.

**Ключевые слова:** сель, водосборный бассейн, река Дуруджи, эрозия, безопасность населения.

Строительство

**МЕТОД МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ УСТАНОВЛЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОГО ВИДА  
МНОГОПЕРЕМЕННОЙ ФУНКЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА**

**Горджоладзе И. <sup>1</sup>, Горджоладзе Н. <sup>2</sup>, Горджоладзе Х. <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Грузинский Технический Университет

<sup>2</sup>ООО "УИТ"

г. Тбилиси, Грузия

Рассмотрены следующие вопросы: математические модели функции двух переменных, заданной таблицей, содержащие степень с рациональным показателем; комбинированные модели; модель двухранговой четырехпеременной функции; проверочные критерии математических моделей многопеременной функции, в виде суммы и произведения функций одной переменной. Во всех случаях выявлены проверочные критерии и выведены соответствующие формулы установления аналитического вида функции. Сформулирован метод планирования и проведения двух- и трехфакторного экспериментов, основанный на определении ранга многопеременной функции.

**Ключевые слова:** функция; модель; аналитический вид; критерий; ранг; эксперимент.

Охрана окружающей среды

**АНТРОПОГЕННЫЕ ПРИЧИНЫ НАВОДНЕНИЙ**

**Дадвани К.З.**

Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета  
г. Тбилиси, Грузия

Приводятся статистические данные по все более учащающимся наводнениям и связанного с этим ущербом. Рассматриваются существующие мероприятия, их положительные и отрицательные стороны.

Показано влияние хозяйственной деятельности человека, способствующее увеличению числа наводнений, их интенсивности и ущерба. Приводятся, причины возникновения наводнений в Грузии.

Предлагается неинженерные подходы борьбы с наводнениями.

**Ключевые слова:** наводнение, защитное сооружение, надёжность.

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕРНОМОРСКОГО  
ПОБЕРЕЖЬЯ ГРУЗИИ ОТ ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МОРЯ**

**Диаконидзе Р.В., Чахая Г.Г., Цулукидзе Л.Н., Варазашвили З.Н. Сичинава П.О., Хубулава И.В.**

Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета  
г. Тбилиси, Грузия

В работе представлен преисторический обзор изменения границ Черного моря и произведена оценка экологического состояния прибрежной полосы.

Произведена оценка количественных величин твердого стока, внесенного в Черное море реками и установлено то количество дефицита твердого стока, которое будет достаточно для защиты прибрежной полосы от абразивных процессов.

Представлены мероприятия по защите прибрежной полосы от абразивных процессов с соответствующими заключениями и рекомендациями.

**Ключевые слова:** абразия, твёрдый сток, экологические проблемы.

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ НАЕЖНОСТИ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ  
(НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ)**

**Дохнадзе Г. П., Элишбарашвили Н. К., Купреишвили Ш.З.**

Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета  
г. Тбилиси, Грузия

В статье рассматривается вопрос рационального использования склоновых земель с учетом прогнозирования смываемой почвы поверхностным стоком.

Предлагается зависимость для определения допустимого слоя смыва почвы со склонов.

Делается попытка использования фрагментов теории надежности для оценки устойчивости склонов.

Приводится пример расчета.

**Ключевые слова:** Склоновые земли, смыв почвы, допустимый слой смыва, устойчивость, надежность

**КОНТРОЛЬ ЗА ЭРОЗИЕЙ ПОЧВЫ С ПОМОЩЬЮ УЗКИХ НАСАЖДЕНИЙ ВЕТИВЕРИ ПО  
СОВМЕСТНОМУ ИЗРАИЛЕ – ГРУЗИНСКОМУ ПРОЕКТУ**

**Дудаи Н. <sup>1</sup>, Гавардашвили Г.В. <sup>2</sup>, Мирцхулава Ц. <sup>2</sup>, Бен Хури М. <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>) Исследовательский центр аграрных исследований Ниве-Иари, Израиль

<sup>2</sup>) Институт водного хозяйства Грузинский Технический Университет

С целью контроля эрозии почв в статье предложены совместные научные исследования, проведенные как в Грузии, так и в Израиле на примере растения Ветивери Зизаниодесис, засаживая ими узкие полосы территории. Учитывая климатические условия и состояние почв Грузии и Израиля установлена динамика роста растения ветивери в соответствии с динамикой эрозии почв. Оценены осуществленные во время проекта рабочие встречи, стажировки, командировки участников проекта, а также опубликованные ими научные труды. Проект осуществлен при финансовой поддержке Национальной Академии США.

**Ключевые слова:** Ветивери Зизаниодесис, эрозия почв, проект.

**К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОГО И УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
МЕЛИОРАТИВНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

**Варганов М.В.**

Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета  
г. Тбилиси, Грузия

В статье рассмотрены основные условия эффективного и устойчивого функционирования мелиоративных эксплуатационных организаций. Сделан вывод о том, что вследствие несовершенства системы финансирования эксплуатационных работ значительное число оросительных систем, в том числе реабилитированных в последние годы, разрушаются, приводя к существенным потерям оросительной воды, снижению продуктивности орошаемых сельскохозяйственных угодий. С целью преломления создавшейся тенденции необходимо дальнейшее совершенствование и развитие системы платного водопользования.

Приведены данные, характеризующие годовые расходы и структуру себестоимости мелиоративных работ типовой оросительной системы Грузии.

**Ключевые слова:** оросительная система, устойчивое функционирование, платное водопользование, эксплуатация, эксплуатационные расходы.

**Охрана окружающей среды**

**ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СЕЛЕВОГО ПОТОКА ПЕРЕДВИГАЮЩИЕСЯ  
ВДОЛЬ РУСЛА ГОРНОГО ВОДОТОКА**

**Тевзадзе В.И., Чарбадзе З.Д., Нибладзе Н.Ш.**

Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета  
г. Тбилиси, Грузия

Предлагается методика построения кривых свободной поверхности для гиперконцентрированных наносами (связных) селевых потоков при постоянном расходе вдоль пути в естественных непризматических руслах.

**Ключевые слова:** Сель, формирование потока, равномерное движение, неравномерное движение.

**Исследования по изучению Земли**

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ПАРАМЕТРОВ  
НАБУХАНИЯ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ**

**Тевзадзе Т.В., Иремашвили И.Р., Чеишвили Ш.Н., Лордкипанидзе П.Н.**

Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета  
г. Тбилиси, Грузия

В статье представлена методика расчета реальной величины параметров набухания глинистых грунтов, которая в отличие от существующих стандартов основана на расчете деформации минеральных частиц скелета грунта.

**Ключевые слова:** глинистый грунт, набухание, минерал монтморинолит, классификация.

---

**Надёжность и риск гидротехнических сооружений**  
**ДИНАМИКА КАЧЕСТВА ВОДЫ В ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ И НА**  
**ПРИЛЕГАЮЩИХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В АРИДНОЙ**  
**ЗОНЕ ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ**

**Тевзадзе Т.В., Иорданишвили И.К., Поцхверия Д.Ш.**

Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета  
г. Тбилиси, Грузия

В статье рассмотрены вопросы качества и динамики минерализации питающих, аккумулярованных и фильтрационных вод водохранилищ аридной зоны Восточной Грузии с учетом эксплуатационных условий.

**Ключевые слова:** водохранилища, минерализация, воздействие на геоэкологическую среду.

**Гидрология и метеорология**

**АНАЛИЗ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ДОЛИНАХ РЕК ШИРВАНА**

**Иманов Ф.А., Нурийев А.А.**

Бакинский Государственный Университет  
г. Баку, Азербайджан

В статье по литературным данным приводится описание форм речных долин и морфологических элементов по длине основных Ширванских рек. Представлены также результаты полевых исследований по изучению речных долин и русел. По данным морфометрических измерений построены поперечные профили речных долин.

**Ключевые слова:** русловые процессы, Ширванские реки, поперечный профиль, долина

**Исследования по изучению Земли**

**КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ОПАСНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОГО МОРЯ**

**Иорданишвили И.К., Иорданишвили К.Т., Хосрошвили Е.З., Канделаки Н.В.**

Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета  
г. Тбилиси, Грузия

С использованием вероятностных методов теории надежности проведена количественная оценка опасного состояния Черного моря в зависимости от различных видов нагрузки: общего объема наносов, фосфатов и нитритов.

**Ключевые слова:** Чёрное море, загрязнение, экология.

**Водное хозяйство**

**Строительство**

**ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВОДА ИЗ**  
**МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

**Иремашвили И.Р.<sup>1</sup>, Езугбая З.А.<sup>2</sup>, Иосебашвили Г.З.<sup>2</sup>, Мсхиладзе Н.Г.<sup>2</sup>, Чаладзе Л.Р.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета

<sup>2</sup> Грузинский Технический Университет

г. Тбилиси, Грузия

В современном строительстве для нашей страны, серьёзной задачей является возведение систем и сооружений, связанных с решением проблем по качественному водоснабжению и полноценному отводу



## А Н Н О Т А Ц И И

---

использованных вод.

В работе рассмотрены вопросы, касающиеся технологии возведения различных видов вышеуказанных сооружений из монолитного бетона, представлены все основные процессы и этапы, связанные возведением этих систем.

**Ключевые слова:** водоснабжение, водоотвод, ёмкостные сооружения, монолитный бетон, опалубки.

**Охрана окружающей среды**

### **ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ГРУНТОУЛУЧШАЮЩЕГО ПОЛИМИНЕРАЛЬНОГО КОМПОЗИТА МОДИФИКАЦИЕЙ БЕНТОНИТА**

**Итриашвили Л.А., Кикнадзе Х.Л.**

Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета  
г. Тбилиси, Грузия

Рассмотрен физико-химический механизм модификации бентонита полиэлектролитами, взаимодействие водной суспензии бентонита и водных растворов полиэлектролита, их количественные и качественные оптимальные составы.

Приведены технологические условия получения нового многоцелевого полиминерального композита и его основные характеристики.

**Ключевые слова:** бентонит, модификация, композит, почвогрунты, свойства, управление.

**Охрана окружающей среды**

### **УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВАМИ ПОЧВОГРУНТОВ ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИКОМПЛЕКСА**

**Итриашвили Л.А., Кикнадзе Х.Л., Хосрошвили Е.З., Шавлакадзе М.С., Дадвани К.З.**

Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета  
г. Тбилиси, Грузия

Рассмотрен механизм взаимодействия поликомплеса с почвогрунтами и изменение их характеристик. Приведены качественные и количественные дозы поликомплеса, обеспечивающие целевое управление характеристиками почвогрунтов.

**Ключевые слова:** поликомплес, почвогрунты, характеристики, управление, дозы.

**Исследования по изучению Земли**

### **ПЕРЕДАЧА ЭНЕРГИИ НА ДАЛЬНИЕ РАССТОЯНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОРОДА**

**К. Камкамидзе, Ю. Габричидзе, Э. Гварамя**

Грузинский Технический Университет  
г. Тбилиси, Грузия

Рассмотрены перспективы перехода на водородную технологию. Показано, что экологически чистый продукт должен быть правильно использован в электроэнергетике. Отмечено, что потери при передаче энергии с помощью электрических сетей во много раз превосходят потери при передаче природного газа или водорода. Показано также превосходство в гибкости при изменениях в газовой сети по сравнению с электросетью. Накопление водорода отождествляется с аккумулярованием электроэнергии и с наличием водохранилища.

**Ключевые слова:** энергия, водород, потери, экологически чистый, аккумулярование, трубопровод.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ И ЭВТРОФИКАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ХУДОНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ**

**Кереселидзе Д.Н., Трапаидзе В.З., Бреговдзе Г.**

Тбилисский государственный университет им. И.Джавахишвили  
г. Тбилиси, Грузия

Для эффективного функционирования Худонского водохранилища огромное значение имеет прогнозирование гидрохимического режима водохранилища. Изменчивость гидрохимического режима водохранилища зависит от многих факторов: таких как температура воздуха, физико-географические особенности бассейна, источников питания и т.д.

Для прогнозирования качества воды Худонского водохранилища применена сегментно-последовательная модель, которая основана на простом геометрическом воображении система. Полный объем водохранилища делится на отдельные сегменты, которые в свою очередь, разделены на отдельные слои. Для каждого горизонтального слоя с помощью дифференциального уравнения баланса рассчитан растворенный в воде кислород, биохимическая потребность кислорода, нитриты, нитраты, амониум азота, фосфаты, а так же все основные ионы и минерализация воды.

**Ключевые слова:** качество воды, прогнозирования, эвтрофикация.

**Водное хозяйство**

**ДИССИПАЦИЯ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И  
КОЭФФИЦИЕНТ ПОГЛАЩЕНИЯ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ  
ЗАГРУЖЕНИИ-РАЗГРУЖЕНИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО БЕТОНА**

**Клекчян Д. Г.**

Ереванский государственный университет архитектуры и строительства  
г. Ереван, Армения

Получены уравнения аналитических функций деформирования (связи напряжение-деформация:  $\sigma - \varepsilon$ ) при циклическом внешнесиловом воздействии по программе загрузка-разгрузка-загрузка... упругопластической (УП) среды. При каждом цикле загрузка-разгрузка УП материала получается петля гистерезиса, площадь которой выражает количество безвозвратно израсходованной (диссипированной) пластической энергии. Доказывается, что величина диссипированной энергии при повторных циклах монотонно убывает, что означает при этом рост упругих свойств УП среды и соответственно спад пластической природы. Представлены аналитические функции разгрузочных и загрузочных деформативных кривых, что дает возможность определить площадь гистерезисных эллипсов, что выражает количество пластической энергии при каждом цикле. Имея уравнения загрузочных и разгрузочных кривых, определяются величины коэффициентов поглощений для каждого отдельного полного цикла загрузения - разгрузения. Для каждого цикла  $k$  коэффициентом поглощения  $\psi_k$  выражает отношение реализованной диссипированной энергии к израсходованной общей энергии. Доказывается, что  $\psi_k$  зависит от количества циклов  $k$ : т. е. уменьшается с ростом  $k$  – поскольку при этом процесс все больше и больше линеаризуется. Чем больше степень нелинейности УП процесса, тем активнее происходит линеаризация кривых деформаций с увеличением циклов «загрузки-разгрузки». Это объясняется тем, что чем больше внутреннее трение, тем активнее диссипация нелинейной составляющей энергии и рост отношения упругой составляющей к пластической.

**Ключевые слова:** упругопластическое деформирование, диссипация энергии, коэффициент поглощения, повторно-циклический процесс, функция напряжения, деформация, реологическое моделирование.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ ЗАКРЫТЫХ КОЛЛЕКТОРОВ**

**Купрейшвили Ш.З., Сичинава П.О., Маисая Л.Д., Кикабидзе М.Н., Лобжанидзе З.К.**

Институт Водного Хозяйства  
Грузинского Технического Университета  
г. Тбилиси, Грузия

В статье предложен принцип работы коллекторов, оптимальные глубины их траншей. В тяжелых почвах, в ходе анализа работы коллекторов, в теории фильтрации в зависимости от схемы расчета движения воды в двухслойной среде было установлено, что коллектор должен обеспечить забор воды как из пахотного так из подпахотного слоя. На основе этого были даны расчетные формулы средней интенсивности освобождение от воды пахотных слоев и интенсивность броска воды в закрытые коллекторы из подпахотного слоя.

**Ключевые слова:** дренаж, фильтрационный сброс, гравитационная вода.

**ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ НЕКОТОРЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ И СТЕПЕНЬЮ  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В ГОРОДАХ АЗЕРБАЙДЖАНА**

**Мамедова Ш.И.**

Бакинский Государственный Университет  
г. Баку, Азербайджан

В статье приведены результаты комплексного исследования загрязнений атмосферы и связанные с ним заболевания в Азербайджане. Выявлена связь загрязнения атмосферы и болезни для городов Баку, Сумгайт, Гянджи и построены графики этих взаимосвязей.

**Ключевые слова:** загрязнение атмосферы, болезни, комплексные исследования.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ МОНОПОЛИЙ  
(НА ПРИМЕРЕ ВОДЫ И ГАЗА)**

**Маркосян А.Х., Мкртумян М.М., Мартиросян Т.С., Арутюнян В.Р.**

Ереванский государственный университет  
архитектуры и строительства  
г. Ереван, Армения

В экономической литературе используются различные определения понятия конкуренции, монополий, монополистических объединений, в том числе - естественных монополий. К последним относятся, в частности, услуги по обеспечению газо- и водоснабжения. Этому виду монополий присуще гораздо больше проблем, в частности они охватывают наиболее значимые секторы экономики и участвуют в формировании монополистической среды, в то же время естественные монополии требуют наибольшего государственного регулирования и являются одной из наименее исследованных областей. В статье представлены теоретические предпосылки существования монополий, их возникновение, привилегии и назначения.

В Армении установление государственного контроля в сфере пресечения антиконкурентной политики фактически началось с нуля, поскольку в недалеком прошлом управление экономикой осуществлялось административно-приказным способом, который препятствовал развитию свободной экономической конкуренции. Опыт показывает, что достижения в экономических преобразованиях

## АННОТАЦИИ

---

(особенно в переходных экономиках) в немалой степени зависят от государственной системы, уравнивающей монополистические процессы и регулирующие конкурентные отношения. В этой области необходимо разработать комплекс мероприятий, направленных на ограничение деятельности монополий, пресечение антиконкурентных соглашений, также создание условий для формирования конкурентной среды.

**Ключевые слова:** естественная монополия, конкуренция, водоснабжение.

Водное хозяйство

### ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ АРАРАТСКОЙ РАВНИНЫ

**Меликян Н., Мартиросян Т.**

Ереванский государственный университет архитектуры и строительства  
г. Ереван, Армения

Работа посвящена экологическим и мелиоративным проблемам Араратской равнины. Одна из причин вышеуказанных проблем - высокий уровень грунтовых вод. С целью снижения уровня грунтовых вод на Араратской равнине, общей площадью 20,6 тыс.га, построены горизонтальные дрены открытого и закрытого типа. Если открытые горизонтальные дрены Араратской равнины более или менее осушают земли, то работа закрытых горизонтальных дрен равнины на 90 % парализована. Главной причиной является возникновение большого подпора воды из-за того, что не работают водоподъемные насосные станции. Считаю, правильнее выделить осушительные способности горизонтальных дрен, без учета построения подпоров. Для этого предлагается определить два типа интенсивности осушения дрен: фактическую- по данным естественных наблюдений, и расчетную- по данным проекта. Для выявления допущенных ошибок в проектно-изыскательных работах, нами использован метод математического моделирования.

**Ключевые слова:** открытая горизонтальная дрена, закрытая горизонтальная дрена, грунтовые воды, осушение.

Охрана окружающей среды

### НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ГИПЕРКОНЦЕНТРИРОВАННОГО НАНОСАМИ ПОТОКА В НЕПРИЗМАТИЧЕСКИХ РУСЛАХ

**Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И., Чарбадзе З.Д.**

Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета  
г. Тбилиси, Грузия

Предлагается методика построения кривых свободной поверхности для гиперконцентрированных наносами (связных) селевых потоков при постоянном расходе вдоль пути в естественных непризматических руслах.

**Ключевые слова:** гиперконцентрированность, наносы, селевой поток, непризматическое русло.

Гидротехника и мелиорация

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕБРИСТО-КАТКОВОГО КАНАВОКОПАТЕЛЯ

**Самхарадзе В.И.<sup>1</sup>, Джанелидзе Т.Р.<sup>2</sup>**

<sup>1)</sup> Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета

<sup>2)</sup> Грузинский Технический Университет

г. Тбилиси, Грузия

Дана кинематика катка. Рассмотрен вклад известных исследователей в развитие теоретических основ качения колеса. Прокладка оросительных каналов с помощью канавокопателей конического типа

## АННОТАЦИИ

---

новое направление, технология каналокопания резанием и уплотнением – новая. Для устойчивости стен прокладываемого канала необходим правильный выбор параметров рабочих органов, что основано на теории качения и скольжения. В работе приводятся значения коэффициентов скольжения и расчётные формулы оптимальных параметров рабочих органов.

**Ключевые слова:** ребристо-катковой канавокопатель, интенсивные осадки, наклона, эрозии, прокат, катание на лыжах, резка, прессование.

Водное хозяйство

### К РАСЧЕТУ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА В ТРУБОПРОВОДЕ С ЛИНЕЙНО МЕНЯЮЩИМСЯ ДИАМЕТРОМ ПО ДЛИНЕ

Саруханян Т.А.

ЗАО "Институт водных проблем и гидротехники имени академика И. В. Егiazарова"  
г. Ереван, Республика Армения

В составе напорных трубопроводов часто встречаются участки, где их диаметр меняется линейно по длине. В зависимости от изменения режимов работы движение жидкости в этих трубопроводах часто бывает неустановившимся. В большинстве случаев неустановившийся процесс вызывается изменением скорости жидкости. В этом случае происходит гидравлический удар, сопровождаемый изменением (повышение или понижение) давления. Поэтому необходимо теоретическое обобщение задачи гидравлического удара в трубе с линейно меняющимся диаметром по длине. Изучение гидравлического удара в этих трубопроводах вызвано практической необходимостью.

Для инженерных расчетов большое значение имеет определение величины повышения давления и скорости распространения ударной волны при гидравлическом ударе. В статье рассматривается метод определения скорости распространения ударной волны и повышения давления по принципу сохранения энергии. Получены расчётные формулы по определению скорости распространения ударной волны и величины повышения давления, что необходимо при проектировании подобных систем.

**Ключевые слова:** трубопровод, гидравлический удар, скорость, повышение давления.

Строительство

### СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКОЙ

Сохадзе К.В.

Грузинский Технический Университет  
г. Тбилиси, Грузия

Как показала практика развития цивилизованных стран, уровень жизни и благополучия населения зависит не столько от наличия природных ресурсов, сколько от желания правительства осуществлять эффективное управление текущими процессами, понимать сущность и необходимость использования системного подхода к управлению ими. На протяжении последних десяти лет основным недостатком государственного управления национальной экономикой было отрицание системного подхода к управлению, нежелание осуществлять мероприятия по преодолению экономического и социального кризиса в стране. Мы хвалимся проведенными экономическими реформами и ничего не говорим о том, как отразились реформы на таких показателях развития страны, как занятость населения, развитие мелкого и среднего бизнеса, создание реальной системы социальной защиты и др. Это именно те показатели, которые меньше всего подвержены числовой и статистической манипуляции и реально отражают уровень развития общества.

**Ключевые слова:** экономика, природные ресурсы, эффективное управление.

Охрана окружающей среды

**РОЛЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОСТАТКОВ В ЗАГРЯЗНЕНИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**Супаташвили Т.Л., Маисая Л.Д., Окришвили О.Т.**

Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета  
г. Тбилиси, Грузия

В статье рассмотрен один из самых мощных источников загрязнения окружающей среды – промышленность. Особенного внимания требуют консервированные промышленные отходы, которые не контролируются и имеют существенное влияние на почвы прилегающих территорий и на поверхностные воды.

**Ключевые слова:** загрязнения, промышленные отходы, поверхностные воды.

Водное хозяйство

**СИСТЕМА УЛАВЛИВАНИЯ ВЫНОСОВ В ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ**

**Токмаджян В.О., Атанесян В.А.**

Ереванский государственный университет архитектуры и строительства  
г. Ереван, Армения

Взамен ныне существующим устройствам предлагается система улавливания выносов в водозаборных сооружениях с использованием сеточного контейнера, в котором скапливаются выносы различного свойства, контейнеры с приводами перемещаются на прибрежный участок водозабора, разгружаются, очищаются, возвращаются и размещаются в водозаборных сооружениях. Установлены два контейнера, один из них изымают из водозабора и отправляют на разгрузку, другой устанавливают на то же место и наоборот.

С целью выполнения сравнительного анализа спроектировано три варианта системы. Указаны их преимущества и недостатки. Полезность таких устройств подтверждена патентами. Предполагается провести опытные исследования и представить к внедрению.

**Ключевые слова:** выносы, контейнер, водозаборное сооружение, приборы

Гидротехника и мелиорация

**ВЛИЯНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ НА ОРОСИТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ**

**Пашаев Э.П.**

Институт «Азгипроводхоз»  
г. Баку, Азербайджан

**Резюме.** В статье на основании анализа рассмотрены вопросы по методике проектирования водохозяйственных мероприятий – районированию орошаемых территорий.

**Ключевые слов:** орошение, ландшафт, оросительные системы.

Охрана окружающей среды

**ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ И БЕЗОПАСНОГО ФУКЦИОНИРОВАНИЯ  
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ ЭНТРОПИИ**

**Пурцеладзе Л.Д.**

Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета  
г. Тбилиси, Грузия

В качестве меры априорной неопределенности системы (или случайной величины X) в теории информации применяется специальная характеристика, называемая энтропией. Понятие об энтропии

## А Н Н О Т А Ц И И

---

является в теории информации основным.

Дано исследование устойчивости и безопасного функционирования водохозяйственных объектов с помощью энтропии и информации.

Утверждено, что энтропия системы с конечным множеством состояний достигает максимума, когда все состояния равновероятны.

Энтропия представляется в виде математического ожидания.

Применяется энтропия сложной системы, полученной обледенением двух или более простых систем водохозяйственных объектов. Рассмотрен пример.

**Ключевые слова:** водохозяйственный объект, прогнозирование, энтропия, экстремум, математическое ожидание, вероятность, теорема сложения энтропий, неопределённость.

**Стоительство**

### **УСТОЙЧИВЫЙ ДИЗАЙН ИНТЕРЬЕРА – КАК ФАКТОР ПОДДЕРЖАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ**

**Кочладзе Н.Т.**

Грузинский Технический Университет  
г. Тбилиси, Грузия

Устойчивое развитие – это ответная реакция на мировой экологический кризис, устрашающее развитие промышленности и колоссальный прирост населения – все это, в конечном итоге, приводит к истощению природных ресурсов и наносит непоправимый урон полноценным экосистемам.

Основы устойчивого дизайна применимы во многих сферах дизайна, в том числе, и в дизайне интерьера.

Устойчивый дизайн интерьера создает экологически устойчивое и здоровое внутреннее пространство. Одновременно сводит к минимуму отрицательное влияние здания на окружающую среду и создает физиологически и психологически здоровое жилое пространство. Для этого нужно учесть такие факторы, как наличие в интерьере свежего воздуха, экологически чистых материалов и дневного света.

Устойчивый дизайн интерьера гармонизирует систему отношений «человек-природа» и является необходимым фактором поддержания экологической устойчивости.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, устойчивый дизайн интерьера, зеленый дизайн.

**Гидротехника и мелиорация**

### **ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТРУКТУРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НА ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЛЯХ КОЛХИДСКОЙ НИЗМЕННОСТИ**

**Шургая В. Ш., Закаидзе И.Г., Кекелишвили Л.Г.**

Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета  
г. Тбилиси, Грузия

В статье представлена информация о состоянии сельскохозяйственного комплекса на осушенных землях Колхидской низменности. Однобокая специализация на производстве субтропических культур не способствовала гармоническому развитию всего сельского хозяйства.

В связи с увеличением спроса и цен на зерно в мире, для обеспечения населения основными продуктами питания, предлагается изменить структуру сельскохозяйственных угодий в центральной части низменности. Рост площадей под зерновые и кормовые культуры, за счет многолетних насаждений, потребует применения способов осушения предназначенных для однолетних растений, с учетом специфики тяжелых, набухающих почв этой части Колхиды.

Упомянутые способы - устройство «Квали» или комбинированного дренажа на фоне плантажа.

**Ключевые слова:** однолетние растения, многолетние насаждения, осушение, плантаж, «Квали».

**ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ ГЕОКОВРОВ  
«НЕСФИЛЕ» И «НЕСГЕО»**

**Чаяя Г.Г., Босикашвили Ш. А., Варазашвили З.Н., Диаконидзе Р.В., Хубулава И.В.,  
Цулукидзе Л.Н., Супаташвили Т.Л., Шавлакадзе М.Н., Лордкипанидзе Ф.Н.,  
Омсарашвили Г.Г.**

Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета  
г. Тбилиси, Грузия

Для разработки эффективных и ресурсосберегающих мероприятий по борьбе с эрозией почв нами были проведены лабораторные исследования геокровов «Несфиле» площадью  $0,5 \text{ м}^2$  (состоит из двух слоёв ваты) и «Несгео» площадью  $0,5 \text{ м}^2$  (состоит из слоя ваты и марли), между слоями которых были помещены семена райграса.

Лабораторные исследования проводились с 5.05.2012 г. по 23.05.2012 г., во время которых обнаружилась сравнительно низкая эффективность геокров «Несфиле», так как густота взошедших на нем растений неудовлетворительна, в то время как количество всходов растения райграс на геокрове «Несгео» и динамика роста удовлетворительны (90% геокров покрыты растительным покровом), что дает возможность осуществить полевые исследования в природных условиях для установления противоэрозионной эффективности.

**Ключевые слова:** эрозия, геокров, сель, оползень, наводнение.

**РАСЧЕТ ТРЕУГОЛЬНОЙ ФЕРМЫ МЕТОДОМ ЗОЛОТОГО СЕЧЕНИЯ**

**Цхведадзе Р.М., Кипиани Г.О., Табатадзе Д.**

Грузинский Технический Университет  
г. Тбилиси, Грузия

В работе рассмотрена треугольная ферма перекрытия, подвергающаяся действию силы. Результаты расчета для положения точки D на раскосе DC приведены в виде таблицы. DC является медианой стороны AB, DC перпендикуляр гипотенузы AB, D лежит в точке золотого сечения.

Анализ результатов расчета показал, что усилия в стержнях фермы минимальны, если точка D делит AB в пропорции золотого сечения.

Соответственно, применение золотого сечения при проектировании сооружения дает картину оптимального напряжения.

**Ключевые слова:** золотое сечение, момент сопротивления, прочность.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРТИЗЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЁТОВ ЗАЩИТНЫХ ВОДОЁМОВ В  
СЛУЧАЕ АВАРИИ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА БАКУ-ТБИЛИСИ-ДЖЕИХАН НА  
Р.ЦХРАЦКАРО И Р. КУМИСКА**

**Кирмелашвили Г. И.**

Грузинский Технический Университет  
г. Тбилиси, Грузия

В работе рассмотрены гидравлические расчёты водоворотов, возникших у затворов вторичных загораживающих объектов – нефтезаградительной системы на реках Цхрацкаро и Кумиска аварийных



## А Н Н О Т А Ц И И

---

случаях нефтепровода Баку-Тбилиси-Джейхан. Определены условия, при которых с поверхности защитного накопителя жидкость не протекает сквозь затворы.

**Ключевые слова:** нефтепровод, защитные водоёмы, критические давления, установившийся режим.

Строительство

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЁННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТИПА УПРУГИХ ОБОЛОЧЕК С ДИСКРЕТНО ПРИКРЕПЛЁННЫМИ РЁБРАМИ

Кипиани Г., Ахалая Г., Беридзе В., Гегенава Г.

Грузинский Технический Университет  
г. Тбилиси, Грузия

Разработан метод расчёта оребрённых оболочек в условиях нелинейной деформации, который предоставляет возможность с одинаковой точностью определить усилия и моменты, как в континуальной области, так и вблизи рёбер.

**Ключевые слова:** ребро; оболочка; конструкция; единичные функции.

Гидротехника и мелиорация

### ОСОБЕННОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ В ПОЧВО-ГРУНТАХ

Круашвили И.Г., Кухалашвили Э.Г., Инашвили И.Д., Бзиава К.Г., Натрошвили Г.

<sup>1</sup> Грузинский Аграрный Университет

<sup>2</sup> Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета  
г. Тбилиси, Грузия

В водопроводящих каналах, проходящих в природно-геотехнических условиях, теоретические модели определения фильтрационных показателей применяются в изотопной водопроницаемой среде, что ограничивает их применение. В виду того, что фильтрационный фактор является перманентно участвующим активным компонентом в формировании водного баланса локальных агросистем, то он лежит в основе определения поливной нормы.

С точки зрения особенностей фильтрации, вопросы, связанные с движением воды в пористых системах почво-грунтов, являются функцией многих взаимоуправляющих факторов. Следовательно, на основе предложенной модели, получены расчетные зависимости скорости фильтрации, коэффициента фильтрации, водопроводимости и пористости для реальных грунтов.

**Ключевые слова:** фильтрация, поливная норма, ирригация, водопотребность растения, естественное русло.

Гидротехника и мелиорация

### ИЗУЧЕНИЕ ВОПРОСОВ, СВЯЗАННЫХ С АНОМАЛИЯМИ ВОДНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ПОЧВО-ГРУНТАХ

Круашвили И.Г., Кухалашвили Э.Г., Инашвили И.Д., Бзиава К.Г., Натрошвили Г.

<sup>1</sup> Грузинский Аграрный Университет

<sup>2</sup> Институт Водного Хозяйства Грузинского Технического Университета  
г. Тбилиси, Грузия

В почво-грунтах, представленных дисперсионно-гидравлической пористой системой, мигрирующая вода приобретает специфические качества и, следовательно, осложняется определение

## АННОТАЦИИ

---

характеристик водной фильтрации. Почво-грунты, которые представляют многокомпонентную среду, состоят из разных микро- и макро-частиц и соответственно мигрирующая в них вода приобретает разные качества. Исходя из вышесказанного, на основе представленной модели определены диапазон изменения и оптимальные значения активной и пассивной пористости, с учетом которых в процессе водной фильтрации получены зависимости скорости фильтрации, начального градиента и поливной нормы.

**Ключевые слова:** Фильтрация, пористость почвы, начальный градиент, оросительная норма.

### Надёжность и риск гидротехнических сооружений

#### ПРОЦЕССЫ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПЕРЕНОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ СМЕСЕЙ В НЕПРОТОЧНЫХ ВОДНЫХ СИСТЕМАХ

**Хатиашвили Э., Гогелиани Л., Кавтуашвили Н.**

Грузинский Технический Университет  
г. Тбилиси, Грузия

Изучается перенос неконсервативных и консервативных загрязняющих примесей нестационарным, ламинарным и плоскопараллельным потоком жидкости. Рассматриваются неглубокие водоемы.

Коэффициент диффузии считается переменной величиной, что обуславливается наложением поверхностных волн малой амплитуды.

**Ключевые слова:** река, загрязнение, турбулентность, волновое движение.

### Гидрология и метеорология

#### РАСЧЕТ ТРАНСФОРМАЦИИ ПАВОДОЧНОЙ ВОЛНЫ НА РЕКЕ АРАЗ

**Гасанова Н.И.**

Бакинский Государственный Университет  
г. Баку, Азербайджан

В работе выполнен расчет трансформации паводочной волны на реке Араз. Для этого применен метод Максингам. Выявлено, что время добегания от верхнего створа Кызыл-Ванк до Саатлы примерно равен 2 суткам. Определена средняя относительная ошибка расходов трансформированного стока по отношению к наблюдаемому.

**Ключевые слова:** паводочная волна, трансформация, сток.

---

---

## ქ რ ო ნ ი კ ა

### ინფორმაცია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის მოღვაწეობის შესახებ 2012 წ.

ინსტიტუტში, რომელიც დაფუძნებულია 1929 წლიდან, ამჟამად მუშაობს 65 თანამშრომელი, აქედან 57% მეცნიერ-თანამშრომელია, მათ შორის: 1 - საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ვიცე-პრეზიდენტი, აკადემიკოს-მდივანი და ამავე აკადემიის სოფლის მეურნეობის განყოფილების გამგე, 1 - საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი, 4 - საინჟინრო აკადემიის, 4 - ეკოლოგიის აკადემიის აკადემიკოსი, 7 - მეცნიერებათა დოქტორი, 20 - აკადემიური დოქტორი, 1 - დოქტორანტი და 3 - მაგისტრი.

### ინსტიტუტის სამეცნიერო კვლევითი საქმიანობა

- ინსტიტუტის მეცნიერ-თანამშრომლების მიერ 2012 წლის პერიოდულ გამოცემებში გამოქვეყნებულ იქნა 50-მდე სტატია, 1 მონოგრაფია და 1 სახელმძღვანელო;
- 2012 წელს ინსტიტუტმა გამოსცა №67 ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული, რომელიც მიეძღვნა სტუ-ს 90 წლის იუბილეს;
- ინსტიტუტში მუშავდება 17 საბიუჯეტო თემა, რომლებიც აქტუალურია ქვეყანაში მიმდინარე გახშირებული ბუნებრივი კატასტროფებისა და გარემოს დაცვის ღონისძიებების მეცნიერულად დამუშავების თვალსაზრისით.

### ინსტიტუტის სამეცნიერო ურთიერთობები

#### საქართველო:

- ◆ 2012 წლის 27 თებერვალს ინსტიტუტში სტუმრად იმყოფებოდნენ ერევნის არქიტექტურისა და მშენებლობის სახელმწიფო უნივერსიტეტის რექტორი, პროფ. ოვანეს ტოკმაჯიანი და ამავე უნივერსიტეტის პროფ. ლევონ ტოკმაჯიანი. ინსტიტუტის დირექტორთან, პროფ. გივი გავარდაშვილთან საუბარში აღინიშნა ორ ორგანიზაციას შორის გაფორმებული მემორანდუმის საფუძველზე სამეცნიერო გრანტებისა და ახალგაზრდა მეცნიერთა მომზადების საკითხები. შეთანხმდნენ, ქ. ქობულეთში 2012 წლის 22-28 ივნისს ჩატარდეს მე-2 სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია თემაზე “გარემოს დაცვის, არქიტექტურისა და მშენებლობის თანამედროვე პრობლემები”. საუბარში აღინიშნა, რომ აღნიშნული კონფერენცია გახდეს ტრადიციული, ყოველწლიურად ჩატარდეს საქართველოში და მიენიჭოს საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის სტატუსი.
- 2012 წლის 9 მარტს ინსტიტუტის თანამშრომლები: დირექტორი გივი გავარდაშვილი, ინგა ირემაშვილი, ზურაბ ლობჯანიძე, რობერტ დიაკონიძე, გოგა ჩახაია, ლევან წულუკიძე და თამარიკო სუპატაშვილი იმყოფებოდნენ ტექნიკური უნივერსიტეტის საგამოყენო დარბაზში სახლვარგარეთელ კოლეგებთან შეხვედრაზე. სადაც საუბარი შეეხო ინსტიტუტსა და აიოვას (აშშ) უნივერსიტეტს შორის მომავალ თანამშრომლობას.



ფოტო 1-2. შეხვედრები სტუსა და წყალთა მენეჯმენტის ინსტიტუტში  
Photo 1-2. Meeting in GTU and Water Management Institute

Фото 1-2. На встрече Государственного технического университета и  
Института водного хозяйства

- 2012 წლის 25 ოქტომბერს ქ. თბილისში სასტუმრო ბეტსში შედგა კატასტროფების რისკის შემცირების მოაზროვნეთა ჯგუფის შეხვედრა. შეხვედრა ორგანიზებული იყო ორგანიზაცია UNDP-ის მიერ და მისი მიზანი იყო ცნობიერების ამაღლება კატასტროფების რისკების შემცირების კუთხით. შეხვედრას დაესწრო წყალთა მენეჯმენტის ინსტიტუტის 4 თანამშრომელი: ხათუნა კიკნაძე, თამრიკო სუპატაშვილი, ქეთევან დადიანი და ლია მაისია.

- 2012 წლის 29 ოქტომბერს საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნულ აკადემიაში შედგა მუშა შეხვედრა აკადემიის ვიცე-პრეზიდენტთან, აკად. ოთარ ნათიშვილთან, რომელსაც ესწრებოდნენ ინსტიტუტის დირექტორი, ტექნ. მეცნ. დოქტ. პროფ. გივი გავარდაშვილი, აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი თენგიზ ურუშიაძე და სტუმარი – რუსეთის სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის კოსტიაკოვის სახელობის ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის საკავშირო სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტის მეშვესკის ფილიალის მთავარი მეცნიერ-თანამშრომელი, სოფლის მეურნ. მეცნ. დოქტორი იური მაჟაისკი.

საუბარი შეეხო აღნიშნული ინსტიტუტისა და სტუს წყალთა მენეჯმენტის ინსტიტუტის თანამშრომლობას სამეცნიერო-კვლევითი, საპროექტო სამუშაოებისა და სტუდენტთა და ახალგაზრდა მეცნიერ-თანამშრომელთა მომზადების მხრივ.

იური მაჟაისკი საუბრისას შეეხო ერთობლივი მონოგრაფიებისა და სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების განხორციელებას და დაიგეგმა 2012 წლის ბოლომდე გაფორმდეს ურთიერთთანამშრომლობის მემორანდუმი მელიორაციის დარგში, კერძოდ, ჭარბტენიანი და დამლაშებული ნიადაგების რეკულტივაციის საკითხებში.

აკად. ოთარ ნათიშვილმა მოიწონა აღნიშნული წინადადებები და მხარი დაუჭირა ყოფილ საბჭოთა სივრცეში ამ ორი მაღალრეიტინგული ინსტიტუტის მელიორაციის დარგში მომავალში თანამშრომლობას.

- 2012 წლის 8 ნოემბერს საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ბუნებრივი კატასტროფების სამეცნიერო პრობლემების შემსწავლელ კომისიაზე (თავმჯდომარე აკად. ოთარ ნათიშვილი, სწავლული მდივანი, აკად. წევრ-კორ. გურამ გაბრიჩიძე) შედგა ხუდონჰესის მშენებლობასთან დაკავშირებული რისკისა და უსაფრთხოების საკითხების განხილვა. საკითხის განხილვისას ჰესების რისკის შემცირებისა და უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით ინსტიტუტის დირექტორმა, ტექნ. მეცნ. დოქტორმა, პროფ. გივი გავარდაშვილმა წამოაყენა საკითხი საქართველოში, ენერგეტიკული, მელიორაციული და სხვა დანიშნულების ჰიდროკვანძების, გარემოსდამცავი და სხვა ტიპის ნაგებობების საიმედოობის

გაზრდის მიზნით აუცილებელია ნაგებობების მშენებლობამდე მისი დაპროექტების შემდეგ წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის ჰიდროტექნიკურ ლაბორატორიაში განხორციელდეს დასაპროექტებელი ობიექტის მსხვილმასშტაბიანი მოდელირება.

აღნიშნულ წინადადებას მხარი დაუჭირეს დარგის ცნობილმა მეცნიერ-სპეციალისტებმა: აკად. ოთარ ნათიშვილმა (საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ვიცე-პრეზიდენტი, აკადემიკოს-მდივანი), პროფ. რევაზ არველაძემ (ენერგეტიკის აკადემიის პრეზიდენტი), ანზორ ჭითანავამ (“ჰიდროპროექტის” ინსტიტუტის ყოფილი დირექტორი), გოგი შალამბერიძემ (“საქჰიდრომშენის” ინსტიტუტის დირექტორი), პროფ. ვახტანგ თევზაძემ (ინსტიტუტის ბუნებრივი კასტროფების განყოფილების ხელმძღვანელი), პროფ. თეიმურაზ გველეხიანი (საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი), პროფ. ივანე ნონიევი (შპს “ჰიდროდიაგნოსტიკის” დირექტორი). შეთანხმდნენ მომზადდეს წინადადება საქართველოს პრემიერ-მინისტრთან წარსადგენად.

- 2012 წლის 9 ნოემბერს ინსტიტუტში სტუმრად იმყოფებოდა გოტინგენის (გერმანია) უნივერსიტეტის მედიორაციის ერთ-ერთი პროექტის კოორდინატორი, ქალბატონი ტალინი კალათასი (იხ. ფოტო), შეხვედრა შედგა ინსტიტუტის დირექტორთან, ტექნ. მეცნ. დოქტორთან, პროფ. გივი გავარდაშვილთან. საუბარი შეეხო გოტინგენის უნივერსიტეტის რექტორის, დოქტორის, პროფ. ულრიკე ბეისიგელის წინადადებას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტისა და გოტინგენის უნივერსიტეტის აგრომეცნიერებების ფაკულტეტთან თანამშრომლობის მემორანდუმის მომზადებას.

ინსტიტუტის დირექტორმა, ტექნ. მეცნ. დოქტორმა, პროფ. გივი გავარდაშვილმა ინსტიტუტის სახელით ქონ ტალინი კალათასს მადლობა გადაუხადა და რექტორთან, დოქტორ, პროფ. ულრიკე ბეისიგელთან გადასცა უნივერსიტეტის დაარსებიდან 275 წლის იუბილეს მილოცვა.



ფოტო 3. ინსტიტუტში სამუშაო შეხვედრისას  
 Фото 3. Рабочая встреча в институте.  
 Photo 3. At the meeting in Institute

შეთანხმდნენ, დროის უმოკლეს ვადაში მომზადდეს ურთიერთთანამშრომლობის მემორანდუმი სტუდენტებისა და ახალგაზრდა მეცნიერების გაცვლითი პროგრამების, საექსპერტო სამუშაოებისა და საერთაშორისო გრანტების ერთობლივი მომზადების საკითხებში.

**საზღვარგარეთ:**

- 2012 წლის ივნისის თვეში საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის გარემოს დაცვისა და საინჟინრო ეკოლოგიის განყოფილების მეცნიერ-თანამშრომელმა თამარიკო სუპატაშვილმა 2010 წლის 5 ივლისის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტსა და ვროცლავის უნივერსიტეტს შორის

გაფორმებული სამეცნიერო ურთიერთ-თანამშრომლობის მემორანდუმის საფუძველზე მონაწილეობა მიიღო ეროცლავის უნივერსიტეტის მიერ გამოცხადებულ კონკურსში პროფესორ სტანისლავ ტოლპას სტიპენდიის (**Professor Stanislaw Tolpa Scholarship**) მოპოვებაზე, სადაც მიიღო დაფინანსება და მიემგზავრება 2 თვიან სწავლებაზე პოლონეთის ქ. ეროცლავში ეროცლავის უნივერსიტეტის გარემოს დაცვისა და გეოდეზიის ფაკულტეტზე.

### სამეცნიერო საქმიანობა

- ◆ 2012 წლის 23-26 თებერვალს ინსტიტუტმა მონაწილეობა მიიღო თბილისში, საგამოფენო ცენტრ “ექსპო ჯორჯია“-ში ჩატარებულ “უმაღლესი და პროფესიული განათლების, საზღვარგარეთ სწავლებისა და სტუდენტური სერვისების მე-2 საერთაშორისო გამოფენა“-ში, რომელშიც მონაწილეობდა საქართველოსა და საზღვარგარეთის 14 ქვეყნის წარმომადგენელი სასწავლო ორგანიზაციები. გამოფენაზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტენდზე გამოფენილი იყო წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის 2 მაკეტი - პროფ. გივი გავარდაშვილის („ტრამპლინის ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობა“) და ტექნ. აკად. დოქტორის ვახტანგ სამხარაძის („საგორი კვალსაჭრელი“) საავტორო ნამუშევრები, რომლებმაც დიდი ყურადღება დაიმსახურეს დამთვაირიელებების მხრიდან.



ფოტო 4. სტუ-ს საგამოფენო სტენდი

Photo 4. Exhibition stand of GTU

Фото 4. Выставочный стенд ГТУ

- 2012 წლის 28 აპრილს თბილისის საგამოფენო დარბაზის №11 პავილიონში ქ. თბილისის მერიის მიერ გაიხსნა საქართველოს გამომგონებელთა ნამუშევრების გამოფენა, რომელშიც მონაწილეობა მიიღო ინსტიტუტის დირექტორმა, ტექნ. მეცნ. დოქტორმა გივი გავარდაშვილმა, რომელმაც წარადგინა მაკეტი “ტრამპლინის ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობა” და წყალსამეურნეო ობიექტების მოდელირების განყოფილების უფრ. მეცნ-თანამშრომელმა, დამსახურებულმა გამომგონებელმა, ტექნ. აკად. დოქტორმა ვახტანგ სამხარაძემ, რომელმაც წარადგინა მაკეტი “საგორი კვალსაჭრელი”. ორივე გამომგონებამ დამსწრეების დიდი ინტერესი გამოიწვია და გაშუქებულ იქნა სხვადასხვა ტელევიზიითაც.



- 2012 წლის 7 დეკემბერს საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის საბჭომ დაამტკიცა აკადემიის საბჭოსთან მომქმედი „ბუნებრივი კატასტროფების სამეცნიერო პრობლემების” შემსწავლელი კომისია 13 წევრის შემადგენლობით, მათ შორის ინსტიტუტის დირექტორი, ტექნ. მეცნ. დოქტ., პროფესორი გივი გავარდაშვილი.
- 2012 წლის 12 დეკემბერს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სენატის №17 სხდომაზე განიხილა და დამტკიცდა ამავე უნივერსიტეტის აკადემიური საბჭოს 2012 წლის 4 დეკემბრის დადგენილება №820 ინსტიტუტის სამეცნიერო-კვლევითი ჰიდროტექნიკური ლაბორატორიისათვის დამატებით სასწავლო სტატუსის მინიჭების საკითხი.

### საერთაშორისო მემორანდუმები

- 2012 წლის 1 ნოემბერს ქ. რიაზანში (რუსეთი) გაფორმდა საერთაშორისო მემორანდუმები:
  1. სტუ-ს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტსა და რუსეთის სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის ა. კოსტიაკოვის სახელობის ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის მეშჩარსკის ფილიალს (დირექტორი სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა კანდიდატი, პროფ. ს. პერეგულოვი) შორის.
  2. სტუ-ს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტსა და რუსეთის შპს მეშჩარსკის სამეცნიერო-ტექნიკურ ცენტრს (გენერალური დირექტორი სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფ. ი. მაჟაისკი) შორის.

ურთიერთთანამშრომლობის ხელშეკრულებები ითვალისწინებს ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის დარგში სტუდენტების, მაგისტრანტებისა და დოქტორანტების, ასევე ახალგაზრდა მეცნიერ-სპეციალისტების გაცვლას, ერთობლივი საგრანტო პროექტების მომზადებას.

ერთობლივი შეთანხმების თანახმად იგეგმება მეცნიერ-თანამშრომელთა კვალიფიკაციის ამაღლება, ჰიდროტექნიკური ნაგებობებისა და მელიორაციის დარგში გამოცდილებისა და დანერგვების გაზიარება თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით, პუბლიკაციების ერთობლივი გამოქვეყნება, სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციების მომზადება, ერთობლივ სამეცნიერო პროექტებსა და პროგრამებში მონაწილეობა საერთო ინტერესების გათვალისწინებით და სხვ.

### საერთაშორისო კონფერენციებსა და სიმპოზიუმებში მონაწილეობა

#### საქართველო:

- 2012 წლის 24-31 ივლისს ქ. ქობულეთში (აჭარა) საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს მხარდაჭერითა და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის, წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტისა და გარემოს დაცვის ეკოცენტრის ერთობლივი ძალისხმევით ჩატარდა სამხრეთ კავკასიის II საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია თემაზე “გარემოს დაცვის, არქიტექტურისა და მშენებლობის თანამედროვე პრობლემები”. კონფერენციის მუშაობაში მონაწილეობას ღებულობდა საქართველოს, სომხეთის (ერევნის არქიტექტურისა და მშენებლობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი) და აზერბაიჯანის (ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტი) მეცნიერ-სპეციალისტები. კონფერენციაზე პრეზენტაციები გააკეთეს: საქართველოდან 18 მოსხენება, სომხეთიდან - 12, ხოლო აზერბაიჯანიდან - 3.

საორგანიზაციო კომიტეტის სახელზე (საორგანიზაციო კომიტეტის თავმჯდომარე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის რექტორი, პროფესორი არჩილ ფრანგიშვილი, თანა-თავმჯდომარეები: ამავე უნივერსიტეტის პრორექტორი, პროფესორი თამაზ ბაციკაძე, წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დირექტორი,

პროფესორი გივი გავარდაშვილი, ერევნის არქიტექტურისა და მშენებლობის სახელმწიფო უნივერსიტეტის რექტორი, პროფესორი ოვანეს ტოკმაჯიანი და ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტის გეოგრაფიის ფაკულტეტის დეკანი, პროფესორი ფარდა იმანოვი და 12 კომიტეტის წევრი) შემოვიდა ქართველი, სომეხი და აზერბაიჯანელი მეცნიერ-სპეციალისტების ერთობლივი წინადადება - შეიქმნას სამხრეთ კავკასიის სამეცნიერო სექცია, რომელიც განახორციელებს სამხრეთ კავკასიის რეგიონში ზედაპირული წყლების ხარისხის მონიტორინგს. განიხილა რა საორგანიზაციო კომიტეტმა წარმოდგენილი წინადადება, დაამტკიცეს სამეცნიერო სექცია შემდეგი შემადგენლობით: გივი გავარდაშვილი (სექციის თავმჯდომარე), ოვანეს ტოკმაჯიანი (თანათავმჯდომარე), ფარდა იმანოვი (თანათავმჯდომარე), ინგა ირემაშვილი (სწავლული მდივანი), თეიმურაზ გველესიანი, ზაურ ციხელაშვილი, ნიკოლოზ ჩხაიძე, არისტაკ სარუხანიანი, ტელმან ზეინალოვი. დაევალა სექციას 3 თვის ვადაში წარმოადგინოს შავი და კასპიის ზღვის აუზებში ჩამდინარე მდინარეთა წყალშემკრები აუზების წყლის ხარისხის განმსაზღვრელი ძირითადი მაჩვენებლები.

კონფერენციის სამეცნიერო ნაწილი მიმდინარეობდა პროგრამის შესაბამისად – 24-27 ივლისს, ხოლო 28-31 ივლისს განხორციელდა სამეცნიერო-პროფესიული ექსკურსიები შავი ზღვის აკვატორიაში გარემოსდამცავ ნაგებობებზე, მთიან აჭარაში ბუნების სტიქიური მოვლენების ლოკალიზაციის ადგილებში, ხოლო მშენებლობისა და არქიტექტურის მიმართულებით ქ. ბათუმში თანამედროვე მაღლივი კორპუსების მშენებლობის ობიექტებზე.

კონფერენციის მსვლელობა ინფორმირებული იქნა აჭარის ტელევიზიის მეშვეობით 25 ივლისს, ხოლო 28 ივლისს კი - ბეჭდური მედიით გაზეთ “აჭარას” საშუალებით. გამოიცა კონფერენციის პროგრამა და II საერთაშორისო კონფერენციის სამეცნიერო შრომათა კრებული (150 გვერდი).

კონფერენციის დახურვის წინ საორგანიზაციო კომიტეტმა განიხილა საკითხი მორიგი - III საერთაშორისო კონფერენციის 2013 წლის ივლისში ამჯერად ქ. თბილისში ჩატარებასთან დაკავშირებით. კონფერენციამ მიიღო რეზოლუცია, რომელიც დაეგზავნა საქართველოს, სომხეთისა და აზერბაიჯანის მთავრობებსა და შესაბამის არასამთავრობო ორგანიზაციებს.



ფოტო 5. კონფერენციის საორგანიზაციო კომიტეტის წევრები  
 Photo 5. Members of Conference Organizing Committee  
 Фото 5. Организационный комитет конференции





ფოტო 6. კონფერენციის მსვლელობისას  
Photo 6. During of Conference  
Фото 6. Ход конференции



ფოტო 7. კონფერენციის მონაწილეები  
Photo 7. Participants of Conference  
Фото 7. Участники конференции

- 2012 წლის 6-8 ოქტომბერს, ქ. ქუთაისში გაიმართა II საერთაშორისო კონფერენცია - „მექანიკის არაკლასიკური ამოცანები“ (ქ. ქუთაისი, საქართველო); მიუძღვნა ქუთაისის პოლიტექნიკური უნივერსიტეტის პირველი რექტორის, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის პროფესორის (ემერეტუსის), ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის ნოდარ ვალიშვილის დაბადებიდან 80 წლის იუბილეს. ინსტიტუტის დირექტორი, ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფ. გივი გაგარდაშვილი იყო კონფერენციის საორგანიზაციო კომიტეტის წევრი და გამოვიდა მოხსენებით “Determination of reliability of the trapesoidal for spring-board type depris flow control new dam”.

**საზღვარგარეთ:**

- 2012 წლის 23-28 სექტემბერს პოლონეთში ქალაქ ჩესტოხოვას ტექნოლოგიურ უნივერსიტეტში ჩატარდა IV საერთაშორისო კონფერენცია თემაზე “არქიტექტურისა

და მშენებლობის მომავლის პრობლემები”. კონფერენციაში მონაწილეობა მიიღო მსოფლიოს 18 ქვეყნის 270-მა მეცნიერ-სპეციალისტმა, დაიბეჭდა სამეცნიერო შრომათა კრებული ორტომეული: I ტომი - 452 გვერდიანი, ხოლო II – 272 გვერდიანი.

საერთაშორისო საორგანიზაციო კომიტეტის გადაწყვეტილებით ინსტიტუტის დირექტორი, ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფ. გივი გავარდაშვილი იყო კონფერენციის საორგანიზაციო კომიტეტის წევრი, 25 სექტემბერს I სესიაზე მის მიერ გაკეთდა მოხსენება თემაზე „Calculation of New Anti-Snow Avalanche Construction”, ხოლო 27 სექტემბერს - კონფერენციის III სესიის ხელმძღვანელი.



**ფოტო 8. კონფერენციაზე მოხსენებისას**  
**Photo 8. During report of Conference**  
**Фото 8. Доклад на конференции**



**სურ. 9. კონფერენციის III სესიის ხელმძღვანელობისას**  
**Photo 9. Head of III session of the Conference**  
**Фото 9. Работа III сессии конференции**



სურ. 10-11. კონფერენციის მონაწილეებთან ერთად  
 Photo 10-11. With participants of the Conference  
 Фото 10-11. Участники конференции

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტისა და ჩესტოხოვას ტექნოლოგიურ უნივერსიტეტს შორის თანამშრომლობის მემორანდუმის მომზადების მიზნით შეხვედრები შედგა უნივერსიტეტის რექტორთან, პროფ. მარია ნოვიცკა-სკოვრონთან, ამავე უნივერსიტეტის სამოქალაქო მშენებლობის ფაკულტეტის დეკანთან, პროფ. იაროსლავ რაიჩიკსა და გარემოს დაცვისა და ინჟინერინგის ფაკულტეტის დეკანთან, პროფ. ვოიჩიკ ნოვაკთან.



სურ.12-13. ჩესტოხოვას ტექნოლოგიური უნივერსიტეტის რექტორთან,  
 პროფ. მარია ნოვიცკა-სკოვრონთან შეხვედრისას  
 Photo 12-13. At the meeting to rector of technology university , prof. Maria Novicka-scovron  
 Фото 12-13. Встреча с ректором Честоховского технологического университета,  
 профессором М. Новицка-Сковрон



2012 წლის 26 სექტემბერს ქალაქ კატოვიცაში პოლონეთის პრეზიდენტის ბატონ ბრონისლავ კომოროვსკის პატრონაჟით ჩატარდა IV სახელმწიფო მშენებელთა ფორუმი, სადაც სახელმწიფოს ცნობილი მშენებლები დაჯილდოვდნენ სახელმწიფო ორდენებით, მედლებით და დიპლომებით. დაჯილდოების შემდეგ შედგა მუშა შეხვედრა გარემოს დაცვის, ინჟინერ-ეკოლოგ და ჰიდროტექნიკის დარგის ცნობილ სპეციალისტებთან.



სურ. 14. ქალაქ კატოვიცაში IV სახელმწიფო მშენებელთა ფორუმიზე

Photo 14. At IV forum of state builders in the city Catowica

Фото 14. IV форум государственных строителей в городе Катовицах

შეხვედრები შედგა მსოფლიოში ცნობილ ხიდების, სამოქალაქო მშენებლობის და გარემოს დაცვის დარგში მომუშავე მეცნიერ-სპეციალისტებთან: პეკინის სამოქალაქო მშენებლობისა და არქიტექტურის უნივერსიტეტის დეკანთან, პროფესორ ჰუი ვუსთან (ჩინეთი), სლოვაკეთის სამოქალაქო მშენებლობის უნივერსიტეტის დეკანის მოადგილესთან, პროფ. მარიანა დრუსასთან (სლოვაკეთი), კრაკოვის ტექნოლოგიური უნივერსიტეტის პროფესორ კაზიმირ ფლაგასთან (პოლონეთი), ერვენის მშენებლობისა და არქიტექტურის სახელმწიფო უნივერსიტეტის რექტორთან, პროფ. ოგანეს ტოკმაჯიანთან (სომხეთი), სანკტ-პეტერბურგის არქიტექტურისა და მშენებლობის სახელმწიფო უნივერსიტეტის პრორექტორთან, პროფ. ევგენი სმირნოვთან (რუსეთი), ფირმის “სამოქალაქო მშენებლობის განვითარების” აღმასრულებელ დირექტორთან იმრე ნემეჩთან (უნგრეთი) და სხვებთან. საუბარი შეეხო ინსტიტუტისა და ზემოთაღნიშნული ქვეყნების საგანმანათლებლო და სამეცნიერო თანამშრომლობას.

- 2012 წლის 17 - ოქტომბერს ქ II საერთაშორისო კონფერენცია „ღვარცოფები, კატასტროფა, რისკი და დაცვა“ (ქ. მოსკოვი, რუსეთი), რომელიც მიეძღვნა ღვარცოფმცოდნეობის როგორც მეცნიერების ერთ-ერთ ფუძემდებელს, მოსკოვის ლომონოსოვის სახელობის უნივერსიტეტის ყოფილი პროფესორის მიხეილ ფლეიშმანის დაბადებიდან 100 წლის იუბილეს. ინსტიტუტის დირექტორი, ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფ. გივი გავარდაშვილი იყო კონფერენციის საორგანიზაციო კომიტეტის წევრი და გამოვიდა მოხსენებით “Современные мероприятия по борьбе с селями и разработка методологии для их проектирования”.

---

---

**საბანმანათლებლო საქმიანობა**

- 2012 წლის 21-25 მარტს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის (აკრედიტაციის №06/ს, 2.10.2007) წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში “მელიორატორის” (აგრომელიორატორი, ჰიდრომელიორატორი) პროფესიული განათლების პროგრამის ჩამოყალიბების საფუძველზე პროგრამის პრეზენტაციის მიზნით, ინსტიტუტის დირექტორი, პროფ. გივი გავარდაშვილი და უფროსი სპეციალისტი ზურაბ ლობჯანიძე იმყოფებოდნენ ქ. სიღნაღსა და დედოფლისწყაროში, რაიონის სკოლების ხელმძღვანელებთან, მე-12 კლასის მოსწავლეებთან, მათ მშობლებსა და დაინტერესებულ პირებთან შესახვედრად.
- 2012 წლის 30 აგვისტოს ქ. თბილისში, აშშ-ს საელჩოში საელჩოს წარმომადგენლებსა და აშშ-ს აგრარული დეპარტამენტის თანამშრომლებს შორის შედგა შეხვედრა, რომელსაც ხელმძღვანელობდა საქართველოში აშშ-ს საელჩოს პოკიტიკური განყოფილების უფროსი ალან მესერი. შეხვედრას ესწრებოდნენ კოსტანის პროგრამის მონაწილეები: ინსტიტუტის დირექტორი, ტექნ. მეცნ. დოქტორი გივი გავარდაშვილი, მეცნიერ-თანამშრომლები: ტექნ. აკად. დოქტორები კოტე ბზიავა და კოტე იორდანიშვილი, საქართველოში აშშ-ს საელჩოს თანამშრომელი დემნა ძირკვაძე, საქართველოს სოფლის მეურნეობის მინისტრის მოადგილე მალხაზ აქიშბაია და აშშ-ის აგრარული დეპარტამენტის საერთაშორისო ტრენინგების ხელმძღვანელი ლევ კუჩევსკი (ვაშინგტონი).  
საუბარი შეეხო ინსტიტუტში აგროინჟინერიის, კერძოდ სასოფლო-სამეურნეო მელიორაციის პროფესიული სწავლების დონის გაზრდის მიზნით ინსტიტუტის მეცნიერ-სპეციალისტების სტაჟირებას ვაშინგტონში.

**საბრანტო საქმიანობა**

- 2012 წლის 30 ოქტომბერს საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ელექტრონულ გვერდზე გამოცხადდა სსიპ შოთა რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდში ახალგაზრდა მეცნიერებისთვის პრეზიდენტის სამეცნიერო გრანტების 2012 წლის კონკურსის შედეგები. კონკურსში გამარჯვებული 77 პროექტიდან გამარჯვებული გამოვლინდა წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის 2 საგრანტო პროექტი (ხელმძღვანელები - ინსტიტუტის თანამშრომლები: გიორგი ომსარაშვილი და მარინე შავლაყაძე).  
ინსტიტუტის მეცნიერ-თანამშრომლების მიერ 2012 წლის სსიპ შოთა რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდის საგრანტო კონკურსში წარდგენილია აგრეთვე 16 საგრანტო პროექტი ფუნდამენტური და გამოყენებითი მეცნიერებების მიმართულებით.

**სამეცნიერო ეროვნული ფონდის გრანტი**

- გრანტი №GNSF/STO9-622-7-105  
„საქართველოს მთის წყალსაცავების, შემტბორავი ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მოწყვლადობის და მათი საიმედო ექსპლუატაციის პირობების შეფასება“ – 1.01.2010-31.12.2012 (ხელმძღვანელი, ტექნ. აკად. დოქტორი კონსტანტინე იორდანიშვილი)

**სტაჟირება საზღვარგარეთ**

- 2012 წლის 28 აპრილიდან 5 მაისის ჩათვლით ინსტიტუტის წყალსამუშაო ობიექტების მოდელირების განყოფილების მეცნიერ-თანამშრომელი ტექნ. აკად. დოქტორი კონსტანტინე იორდანიშვილი იმყოფებოდა ჩინეთის ქალაქ ჩინჯში (ხუნანის პროვინცია) მდინარე თერგზე მშენებარე ლარსი-ჰესის პროექტის დეტალების ჩინეთის მხარესთან (კომპანია „Hunan sunny hydro equipment corporation“) განსახილველად და საბოლოოდ შესათანხმებლად.
- 2012 წლის 19 ივნისიდან 3 ივლისამდე გარემოს დაცვისა და საინჟინრო ეკოლოგიის მეცნიერ-თანამშრომელი, ტექნ. აკად. დოქტორი კონსტანტინე ბზიავა საგრანტო პროექტის #SFP 982227 “წყლის რესურსების მართვა აგროეკოსისტემებში სამხრეთ კავკასიის ტრანსსახელმწიფო რეგიონებში - აზერბაიჯანი, საქართველო, სომხეთი” განსახილველად პროექტის ბიუჯეტით იმყოფებოდა ვაშინგტონის შტატის უნივერსიტეტში, ნატოს პროექტის დირექტორთან პროფესორ გერიტ გუუგენბუმთან შესახვედრად.
- 2012 წლის 10 ოქტომბრიდან 16 ოქტომბრის ჩათვლით საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის „წყალსამუშაო ობიექტების მოდელირების განყოფილების მეცნიერ-თანამშრომელი, საგრანტო პროექტის №GNSF/STO9-622-7-105 „საქართველოს მთის წყალსაცავების, შემტობრავი ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მოწყვლადობის და მათი საიმედო ექსპლუატაციის პირობების შეფასება“ ხელმძღვანელი, ტექნ. აკად. დოქტორი კონსტანტინე იორდანიშვილი პროექტის შესრულებასთან დაკავშირებით იმყოფებოდა ჩეხეთის რესპუბლიკაში წყალსაცავების ექსპლუატაციის პირობების შესწავლის მიზნით. ჩატარდა კომპანია „Energo-Pro“-ს თანამშრომლებთან სამუშაო შეხვედრები.

**სახელმწიფო მნიშვნელობის პროექტები**

- 2012 წლის 27 აგვისტოს ინსტიტუტში შედგა შეხვედრა ქ. ყვარელის მოსახლეობის მდ. დურუჯის კალაპოტში ფორმირებული ღვარცოფებისაგან დაცვის საკითხებზე. შეხვედრას ესწრებოდა რუსეთის სამეცნიერო საწარმოო გაერთიანება „ჰიდროტექპროექტის“ გენერალური დირექტორი, ტექნ. მეცნ. კანდიდატი ალექსი ვინოგრადოვი, გეოგრაფიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფ. ემილ წერეთელი, ტექნ. აკად. დოქტორი გიორგი ხერხეულიძე, არქიტექტორი გიორგი აბულაძე, ინჟინერ-მშენებელი ივანე ხელაშვილი და ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერ-თანამშრომლები, ტექნ. მეცნ. დოქტორები, პროფესორები გივი გავარდაშვილი და ვახტანგ თევზაძე. დაიგეგმა მდინარე დურუჯის კალაპოტში სამეცნიერო-კვლევითი და საძიებო სამუშაოების ერთობლივი ჩატარება.



ფოტო 15. ინსტიტუტში სამუშაო შეხვედრისას  
 Фото 15. Рабочая встреча в институте  
 Photo 15. At the meeting in Institute

**2012 წელს ინსტიტუტის მიერ გამოცემული მონოგრაფია**

И.К. Иорданишвили, К.Т. Иорданишвили. Вопросы эко-эволюции горных водохранилищ Грузии. Тбилиси. Издат. «Универсал», 2012 г., 185 стр.

**2012 წელს ინსტიტუტის მიერ გამოცემული სახელმძღვანელო**

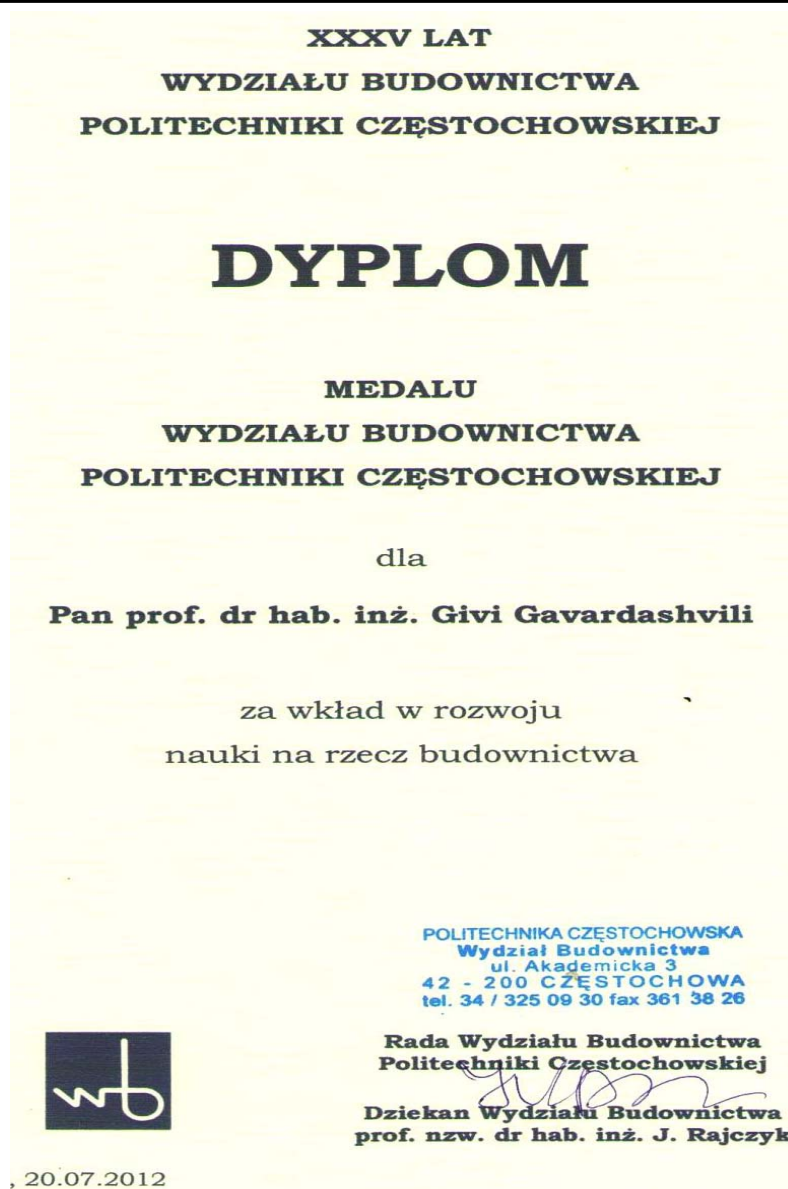
ზ. ეზუგბაია, გ. იოსებაშვილი, ი. ირემაშვილი. შენობებისა და ნაგებობების აგების ტექნოლოგია. სტუ, თბილისი. გამომცემლობა “უნივერსალი”. 2012 წ., 420 გვ.

**ინსტიტუტის ჯილდოები**

- 2012 წლის 23-28 სექტემბერს პოლონეთში ქალაქ ჩესტოხოვას ტექნოლოგიურ უნივერსიტეტში ჩატარდა IV საერთაშორისო კონფერენცია თემაზე “არქიტექტურისა და მშენებლობის მომავლის პრობლემები”. 25 სექტემბერს ქართული და პოლონეთის მეცნიერების განვითარებაში შეტანილი წვლილისათვის პროფ. გივი გავარდაშვილი დაჯილდოვდა ჩესტოხოვას ტექნოლოგიური უნივერსიტეტის დიპლომითა და ვერცხლის მედალით.







სურ 16-17-18. ჩესტოხოვას ტექნოლოგიურ უნივერსიტეტში დიპლომითა და ვერცხლის მედლით დაჯილდოებისას  
Photo 16-17-18. At the awarding with diploma and silver medal in technology university of Chestochowa  
Фото 16-17-18. Награждение дипломом и серебряной медалью в Честоховском технологическом университете



---

---

## CHRONICLE

### INFORMATION ON THE ACTIVITY OF THE WATER MANAGEMENT INSTITUTE OF GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY IN 2012

The institute, established since 1929, has 65 employees, 57% from which are scientific officers, including 1 – Vice-President of National Academy of Science of Georgia, Academician-secretary and Head of Department of Agriculture of the same Academy, 1 – member-correspondent of Academy of Agricultural Sciences of Georgia, 4 – Academicians of the Engineering Academy, 4 – Academicians of Academy of Ecology, 7 – Doctor of Sciences, 20 – Academic Doctors, 1 – Doctoral candidate and 3 – Undergraduates.

#### SCIENTIFIC-RESEARCH ACTIVITY OF THE INSTITUTE

- ◆ In the periodicals of 2012, the scientific officers of the Institute published over 50 articles, 1 monograph and 1 manual;
- ◆ In 2012 the Institute published №67 Complete Scientific Works of the Institute, dedicated to the 90 anniversary of Georgian Technical University foundation.
- ◆ Currently, the institute works on 17 budget topics, which are the actual ones from the point of view of quickened natural disasters in the country and scientific development of the measures for protection of environment.

#### SCIENTIFIC RELATIONS OF THE INSTITUTE

##### Georgia:

- ◆ On February 27, 2012 in the institute visited rector of Yerevan State University of Architecture and Construction prof. Oganek Tokmanjian and professor of same university prof. Levon Tokmanjian. During conversation with Director of Institute prof. Givi Gavardashvili noted scientific grants and young scientific preparing issues on the base of memorandum concluded between two organizations. They agreed that on June 22-28, 2012, in Kobuleti will arrange second scientific-technical conference on the theme: „Modern methods of environmental protection, architecture and construction”. They noted, that this conference will become traditional, annually will held in Georgia and given the international scientific - technical conference status.
- ◆ On March 9, 2012 employees of Institute: Givi Gavardashvili, Inga Iremashvili, Zurab Lobjanidze, Robert Diakonidze, Goga Chakhaia, Levan Tsulukidze and Tamriko Supatashvili were at the exhibition hall of Technical University to meeting with foreign colleagues, where discussion focused on future collaboration between Institute and University of Iowa (USA) University (**page 290, photo 1, 2**).
- On October, 2012 in Tbilisi in hotel Bets held meeting of members of disaster risk reduce group. Meeting was organized by UNDP and its aim was arise knowledge in disaster risk reduce. In the meeting participant 4 employers from Water Management Institute: Khatuna Kiknadze, Tamriko Supatashvili, Ketevan dadiani and Lia Maisaia .
- On October 29, 2012 the meeting was arranged to vice-president of Academy, academician Otar Natishvili in Georgian National Academy of Sciences, meeting atended by doctor of Technical sciences, professor Givi Gavardshvili- director of institute, member-correspondent of Academy Tengiz Urushadze and guest doctor of agricultural sciences Iuri Madjaiski – Senior scientific worker of Meshevski branch of unión-scientific research institute of hydro technique and reclamation of Agricultural Academy of Sciences of Russia.

Conversation focused on collaboration between noted institute and Georgian Technical University by direction of scientific-research, design works and preparing students and Young scientific workers.

During of Conversation Iuri Madjaiski talk joint monographies and carry out of scientific research works

## CHRONICLE

---

about and planned to sign collaboration memorandum in reclamation field before end 2012, particularly in issues of wetland and brackish soils recultivation.

Acad. Otar Natishvili liked noted sentence and support to future collaboration of these two high rating institute in reclamation field.

- On November 8, 2012 at the scientific problems of natural disasters studying commission of Georgian National Scientific Academy (head acad. Otar Natishvili – scientific secretary, Guram Gabrichidze-member-correspondent of academy) held review of issues of security and risks connecting with Khudonhess construction. Doctor of Technical Sciences, Professor Givi Gavardashvili- Director of Institute presented issue that carry out wide-scale design of objects to rise reliability of energetic, reclamation and other hydro node, environmental protection and other type construction in hydro technical laboratory of institute, noted sentence supported famous scientific-specialists of field : acad. Otar Natishvili (vice-president of Georgian National Academy of Sciences, scientific secretary), prof. Revaz Arveladze (Prezident of Energetic Academy), Anzor Chitanava (ex-director of „hydroproject”), Gogi Shalamberidze (director of „Saqhydrimsheni”), prof. Vakhtang Tevzadze (head of Department of Natural Disasters), prof. Teimuraz Gvelesiani (Georgian Technical University), prof. Ivane Nonievi (Director of LTD „hydridiagnostik”). They agreed that prepare statement to present to Premier Minister of Georgia.
- On November 9, 2012 in Institute visited Mrs. Talini Kalatasi – coordinator one of the reclamation projects of Gottingen University (Germany) (see photo). Meeting held to Doctor of Technical Sciences, Prof. Givi Gavardashvili - Director of Institute, conversation focused on statement of Rector of Gottingen University, prof. Ulrike Beisigeli, to prepare collaboration memorandum between Water Management Institute of Georgian Technical University and agro sciences faculty of Gottingen University.

Doctor of Technical Sciences, Prof. Givi Gavardashvili - Director of Institute thanks behalf of institute to Mrs. Talini Kalatasi and congratulated 275 anniversary of foundation of Gottingen University (**page 291, photo 3**).

They agreed that preparing collaboration memorandum in issues of exchange programs of students and young scientists, expertise works and joint prepare of international grants.

### **Abroad:**

- In June, 2012 scientific worker of department of environmental protection and engineering ecology of Water Management Institute of Georgian Technical University Tamriko Supatashvili took part competition announced by university of Wroclaw to get Professor Stanisław Tołpa Scholarship, on the base of collaboration memorandum between Water Management Institute and University of Wroclaw signed on July 5, 2010, where obtained funding and is going to Poland in University of Wroclaw, on the faculty of environmental Protection and Geodesy.

## SCIENTIFIC ACTIVITY

- ◆ On February 23-26, 2012 Institute took part in „2<sup>nd</sup> International exhibition of high and professional education, study abroad and students service” – in the event participated representatives of 14 educational organizations from Georgia and abroad.

At the exhibition stand of the Technical University exhibited two models of Water Management Institute - prof. Givi Gavardashvili (Springboard type debris flow against construction”) and PhD Vakhtang Samkharadze (battledore sharp footprint) author’s works, which gained much attention from the side of visitors (**page 292, photo 4**).

- ◆ On April 28, 2012 in the exhibition hall of Tbilisi #11 pavilion opened exhibition of Georgian inventors by Tbilisi City Hall, where took part director of Institute, Doctor of Technical sciences Givi Gavardashvili, who presented model „ Springboard type debris flow against construction” and PhD Vakhtang Samkharadze „battledore sharp footprint”. Both of them gained much attention and covered by the various television as well.

## CHRONICLE

---

- ◆ 7 December, 2012 council of Georgian Academy of Sciences confirmed commission for studying „scientific problems of natural disasters”. There are 13 members of commission and among them director of institute, doctor of technical sciences Givi Gavardashvili.
- ◆ 12 December, 2012 on the meeting #17 of senate of Georgian technical University consider and confirm establishment # 820 of academic council of same university of 4 December, 2012 issues of studying status of hydro technical laboratory of institute.

### INTERNATIONAL MEMORANDUMS

- On November 1, 2012, the following international memoranda were concluded in the city of Ryazan (Russia):
  - (1) International memorandum between Water Management Institute of GTU and Meshtsarskyi Branch of A.N.Kostyakov All-Russia Research and Development Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation (Candidate of Agricultural Sciences, Prof. S. Peregudov as a director);
  - (2) International memorandum between GTU Institute of Water Economy and Meshtsarskyi Scientific-Technical Center Ltd. (Doctor of Agricultural Sciences, Prof. I. Mazhaiskyi as a director general).The cooperation agreements envisage the exchange of students, undergraduates and doctoral candidates, as well as young specialists and development of joint grant projects in the field of Hydraulic Engineering and Land Reclamation.  
The agreement is expected Scientist - Employee training, hydraulic structures and activities in the field to share experiences and to introduce modern methods, joint publications and publishing, scientific – technical training conferences, joint research projects and programs based on common interests and etc.

### PARTICIPATION IN INTERNATIONAL CONFERENCES AND SYMPOSIUMS

#### Georgia:

- ◆ On July 24-31, 2012 in town Kobuleti (Adjara) 2<sup>nd</sup> International Scientific-Technical Conference of South Caucasia on the theme: „Modern methods of environmental protection, architecture and construction” was organized with support of Ministry of Education and Science and with joint effort of Water Management Institute of Georgian Technical University and Ecocentre of Environmental Protection. In the conference were participating scientific workers from Georgia, Armenia (Yerevan State University of Architecture and Construction) and Azerbaijan (Baku State University). At the conference presentations made: 18 reports from Georgia, 12 reports from Armenia, 3 reports from Azerbaijan.  
Addressed to the Organizing Committee (Chairman of the Organizing Committee rector of Georgian Technical University, professor Archil Prangishvili, co-chairmen: pro-rector of same University, professor Tamaz Batsikadze, director of Water Management Institute, professor Givi Gavardashvili, rector of Yerevan State University of Architecture and Construction, professor Oganesh Tokmanjian and Dean of Geography faculty of Baku State University, professor Parda Imanov and 12 members of committee) received joint statement of scientific-specialists from Georgia, Armenia and Azerbaijan – about create of scientific section of South Caucasia, which will implement monitoring of surface waters in South Caucasia region. Organizing Committee considered presented statement and approved scientific section the following members: Givi Gavardashvili (chairman of section), Oganesh Tokmanjian (co-chairman), Parda Imanov (co-chairman), Inga Iremashvili (scientific secretary), Teimuraz Gvelesiani, Zaur Tsikhelashvili, Nikoloz Chkhaidze, Aristak Sarukhanian, Telman Zeinalov. Section assigned to present main determining characteristics of water quality of the rivers catchment basin of Black Sea and Caspian Sea.  
Scientific part of conference carried out in accordance to program – 24-27 July, and on 28-31 July were scientific-professional excursions to see sighting of environmental protection constructions in Black Sea area, in mountain Adjara in the places of localization natural disasters, and with construction and architect direction – city Batumi on the objects of modern high-rise buildings.

## CHRONICLE

During of conference covered by TV of Adjara on 25 July, and on 28 July –through print media „Adjara”. The program of conference and collection of scientific works of 2<sup>nd</sup> international conference (150 pages) have been published.

Before close the conference organizing committee considered issues of held next III International conference in July 2013 in Tbilisi. The Conference adopted a resolution, which been sent to governments and non-governments organizations in Georgia, Armenia and Azerbaijan (**page 294-295, photo 5, 6, 7**).

- ◆ On October 6-8, 2012 2<sup>nd</sup> International Conference was held in Kutaisi - „Non classical issues of mechanics” (city Kutaisi, Georgia); It dedicated to 80<sup>th</sup> anniversary Doctor of Technical Sciences Nodar Valishvili - first rector of Kutaisi Polytechnical University, professor of Akaki Tsereteli State University (Emeretusi). Doctor of Technical Sciences, professor Givi Gavardashvili- Director of Institute was member of organizing committee and did report: “Determination of reliability of the trapesoidal for spring-board type debris flow control new dam”.

### Abroad:

- ◆ On September 23-28, 2012 in town Czestochova (Poland) in University of Technology was held IV International Conference on the theme: „Future problems of architects and construction”. In conference were participating 270 scientific-specialists from 18 country of World ”. The collection of scientific works two tomes: I tome -452 pages and II tome – 272 pages was published.

By decision of International Organizing Committee Director of Institute, Doctor of Technical Sciences, professor Givi Gavardashvili was member of Organizing Committee of Conference, on 25 September at I session he made the report on the theme: „Calculation of new anti snow avalanche construction” and on 27 September – head of III session of conference (**page 296-297, photo 8, 9, 10, 11**).

In order to prepare collaboration memorandum between Georgian Technical University and Czestochova University of Technology were held meetings to rector of university, prof. Maria Novitska-Skovrona, to dean of civil engineering faculty of same university, prof. Viochik Novaki (**page 297, photo 12, 13**).

On September 26, 2012 IV forum of builders held in city Katowice under the patronage of president of Poland Bronisław Komorowski, where famous builders of country awarded state orders, medals and diplomas. After the award ceremony was held meeting to famous specialists of environmental protection, engineer-ecologists and other field of hydro techniques (**page 298, photo 14**).

The meetings held to scientific-specialists working in civil construction and environmental protection, professors: professor Hui Wu – Dean of Beijing University of civil engineering and architect (China), professor Marian Drissa – Deputy Dean of civil engineering faculty of Slovakia University (Slovakia), professor Kazimir Plaga – Krakow University of Technology (Poland), professor Oganek Tokmanjian – Rector of Yerevan University Architect and Construction (Armenia), professor Evgeni Smirnov – Pro-rector of Saint-Petersburg State University of Architect and Construction (Russia), Imre Nerechi – Executive director of firm „development of civil construction” (Hungary) and etc. Discussions focused of educational and scientific collaboration between Institute and above mentioned countries.

- ◆ On October 17, 2012 – II International Conference „Debris flows, disasters, risks and environmental protection” (Moscow, Russia), which dedicated to 100 anniversary of profesor of Moscow Lomonosov University Mikheil Pleishman- one of the founders of debris flow science. Director of institute, doctor of Technical sciences, professor Givi Gavardashvili was member of organizing committee and presented report on the theme: „The modern methods of fight against debris flow and methodology treatment of their design”

## EDUCATION ACTIVITIES

- ◆ On March 21-25, 2012 on the base of professional education program „Melioratori” (agromelioratori, hydromelioratori) (accreditation #6/s, 2.10.2007) development in the Water Management Institute of Georgian Technical University with the purpose of program presentation, director of Institute, prof. Givi

## CHRONICLE

---

Gavardashvili and senior specialist Zurab Lobjanidze were town Sighnaghi and Dedoplistskaro to meet with heads of schools, 12<sup>th</sup> grade students and their parents and every interested persons.

- ◆ On August 30, 2012 in embassy of USA in Tbilisi was meeting between representatives of embassy and agrarian department of USA. At the meeting were attended by participants of Kokhran program: Director of Institute , Doctor of Technical Sciences Givi Gavardashvili, scientific workers: PhD Kote Bziava and Kote Iordanishvili, employee in USA embassy in Georgia Demna Dzirkvadze, deputy Minister of Agriculture of Georgia Malkhaz Aqishbaia and head of International training of Agrarian Department of USA Lev Kuchevski (Washington).

Discussions focused on internship of scientific workers in Washington in order to arise level of agricultural reclamation professional teaching in Institute.

## GRANT ACTIVITIES

- On October 30, 2012 on the web-site of Georgian National Scientific fund published results of competition of president grants for Young scientists 2012 in Shota Rustaveli National Scientific fund. From 77 winners of competition two projects are from Water Management Institute (heads of grants – employees of institute: Marine Shavlakadze and Giorgi Omsarashvili).

In 2012 scientific-workers of Institute presented 16 project in grant project competition of Shota Rustaveli National Scientific Fund in direction of fundamental and usable sciences.

### Grant of the Georgian National Science Foundation

#### Grant №GNSF/STO9-622-7-105

“Assessment of the conditions of the vulnerability of Georgia’s mountain reservoirs, storage hydraulic engineering structures and of their reliable exploitation conditions”, 1.01.2010-31.12.2012 (Research Director – PhD K. Iordanishvili);

## STUDY COURSES ABROAD

- ◆ From April 28 to May 5, 2012 scientific worker of Department of Modeling water management objects of Institute PhD Konstantine Iordanishvili was in city Chinji of China (province of Hunan) for discuss and eventually agree to Chinese side (company „Hunan sunny hydro equipment corporation“) issues of project Larsi-Hess constructing on the river Tergi.
- ◆ From 19 June to 3 July, 2012 scientific worker of department of environmental protection and engineering ecology of Water Management Institute of Georgian Technical University, PhD Konstantine Bziava was in State of Washington for consider grant project #SfP 982227 „Water resources management in agro systems in Caucasia trans boundary regions- Azerbaijan, Georgia and Armenia” with budget of project, for meeting director of Nato project professor Gerit Guugenbum.
- ◆ From October 10 to October 16, 2012 PhD Konstantine Iordanishvili – scientific worker of Department of Modeling Water Management Objects of Water Management Institute of Georgian Technical University, head of grant project №GNSF/STO9-622-7-105 „ Assessment of the conditions of the vulnerability of Georgia’s mountain reservoirs, storage hydraulic engineering structures and of their reliable exploitation conditions“ was in Czech Republic about issues of project performance, to study conditions of water reservoirs exploitation. Meetings were arranged to representatives of company „Energopro”.

## THE PROJECTS OF STATE IMPORTANCE

- ◆ On August 27, 2012 in Institute was held meeting about issues of town Kvareli population protection from debris flow formed in the river Duruji bed. At the meeting were attended by general director of Russian Scientific union „Hydrotechproject” PhD Aleksii Vinogradov, doctor of geography science, professor Emil

## CHRONICLE

---

Tsereteli, PhD Giorgi Kherkheulidze, architect Giorgi Abuladze, engineer-builder Ivane Khelashvili and senior scientific-workers of institute doctor of technical science professors: Givi Gavardashvili and Vakhtang Tevzadze. To arrange scientific-research and investigation joint works in the river Duruji was planned (**page 300, photo 15**).

### MONOGRAPHY PUBLISHED BY THE INSTITUTE IN 2012

- I. K. Iordanishvili, K. T. Iordanishvili. Issues of eco-evolution of mountain water reservoirs of Georgia. Tbilisi. pub. „Universal”, 2012. 185 p.

### GUIDELINE FOR HIGH EDUCATION INSTITUTES BY THE INSTITUTE IN 2012

- Z. Ezugbaia, G. Iosebashvili, I. Iremashvili. Technology of build of building and constructions. GTU, Tbilisi. pub. „Universal”, 2012. 420 p.

### AWARD FOR THE INSTITUTE

- On September 23-28, 2012 in town Czestochova (Poland) in University of Technology was held IV International Conference on the theme: „Future problems of architects and construction”. On September 25, 2012 professor Givi Gavardashvili awarded by diploma of Czestochova University of Technology and silver medal for his contribution to the Georgian and Poland Sciences development (**page 301-302, photo 16, 17, 18**).

---

---

## ХРОНИКА

### ИНФОРМАЦИЯ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНСТИТУТА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

2012 г.

В институте, основанном в 1929 году, в настоящее время работают 65 сотрудников, отсюда 57 % – научные сотрудники, среди них: 1 – вице-президент Национальной академии наук Грузии, академик-секретарь и зав. отделом сельского хозяйства той же академии; 1 – член-корреспондент Академии сельскохозяйственных наук Грузии, 4 – академики Инженерной академии, 4 – академики Академии экологии, 7 – доктора наук, 20 – академические доктора, 1 – докторант и 3 – магистры.

#### НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИНСТИТУТА

- ◆ В периодических изданиях 2012 года сотрудниками института были опубликованы более 50 статей, 1 монографий и 1 учебник для высшего учебного заведения;
- ◆ В 2012 году институт издал сборник научных трудов № 67, посвященный 90-летию основания Грузинского Технического Университета;
- ◆ В институте разрабатывается 17 бюджетных тем актуальных с точки зрения участвовавших в стране природных катастроф и научной разработки мероприятий по охране окружающей среды.

#### НАУЧНЫЕ СВЯЗИ ИНСТИТУТА

##### Грузия:

- 27 февраля 2012г. Институт посетили ректор Ереванского государственного университета архитектуры и строительства проф. О.Токмаджян и проф. Л.Токмаджян, был оформлен меморандум о научных грантах и подготовке молодых ученых. Было согласовано проведение 22-28 июня II научно-технической конференции в Кобулети на тему «Современные проблемы охраны окружающей среды, архитектуры и строительства». В беседе отмечалось, что конференции будут проводиться ежегодно и приобретут статус международных научно-технических конференций.
- 9 марта 2012г. сотрудники института Г.Гавардашвили, И.Иремашвили, З.Лобжанидзе, Р. Диаконидзе, Г.Чахаиа, Л.Цулукидзе и Т.Супаташвили приняли участие в встрече с зарубежными коллегами в выставочном зале Грузинского технического университета, где обсуждались возможности сотрудничества Института и Университета Айова (США) (стр. 290, фото 1).
- 25 октября 2012 года в г. Тбилиси в гостинице Бетс состоялась встреча группы единомышленников по вопросу сокращения риска катастроф. Встреча была организована организацией UNDP и ее целью было повышение уровня сознания с точки зрения сокращения риска катастроф. Во встрече приняли участие сотрудники Института водного хозяйства: Х.Л. Кикнадзе, Т.Л. Супаташвили, К.З. Дадияни и Л.Д. Маисая.
- 29 октября 2012 года в Национальной Академии Наук Грузии состоялась встреча у вице-президента Академии, академика О. Натишвили. На встрече присутствовали директор института, доктор технических наук, профессор Г. Гавардашвили, член-корреспондент Академии Т. Урушадзе и гость – главный научный сотрудник НИИ Гидротехники и Мелиорации им. А.Н.Костякова Российской Академии сельскохозяйственных наук, доктором сельскохозяйственных наук Ю.Можайский. Беседа касалась вопросов сотрудничества в области научно-исследовательских и проектных работ, а также подготовки молодых научных сотрудников. Ю.Можайский обратил внимание на необходимость проведения совместных научно-исследовательских работ, публикации монографий, а также до конца 2012 года оформления меморандума о сотрудничестве в области мелиорации, в частности, в вопросах рекультивации переувлажненных и засоленных почво-грунтов. Академик О. Натишвили одобрил эти предложения и поддержал инициативу двух высокорейтинговых институтов постсоветского пространства сотрудничать в области мелиорации.

- 8 ноября 2012 года на Комиссии Национальной Академии Наук Грузии по изучению проблем природных катастроф (председатель-акад. О.Натишвили, ученый секретарь, член-кор. акад. Г. Габричидзе) обсуждались вопросы, связанные с риском и безопасностью строительства Худони ГЭС. При рассмотрении этого проекта проф. Г.Гавардашвили поставил вопрос о необходимости проведения крупномасштабного моделирования энергетических, мелиоративных и других проектируемых гидроузлов Грузии в гидротехнической лаборатории Института водного хозяйства. Это предложение было поддержано известными учеными: акад. О.Натишвили ( вице президент Национальной Академии Наук Грузии, академик-секретарь), проф. Р.Арвеладзе (президент Академии энергетики Грузии), А.Читанава, Г.Шаламберидзе (директор Института «Грузгидрострой»), проф. В.Тевзадзе (руководитель отдела природных катастроф Института водного хозяйства), проф. Т. Гвелесиани (Грузинский технический университет), проф. И.Нониев(директор ООО «Гидродиагностика»). Комиссия постановила подготовить предложения для представления премьер-министру Грузии.
- 9 ноября 2012 года в Институте находилась г-жа Т.Калатаси – координатор проектов мелиорации из Готингенского университета (Германия). Обсуждался вопрос подготовки меморандума о сотрудничестве Готингенского университета и Грузинского института водного хозяйства, обмена молодыми учеными и студентами, экспертной работы и составления программ совместных международных грантов. Директор Института водного хозяйства, доктор технических наук, проф. Г.Гавардашвили поблагодарил г-жу Т.Калатаси и передал поздравления ректору Готингенского университета У. Беисигелу в связи с 275- летием Университета (**стр. 291, фото 2**).

**За границей:**

- В июне 2012г. научный сотрудник отдела «Охраны окружающей среды и инженерной экологии» института Т.Супаташвили приняла участие в конкурсе, объявленном 5 июля 2010г. в соответствии с меморандумом между Институтом водного хозяйства и Вроцлавским университетом – для соискания стипендии проф. С.Толпа (Professor Stanislaw Tolpa Scholarship). Т.Супаташвили получено финансирование 2-х месячной учебной командировки в г. Вроцлав на факультет «Защиты окружающей среды и геодезии» Вроцлавского университета.

**НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**

- 23-26 февраля 2012 года Институт принял участие во II Международной выставке, посвященной вопросам высшего и профессионального образования, учебе за границей и сервису студентов, проведенной в Тбилиси в центре «Экспо-Джорджия», в которой приняли участие представители учебных организаций Грузии и 14-ти стран мира. На стенде Грузинского технического университета были выставлены авторские работы – 2 макета Института водного хозяйства – проф. Г.Гавардашвили «Противоселевое сооружение трамплинного типа» и акад. доктора В.Самхарадзе «Катковый бороздодел» (**стр. 292, фото 4**).
- 28 апреля 2012г. в выставочном павильоне #11 при поддержке Тбилисской мэрии была открыта выставка работ грузинских изобретателей, в которой приняли участие директор института, докт.техн.наук Г.Гавардашвили (им был представлен макет «Противоселевое сооружение трамплинного типа»), а также Заслуженный изобретатель, ст.научный сотрудник отдела «Моделирования водохозяйственных объектов», акад. доктор В.Самхарадзе (макет «Каткового бороздодела»). Оба изобретения вызвали большой интерес и были освещены в телевизионных передачах.
- 7 декабря 2012 года Совет Национальной академии наук Грузии утвердил комиссию по изучению « научных проблем природных катастроф», действующую при Совете академии в составе 13 членов, в том числе директора института, доктора техн. наук, профессора Гавардашвили Г.
- 12 декабря 2012 года на 17 заседании Сената Грузинского технического университета было рассмотрено и утверждено постановление № 820 от 4 декабря 2012 года Академического совета того же университета по вопросу о присвоении дополнительного учебного статуса научно-исследовательской гидротехнической лаборатории института.



---

---

МЕЖДУНАРОДНЫЕ МЕМОРАНДУМЫ

- 1-го ноября 2012 г. в г. Рязани (Россия) оформлены Международные меморандумы между:
  1. Институтом Водного Хозяйства ГТУ и филиалом Мешерского Научно- исследовательского Института Сельскохозяйственной Академии Наук им.А. Костякова (директор кандидат сельскохозяйственных наук, проф. С. Перегудов).
  2. Институтом Водного Хозяйства ГТУ и «ООО» Мешерского Научно- технического центра (ген. директор – доктор сельскохозяйственных наук, проф. И. Можайский).

Договоры о взаимосотрудничестве предполагают обмен студентов, магистрантов и докторантов, молодых учёных- специалистов, а также подготовку совместных грантовых проектов.

По совместному соглашению предполагается повышение квалификации научных сотрудников, обмен опыта по внедрению гидротехнических сооружений и мелиорации с учётом использования современных методов, издание совместных публикаций, участие в совместных научных проектах и программах с учётом общих интересов.

УЧАСТИЕ В МЕЖДУНАРОДНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ И СИМПОЗИУМАХ

Грузия

- 24-31 июля 2012г. в г.Кобулети (Грузия) при поддержке Министерства образования и науки Грузии, Грузинского технического университета, Института водного хозяйства и Экоцентра охраны окружающей среды была проведена II Международная научно-техническая конференция Южного Кавказа на тему «Современные проблемы охраны окружающей среды, архитектуры и строительства». В работе конференции приняли участие ученые-специалисты из Грузии, Азербайджана и Армении. Были проведены презентации: из Грузии – 18 докладов, Армении – 12, Азербайджана – 3. Грузинскими, Азербайджанскими и Армянскими учеными-специалистами был поставлен вопрос о создании ученой секции Южного Кавказа , которая будет осуществлять мониторинг качества поверхностных вод. Была утверждена ученая секция в следующем составе: Г.Гавардашвили (председатель секции), О.Токмаджян (сопредседатель), Ф.Иманов (сопредседатель), И.Иремашвили (ученый секретарь), Т.Гвелесиани, З.Цихелашвили, Н.Чхаидзе, А.Саруханян, Т.Зейналов. Секции было поручено в течение 3-х месяцев представить основные определяющие показатели качества вод рек бассейнов Черного и Каспийского морей. В соответствии с программой,

24-27 июля была проведена научная часть конференции, а 28-31 июля были осуществлены научно-профессиональные экскурсии для ознакомления с природозащитными сооружениями в горной Аджарии, а также объектами высотного строительства г. Батуми. Ход конференции освещался Аджарским телевидением (25 июля) и прессой (газета «Ачара» от 28 июля). Была издана программа и сборник научных трудов II международной конференции (150 стр.). Перед закрытием конференции был рассмотрен вопрос о созыве III международной конференции в июле 2013 года в г. Тбилиси. Конференция приняла резолюцию, которая была направлена правительствам Грузии, Азербайджана и Армении, а также соответствующим неправительственным организациям (стр. 294-295, фото 5, 6, 7).
- 6-8 октября 2012 года в г. Кутаиси прошла II Международная конференция «Неклассические задачи механики», посвященная 80-ти летию первого ректора Кутаисского политехнического университета, доктора технических наук, профессора Н. Валишвили. Директор института, доктор технических наук, профессор Г. Гавардашвили был членом организационного комитета конференции и выступил с докладом «Determination of reliability of the trapezoidal for spring-board type depress flow control new dam».

За границей:

- 23-28 сентября 2012 года в Техническом университете г. Честохов (Польша) состоялась IV Международная конференция на тему «Проблемы будущего архитектуры и строительства». В

работе конференции приняли участие 270 ученых специалистов из 18 стран мира; сборник докладов участников конференции был опубликован в двух томах: I том – 452 страницы, II том – 272 страницы. В соответствии с решением Международного организационного комитета, директор института, доктор технических наук, профессор Г. Гавардашвили был членом организационного комитета конференции. На I сессии конференции, состоявшейся 25 сентября Г. Гавардашвили сделал доклад на тему « Calculation of New Anti-Snow Avalanche Construction», а 27 сентября руководил III сессией конференции (стр. 296-297, фото 8, 9, 10, 11).

- С целью подготовки меморандума о сотрудничестве между Грузинским техническим университетом и Честоховским технологическим университетом состоялись встречи с ректором университета, профессором М. Новицка-Сковронт, а также с деканами факультетов «Гражданского строительства» и «Инженеринга», профессорами Я. Раичиком и В. Новаком (стр. 297, фото 12, 13).
- 26 сентября 2012 года под патронажем президента Польши г-на Б.Комаровского в городе Катовицах прошел IV форум государственных строителей, на котором заслуженные строители были награждены государственными орденами, медалями и дипломами. После награждения состоялась рабочая встреча с известными специалистами охраны окружающей среды, инженер-экологами и гидротехниками (стр. 298, фото 14).

Прошли встречи с известными в мире учеными и специалистами в области мостостроения, гражданского строительства, охраны окружающей среды: деканом Пекинского университета гражданского строительства и архитектуры, профессором Ху Ву; заместителем декана Словацкого университета гражданского строительства, профессором М. Друсом; профессором Краковского технологического университета К.Флагом; ректором Ереванского государственного университета строительства и архитектуры, профессором О. Токмаджяном; проректором Санкт-Петербургского Государственного университета архитектуры и строительства, профессором Е. Смирновым; исполнительным директором фирмы «Развитие гражданского строительства» Имре Немеч (Венгрия). Разговор касался вопросов сотрудничества между университетами и странами в области образования и науки.

- 17 октября 2012 года в г. Москве состоялась II Международная конференция «Сели, катастрофы, риски и защита», посвященная 100 летию со дня рождения одного из основателей селеведения, профессору Московского университета им. Ломоносова М.Флейшману. Директор института, доктор технических наук, профессор Г.Гавардашвили был членом организационного комитета конференции и выступил с докладом «Современные мероприятия по борьбе с селями и разработка методологии для их проектирования».

## ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

- 21-25 марта 2012г. в гг.Сигнахи и Дедоплискаро директор Института проф. Г.Гавардашвили и старший специалист З. Лобжанидзе провели презентацию программы профессионального образования «Мелиоратор» (агромелиоратор, гидромелиоратор). Программа была составлена Грузинским институтом водного и аккредитирована Грузинским техническим университетом (№ 0614, 2.10.2007). В презентации приняли участие ученики 12-го класса, их родители и другие заинтересованные лица.
- 30 августа 2012 года в городе Тбилиси в посольстве США прошла встреча между работниками посольства и сотрудниками аграрного департамента США. Встречу организовал начальник политического управления посольства г-н Алан Мессер. На встрече присутствовали участники программы «Кохрана»: сотрудник посольства США в Грузии Д. Дзирквадзе, заместитель министра сельского хозяйства Грузии М. Акишбая, руководитель международного тренинга аграрного департамента США Л. Кучинский (Вашингтон), директор института, доктор технических наук Г. Гавардашвили и научные сотрудники института: акад. доктора К. Бзиава и К. Иорданишвили. Беседа касалась вопросов стажировки ученых специалистов в Вашингтоне с целью повышения уровня профессиональной учебы в области агроинженерии и, в частности, сельскохозяйственной мелиорации.

---

---

**ГРАНТОВЫЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**

- 30 октября 2012 года на электронной странице Грузинского национального научного фонда были объявлены итоги конкурса 2012 года среди молодых ученых на получение Президентского гранта Национального научного фонда им. Шота Руставели. Среди 77 победителей конкурса оказались два проекта института водного хозяйства (руководители – сотрудники института: Г. Омсарашвили и М. Шавлакадзе).

В 2012 году сотрудниками института было представлено 16 проектов фундаментального и прикладного направления на соискание грантов Национального научного фонда им. Ш. Руставели.

**Грант национального научного фонда**

**Грант № GNSF/STO9-622-7-105**

“Оценка уязвимости и условий надежной эксплуатации горных водохранилищ Грузии и их водоподпорных гидротехнических сооружений”. 1.01.2010-31.12.2012 (Руководитель гранта – акад. докт. К. Иорданишвили);

**СТАЖИРОВКА ЗА ГРАНИЦЕЙ**

- С 28 апреля по 5 мая 2012г. научный сотрудник отдела «Моделирования водохозяйственных объектов», акад.доктор К.Иорданишвили был в г.Чинджи (Китай, провинция Хунан) для рассмотрения и окончательного согласования проекта строящейся Ларси-ГЭС на р. Терек (компания “Hunan sunny hydro equipment corporation”).
- С 19 июня по 3 июля 2012 г. научный сотрудник отдела «Охраны окружающей среды и инженерной экологии», акад.доктор К.Бзиава находился в университете штата Вашингтон (США), где произошла встреча с директором проекта НАТО проф. Г.Гуугенбумом. Командировка была финансирована проектом гранта Sfr 982227 «Управление водных ресурсов в агроэко-системе Южного Кавказа в трансграничных регионах – Азербайджан, Грузия, Армения».
- С 10 по 16 октября 2012 года научный сотрудник отдела «Моделирование водохозяйственных объектов» института водного хозяйства Грузинского технического университета, руководитель гранта № GNSF/STO9-622-7-105 «Оценка уязвимости и надежности условий эксплуатации водоподпорных гидротехнических сооружений и горных водохранилищ Грузии», акад. доктор К. Иорданишвили был командирован в республику Чехия с целью изучить условия эксплуатации водохранилищ страны. Прошла рабочая встреча с сотрудниками компании «Energo – Pro».

**ПРОЕКТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ**

- 27 августа 2012 года в институте состоялась встреча, связанная с вопросом защиты населения г. Кварели от селевых потоков, формирующихся в русле реки Дуруджи. На встрече присутствовал генеральный директор российского научно-производственного объединения «Гидротехпроект», кандидат технических наук А.Виноградов, доктор географических наук, профессор Э.Церетели, акад. доктор Г. Херхеулидзе, архитектор Г.Абуладзе, инженер строитель И. Хелашвили и главные научные сотрудники института, доктора технических наук, профессора Г. Гавардашвили и В. Тевзадзе. В русле реки Дуруджи были запланированы совместные научно-исследовательские и изыскательские работы (стр. 300, фото 15).

**МОНОГРАФИЯ ИНСТИТУТА, ИЗДАН В 2012 ГОДУ**

- И.К. Иорданишвили, К.Т. Иорданишвили. Вопросы эволюции горных водохранилищ Грузии. Тбилиси. Издат. «Универсал», 2012 г., 185 стр.

**УЧЕБНИК ДЛЯ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ, ИЗДАН В 2012 ГОДУ**

- З.Езугбая, Г. Иосебашвили, И. Иремашвили. Технология возведения зданий и сооружений. ГТУ, Тбилиси. Издат. «Универсал», 2012 г., 420 стр.

**НАГРАДЫ ИНСТИТУТА**

- 23-28 сентября 2012 года в Техническом университете г. Честохов (Польша) состоялась IV Международная конференция на тему «Проблемы будущего архитектуры и строительства». 25 сентября за вклад в развитие Грузинской и Польской науки Г. Гавардашвили был награжден дипломом и серебряной медалью Честоховского технологического университета (стр. 301-302, фото 16, 17, 18).

## აკტორთა საძიებელი

არუტინიანი ვ.	151	იორდანიშვილი ი.	84, 100	ომსარაშვილი გ.	45, 203
ატანესიანი ვ.	8, 180	იორდანიშვილი კ.	100	ოქრიაშვილი ო.	176
ახალაია გ.	217	იოსებაშვილი გ.	108	პაშაევი ე.	185
ბაციკაძე თ.	13	ირემაშვილი ი.	79, 108	სამხარაძე ვ.	162
ბენ-ჰური მ.	54	იტრიაშვილი ლ.	116, 121	სარუხანიანი ტ.	166
ბერიძე ვ.	217	კავთუაშვილი ნ.	237	სიჭინავა პ.	45, 141
ბზიავა კ.	226, 231	კამკამიძე კ.	128	სოსხაძე კ.	171
ბოსიკაშვილი შ.	203	კანდელაკი ნ.	100	სუპატაშვილი თ.	176, 203
ბრეგვაძე გ.	131	კეკელიშვილი ლ.	198	ტაბატაძე დ.	209
გაბრიჩიძე ი.	128	კერესელიძე დ.	131	ტოკმაჯიანი ვ.	180
გავარდაშვილი ა.	17	კიკაბიძე მ.	141	ტოკმაჯიანი ლ.	8
გავარდაშვილი გ.	22, 54	კიკნაძე ხ.	121	ტრაპაიძე ვ.	131
გალსტიანი გ.	8	კლექიანი დ.	137	ფოცხვერია დ.	84
გემენავა გ.	221	კუპრეიშვილი შ.	49, 141	ფურცელაძე ლ.	188
გვარამია ე.	128	კუხალაშვილი ე.	226, 231	ქონლაძე ნ.	194
გორჯოლაძე ი.	32	ლობჯანიძე ზ.	141	ლოღელიანი ლ.	237
გორჯოლაძე ნ.	32	ლორთქიფანიძე ფ.	79, 203	ყირმელაშვილი გ.	213
გორჯოლაძე ხ.	32	მაისაია ლ.	141, 176	ყიფიანი გ.	209, 221
ღადიანი ქ.	40, 121	მამედოვა შ.	145	ყრუაშვილი ი.	226, 231
ღიაკონიძე რ.	45, 203	მარკოსიანი ა.	151	შავლაყაძე მ.	121, 203
ღოხნაძე გ.	49	მარტიროსიანი ტ.	151, 156	შურღაია ვ.	198
ღუდაი ნ.	54	მელიქიანი ნ.	156	ჩალაძე ლ.	108
ეზუგბაია ზ.	108	<b>მირცხულავა ც.</b>	54	ჩახაია გ.	45, 203
ელიზბარაშვილი ნ.	49	მკრტუმიანი მ.	151	ცხვედაძე რ.	209
ვარაზაშვილი ზ.	45, 203	მსხილაძე ნ.	108	წულუკიძე ლ.	45, 203
ვართანოვი მ.	65	მურღულია ნ.	13	ჭარბაძე ზ.	72, 159
ზაქაიძე ი.	198	ნათიშვილი ო.	159	ჭეიშვილი შ.	79
თევზაძე ვ.	72, 159	ნატროშვილი გ.	226, 231	ხატიაშვილი ე.	237
თევზაძე თ.	79, 84	ნიბლაძე ნ.	72	ხოსროშვილი ე.	100, 121
იმანოვი ფ.	94	ნიჟარაძე ჯ.	13	ხუბულავა ი.	45, 203
ინაშვილი ი.	226, 231	ნურიევი ა.	94	ჯანელიძე თ.	162
				ჰასანოვა ნ.	241

## AUTHOR INDEX

Akhalaia G.	221	Inashvili I.	226, 231	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Mirtskhoulava Ts.</span>	54
Atanesyan V.	8, 180	Iordanishvili I.	84, 100	Mkrtumyan M.	151
Batsikadze T.	13	Iordanishvili K.	100	Mskhiladze N.	108
Ben-Hur M.	54	Iosebavili G.	108	Murgulija N.	13
Beridze V.	221	Iremashvili I.	79, 108	Natishvili O.	159
Bosikashvili Sh.	203	Itriashvili I.	116, 121	Natroshvili G.	226, 231
Bregvadze G.	131	Janelidze T.	162	Nibladze N.	72
Bziava K.	226, 231	Kamkamidze K.	128	Nizharadze J.	13
Chaladze L.	108	Kandelaki N.	100	Nuriev A.	94
Chakhaia G.	45, 203	Kekelishvili L.	198	Okriashvili O.	176
Charbadze Z.	72, 159	Kavtuashvili N.	237	Omsarashvili G.	45, 203
Cheishvili Sh.	79	Kereselidze D.	131	Pashayev E.	185
Dadiani K.	40, 121	Khatiashvili E.	237	Phurtseladze L.	188
Diakonidze R.	45, 203	Khosroshvili E.	100, 121	Potskhveriya D.	84
Dokhnadze G.	49	Khubulava I.	45, 203	Samkharadze V.	162
Dudai N.	54	Kikabidze, M.	141	Sarukhanyan T.	166
Elizbarashvili N.	49	Kiknadze Kh.	121	Shavlakadze M.	121, 203
Ezugbaya Z.	108	Kipiani G.	209, 221	Shurgajia V.	198
Gabrighidze I.	128	Kirmelashvili G.	213	Sichinava P.	45, 141
Galstyan G.	8	Klekchyan D.	137	Sokhadze K.	171
Gavardashvili A.	17	Kochladze N.	194	Supatashvili T.	176, 203
Gavardashvili G.	22, 54	Kruashvili I.	226, 231	Tabatadze D.	209
Gegenava G.	221	Kukhalashvili E.	226, 231	Tevzadze T.	79, 84
Gogeliani L.	237	Kupreishvili Sh.	49, 141	Tevzadze V.	72, 159
Gorjoladze I.	32	Lobjanidze Z.	141	Tokmajyan L.	8
Gorjoladze Kh.	32	Lordkipanidze P.	79, 203	Tokmajyan V.	180
Gorjoladze N.	32	Maisaija L.	141, 176	Trapaidze V.	131
Gvaramia E.	128	Mammedova Sh	145	Tsxvedadze R.	209
Harutyunyan V.	151	Markosyan A.	151	Tsulukidze L.	45, 203
Hasanova N.	241	Martirosyan T.	151, 156	Varazashvili Z.	45, 203
Imanov F.	94	Meliqyan N.	156	Vartanov M.	65
				Zaqaidze I.	198

## УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

Арутюнян В.Р.	151	Инашвили И.Д.	226, 231	Натишвили О.Г.	159
Атанесян В.А.	8, 180	Иорданишвили И.К.	84, 100	Натрошвили Г.	226, 231
Ахалая Г.	221	Иорданишвили К.Т.	100	Нибладзе Н.Ш.	72
Бацикадзе Т.В.	13	Иосебашвили Г.З.	108	Нижарадзе Дж.А.	13
Бен Хури М.	54	Иремашвили И.Р.	79, 108	Нурийев А.А.	94
Беридзе В.	221	Итриашвили Л.А.	116, 121	Окриашвили Л.Д.	176
Бзиава К.Г.	226, 231	Кавтуашвили Н.	237	Омсарашвили Г.Г.	45, 203
Босикашвили Ш.А.	203	Камкамидзе К.	128	Пашаев Э.П.	185
Брегвадзе Г.	131	Канделаки Н.В.	100	Поцхверия Д.Ш.	84
Варазашвили З.Н.	45, 203	Кекелишвили Л.Г.	198	Пурцеладзе Л.Д.	188
Вартанов М.В.	65	Кереселидзе Д.Н.	131	Самхарадзе В.И.	162
Габричидзе Ю.Д.	128	Кикабидзе М.Н.	141	Саруханян Т.А.	166
Гавардашвили А.Г.	17	Кикнадзе Х.Л.	121	Сичинава П.О.	45, 141
Гавардашвили Г.В.	22, 54	Клекчян Д. Г.	137	Сохадзе К.В.	171
Гасанова Н.И.	241	Купреишвили Ш.З.	49, 141	Супаташвили Т.Л.	176, 203
Галстян Г.Ш.	8	Кухалашвили Э.Г.	226, 231	Табатадзе Д.	209
Гварамя Э.	128	Кипиани Г.О.	209, 221	Тевзадзе В.И.	72, 159
Гегенава Г.	221	Кирмелашвили Г.И.	213	Тевзадзе Т.В.	79, 84
Гогелиани Л.Д.	237	Кочладзе Н.Т.	194	Токмаджян В.О.	180
Горджоладзе И.	32	Круашвили И.Г.	226, 231	Токмаджян Л.В.	8
Горджоладзе Н.	32	Лобжанидзе З.К.	141	Трапаидзе В. З.	131
Горджоладзе Х.	32	Лордкипанидзе П.Н.	79, 203	Хатиашвили Э.	237
Дадиани К.З.	40, 121	Маисая О.Т.	141, 176	Хосрошвили Е.З.	100, 121
Диаконидзе Р.В.	45, 203	Мамедова Ш.И.	145	Хубулава И.В.	45, 203
Дохнадзе Г. П.	49	Маркосян А.Х.	151	Цулукидзе Л.Н.	45, 203
Дудаи Н.	54	Мартиросян Т.С.	151, 156	Цхведадзе Р.М.	209
Джанелидзе Т.Р.	162	Меликян Н.	156	Чаладзе Л.Р.	108
Езугбая З.А.	108	<u>Мирицхулава Ц.Е.</u>	54	Чарбадзе З.Д.	72, 159
Элизбарашвили Н.К.	49	Мкртумян М.М.	151	Чახая Г.Г.	45, 203
Закаидзе И.Г.	198	Мсхиладзе Н.Г.	108	Чеишвили Ш.Н.	79
Иманов Ф.А.	94	Мургулия Н.Н.	13	Шавლაкадзе М.Н.	121, 203
				Шургая В.Ш.	198

**შ ი ნ ა ა რ ს ი**

<b>სტუ-ს 90 წლის იუბილესთან დაკავშირებით</b> -----	<b>3</b>
<b>ატანესიანი ვ., გალსტიანი გ., ტოკმაჯიანი ლ.</b> ბეტონის სამუშაოებისა და მუშა ნაკერების ორბანიზაცია მონოლითური ნაგებობების აბებისას (სომხეთი) -----	<b>8</b>
<b>ბაციკაძე თ., მურდულია ნ., ნიჟარაძე ჯ.</b> ზღვრული დატვირთვის მეთოდის გამოყენება ლერძიმიმტრული დატვირთვის შემთხვევაში (საქართველო) -----	<b>13</b>
<b>გავარდაშვილი ა.</b> შავი ზღვის ეკოლოგიური პრობლემების შეფასება კომპიუტერული პროგრამებისა და მონაცემთა ბაზის გამოყენებით (საქართველო) -----	<b>17</b>
<b>გავარდაშვილი გ.</b> ქალაქ ყვარლის მოსახლეობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით მდინარე ღურუჯის კალაპოტში 2012 წლის მაისის თვეში განხორციელებული სავალი კვლევის შედეგები (საქართველო) -----	<b>22</b>
<b>გორჯოლაძე ი., გორჯოლაძე ნ., გორჯოლაძე ხ.</b> ცხრილით მოცემული მრავალცვლადიანი ფუნქციის ანალიზური სახით ჩაწერის და ექსპერიმენტის დაბეზებისა და ჩატარების მათემატიკური მოდელების მეთოდი (საქართველო) -----	<b>32</b>
<b>დადიანი ქ.</b> წყალდიდობების ანთროპოგენური მიზეზები (საქართველო) -----	<b>40</b>
<b>ღიაკონიძე რ., ჩახაია გ., წულუკიძე ლ., ვარაზაშვილი ზ., სიჭინავა პ., ხუბულავა ი., ომსარაშვილი გ.</b> ზღვის ტალღური ზემოქმედებისაგან საქართველოს შავიზღვისპირეთის ეკოლოგიური უსაფრთხოების რეკომენდაციები (საქართველო) ----	<b>45</b>
<b>დონაძე გ., ელიზბარაშვილი ნ., კუპრეიშვილი შ.</b> საიმპლორების თეორიის გამოყენება გეობრაფიულ კვლევებში (ეროზიული პროცესების შესწავლის მაგალითზე) (საქართველო) -----	<b>49</b>
<b>დუღაი ნ., გავარდაშვილი გ., <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">მირცხულავა ც.</span>, ბენ-ჭური მ.</b> ნიადაგის ეროზიის კონტროლი ვეტიკურის ვიწრო ზოლებით – ისრაელი-საქართველოს პროექტის მიხედვით (ისრაელი, საქართველო) -----	<b>54</b>
<b>ვართანოვი მ.</b> სამელიორაციო სამსახურსადაც ორბანიზაციების ეფექტური და მდგრადი ფუნქციონირების საკითხები (საქართველო) -----	<b>65</b>
<b>თევზაძე ვ., ჭარბაძე ზ., ნიბლაძე ნ.</b> მთის წყალსაღინარის ბასწვრივ ბგული ღვარცოფული ნაკადის ძირითადი პარამეტრების შეფასება (საქართველო) -----	<b>72</b>
<b>თევზაძე თ., ირემაშვილი ი., ჭეიშვილი შ., ლორთქიფანიძე ფ.</b> თიხოვანი ბრუნტების გაჯირჯვების პარამეტრების რეალური სიდიდის განსაზღვრის მეთოდიკა (საქართველო) -----	<b>79</b>
<b>თევზაძე თ., იორდანიშვილი ი., ფოცხვერია დ.</b> წყლის ხარისხის დინამიკა აღმოსავლეთ საქართველოს არიდული ზონის ხელოვნურ წყალსაცავებსა და მათ მიმდებარე გეოეკოლოგიურ ტერიტორიებზე (საქართველო) -----	<b>84</b>
<b>იმანოვი ფ., ნურიევი ა.</b> შირვანის მდინარეების ხეობების ანალიზი კალაპოტური პროცესების შესწავლის მიზნით (აზერბაიჯანი) -----	<b>94</b>
<b>იორდანიშვილი ი., იორდანიშვილი კ., ხოსროშვილი ე., კანდელაკი ნ.</b> შავი ზღვის სახიფათო მდგომარეობის რაოდენობრივი შეფასება (საქართველო) -----	<b>100</b>



<b>ირემაშვილი ი., ეზუგბაია ზ., იოსებაშვილი გ., მსხილაძე ნ., ჩალაძე ლ.</b> წყალმომარაგებისა და წყალარინების სისტემების აბების ტექნოლოგია მონოლითური რკინააბაზონისა (საქართველო) -----	<b>108</b>
<b>იტრიაშვილი ლ., კიკნაძე ხ.</b> ბენტონიტის მოდიფიკაციით მრავალმიზნობრივი ბრუნტამაშუმჯობესებელი კომპოზიტის მიღების ტექნოლოგია (საქართველო) -----	<b>116</b>
<b>იტრიაშვილი ლ., კიკნაძე ხ., ხოსროშვილი ე., შავლაყაძე მ., დადიანი ქ.</b> ნიადაგბრუნტების თვისებების მართვა პოლიკომპლექსის გამოყენებით (საქართველო) -----	<b>121</b>
<b>კამკამიძე კ., გაბრიჩიძე ი., გვარამია ე.</b> შორ მანძილზე ენერჯის გადაცემა წყალბადის გამოყენებით (საქართველო) -----	<b>128</b>
<b>კერესელიძე დ., ტრაპაიძე ვ., ბრეგვაძე გ.</b> ხულონის წყალსაცავში წყლის ხარისხისა და ევტროპიკაციული პროცესების პრობნოზირება (საქართველო) -----	<b>131</b>
<b>კლეჭიანი დ.</b> პლასტიკური ენერჯის დინამიკა და შთანთქმის კოეფიციენტი ჰიდროტექნიკური ბეტონის ციკლური ჩატვირთვა-განტვირთვის დროს (სომხეთი) -----	<b>137</b>
<b>კუპრეიშვილი შ., სიჭინავა პ., მაისაია ლ., კიკაბიძე მ., ლობჯანიძე ზ.</b> დახურული შემკრების მუშაობის თავისებურებების დადგენა (საქართველო) -----	<b>141</b>
<b>მამედოვა შ.</b> ზოგიერთ დაავადებასა და აზერბაიჯანის ძალაქების ატმოსფეროს დაბინძურების ხარისხს შორის ურთიერთკავშირის შესწავლა (აზერბაიჯანი) -----	<b>145</b>
<b>მარკოსიანი ა., მერტუმიანი მ., მარტიროსიანი ტ., არუტინიანი ვ.</b> გუნებრივი მონოკოლიების არსებობის თეორიული წინაპირობები (წყლისა და გაზის მობილიზაცია) (სომხეთი) -----	<b>151</b>
<b>მელიქიანი ნ., მარტიროსიანი ტ.</b> არარატის ვაკის ეკოლოგიური პრობლემების შესახებ (სომხეთი) -----	<b>156</b>
<b>ნათიშვილი თ., თევზაძე ვ., ჭარბაძე ზ.</b> ნატანებით ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოვის არათანაბარი მოძრაობა არაპროცესულ კალაპოტში (საქართველო) -----	<b>159</b>
<b>სამხარაძე ვ., ჯანელიძე თ.</b> შერღობა ეროზიის დამცავი არხისმჭრელის თეორიული კვლევა (საქართველო) -----	<b>162</b>
<b>სარუხანიანი ტ.</b> ჰიდრაულიკური დარტყმის მილსადენში წრფივად ცვალებადი დინამიკით სიბრძის მიხედვით განაბარიშება (სომხეთი) -----	<b>166</b>
<b>სოხაძე კ.</b> ეკონომიკის მართვის თანამედროვე პრობლემები (საქართველო) -----	<b>171</b>
<b>სუპატაშვილი თ., მაისაია ლ., ოქრიაშვილი თ.</b> სამრეწველო ნარჩენების როლი ბარემოს დაბინძურებაში (საქართველო) -----	<b>176</b>
<b>ტოკმაჯიანი ვ., ათანესიანი ვ.</b> გამონატანის დაჭერის სისტემა წყალბადამდლო ნაბეზობებში (სომხეთი) -----	<b>180</b>
<b>ფაშაევი ე.</b> სამეურნეო პირობების გავლენა მორწყვის სისტემაზე (აზერბაიჯანი) -----	<b>185</b>
<b>ფურცელაძე ლ.</b> წყალსამეურნეო ობიექტების მდგრადი და უსაფრთხო ფუნქციონირების პირობების გამოკვლევა ენტროპიის გამოყენებით (საქართველო) -----	<b>188</b>
<b>ქოჩლაძე ნ.</b> მდგრადი ინტერიერის დიზაინი – როგორც ეკოლოგიური მდგრადობის შენარჩუნების ფაქტორი (საქართველო) -----	<b>194</b>
<b>შურღაია ვ., ზაქაიძე ი., კეკელიშვილი ლ.</b> კოლხეთის დაბლობის ჭარბტენიან მიწებზე სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების სტრუქტურის სრულყოფის გზები (საქართველო)---	<b>198</b>

ჩახაია გ., ბოსიკაშვილი შ., ვარაზაშვილი ზ., დიაკონიძე რ., ხუბულავა ი., წულუკიძე ლ., სუპატაშვილი თ., შავლაყაძე მ., ლორთქიფანიძე ფ., ომსარაშვილი გ. ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგო გეოხალისა “ნესფილუ“-ს და “ნესბეო“-ს ლაბორატორიული კვლევა (საქართველო) -----	203
ცხვედაძე რ., ყიფიანი გ., ტაბატაძე დ. ოქროს კვეთი და მშენებლობა (საქართველო) -----	209
ყირმელაშვილი გ. ბაძო-თბილისი-ჯეიჰანის მატისტრალური ნავთობსადენის ავარიულ შემთხვევაში მდინარეებზე ცხრაწყაროსა და კუმისკაზე დამცავი საბუბრების მუშაობის ჰიდრაულიკურიგანგებარშიშვის ექსპერტიზის შედეგები (საქართველო) -----	213
ყიფიანი გ., ახალაია გ., ბერიძე ვ., გეგენავა გ. დაზიანებული დრეკადი ბარსული ტიპის კონსტრუქციების აღდგენა დისკრეტულად მიერთებული წიბოებით (საქართველო) -----	221
ყრუაშვილი ი., კუხალაშვილი ე., ინაშვილი ი., ბზიავა კ., ნატროშვილი გ. ვილტრაციის თავისებურებანი ნიადაგ-ბრუნტში (საქართველო) -----	226
ყრუაშვილი ი., კუხალაშვილი ე., ინაშვილი ი., ბზიავა კ., ნატროშვილი გ. ნიადაგ- ბრუნტში წყლის ვილტრაციის ანომალიებთან დაკავშირებული საკითხების შესწავლა (საქართველო) -----	231
სატიაშვილი ე., დოდელიანი ლ., კავთუაშვილი ნ. დამაბინებებელი მინარეების არასტაციონარული გადატანის პროცესები გაუდინარ საწყლონო სისტემებში (საქართველო) -----	237
ჰასანოვა ნ. წყალმოვარდნის ტალღის ტრანსფორმაციის გაანგებარშიშვა მდინარე არაზზე (აზერბაიჯანი) -----	241
ანოტაციები (ქართულ ენაზე) -----	244
ანოტაციები (ინგლისურ ენაზე) -----	260
ანოტაციები (რუსულ ენაზე) -----	274
ძრონიკა (ქართულ ენაზე) -----	289
ძრონიკა (ინგლისურ ენაზე) -----	303
ძრონიკა (რუსულ ენაზე) -----	309
ავტორთა საძიებელი (ქართულ ენაზე) -----	315
ავტორთა საძიებელი (ინგლისურ ენაზე) -----	316
ავტორთა საძიებელი (რუსულ ენაზე) -----	317

---

---

## CONTENTS

<b>DEDICATED TO THE 90 ANNIVERSARY OF GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY FOUNDATION</b> .....	<b>3</b>
<b>Atanesyan V., Galstyan G., Tokmajyan L.</b> ORGANIZATION OF CONCRETE AND CONNECTED LINES WORK IN MONOLITHIC CONSTRUCTIONS (Armenia) .....	<b>8</b>
<b>Batsikadze T., Murgulija N.N., Nizharadze J.A.</b> USE OF A METHOD OF LIMITING LOADS IN A CASE AXISYMMETRIC LOADING (Georgia) .....	<b>13</b>
<b>Gavardashvili A.</b> THE ESTIMATION OF BLACK SEA ECOLOGICAL PROBLEMS BY USING COMPUTER PROGRAMS AND DATABASE (Georgia) .....	<b>17</b>
<b>Gavardashvili G.</b> THE RESULTS OF FIELD RESEARCH IMPLEMENTED IN RIVER DURUJI BED IN ORDER TO PROVIDE SAFETY OF TOWN KVARELI POPULATION IN MAY 2012 (Georgia) .....	<b>22</b>
<b>Gorjoladze I., Gorjoladze N., Gorjoladze Kh.</b> METHOD OF MATHEMATICAL MODELS FOR DEFINITION OF ANALYTICAL FORM OF MULTIVARIABLE FUNCTIONS AND PLANNING AND CONDUCTING EXPERIMENTS (Georgia) .....	<b>32</b>
<b>Dadiani K.</b> THE ANTHROPOGENIC REASONS OF FLOOD (Georgia) .....	<b>40</b>
<b>Diakonidze R., Chakhaia G., Tsulukidze L., Varazashvili Z., Sichinava P., Khubulava I., Omsarashvili G.</b> ECOLOGICAL SAFETY RECOMMENDATIONS OF GEORGIAN BLACK SEA COASTAL ZONE FROM IMPACT OF SEA WAVES (Georgia) .....	<b>45</b>
<b>Dokhnadze G., Elizbarashvili N., Kupreishvili Sh.</b> USE OF THEORY OF RELIABILITY IN GEOGRAPHICAL RESEARCHES (ON THE EXAMPLE OF STUDY EROSION PROCESSES) (Georgia) .....	<b>49</b>
<b>Dudai N., Gavardashvili G., <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Mirtskhoulava Ts.</span>, Ben-Hur M.</b> CONTROLLING SOIL EROSION BY NARROW STRIPS OF <i>VETIVERIA ZIZANIODES</i> – AN ISRAEL-GEORGIA PROJECT (Israel - Georgia) .....	<b>54</b>
<b>Vartanov M.</b> FOR THE EFFECTIVE AND SUSTAINABLE OPERATION OF DRAINAGE MAINTENANCE ORGANIZATIONS (Georgia) .....	<b>65</b>
<b>Tevzadze V., Charbadze Z., Nibladze N.</b> ESTIMATION PARAMETERS OF DEBRIS FLOW MOVING LENGTHWAYS OF MOUNTAIN RIVER BED (Georgia) .....	<b>72</b>
<b>Tevzadze T., Iremashvili I., Cheishvili Sh., Lordkipanidze P.</b> METHOD FOR DETERMINING THE REAL VALUE OF THE PARAMETERS OF SWELLING CLAY SOILS (Georgia) .....	<b>79</b>
<b>Tevzadze T., Iordanishvili I., Potskhveriya D.</b> THE DYNAMICS OF WATER QUALITY IN THE RESERVOIR AND THE SURROUNDING GEO-ECOLOGICAL AREAS LOCATED IN THE ARID ZONE OF EASTERN GEORGIA (Georgia) .....	<b>84</b>
<b>Imanov F., Nuriev A.</b> ANALYSIS OF RIVER BEDS PROCESSES OF SHIRVAN RIVERS VALLEYS (Azerbaijan) .....	<b>94</b>
<b>Iordanishvili I., Iordanishvili K., Kandelaki N.</b> QUANTITATIVE ASSESSMENT OF DANGEROUS CONDITION OF BLACK SEA (Georgia) .....	<b>100</b>

## C O N T E N T S

<b>Iremasvili I., Ezugbaya Z., Iosebavili G., Mskhiladze N., Chaladze L.</b> TECHNOLOGY OF CONSTRUCTION OF WATER SUPPLY AND SEWERAGE SYSTEMS FROM MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE (Georgia) -----	108
<b>Itriashvili I., Kiknadze Kh.</b> MODIFICATION OF BENTONITE GETTING MULTIPURPOSE SOIL IMPROVEMENT COMPOSITES TECHNOLOGY (Georgia) -----	116
<b>Itriashvili I., Kiknadze Kh., Khosroshvili E., Shavlakadze M. Dadiani K.</b> SOIL NATURES RULED BY USE POLYCOMPLEX (Georgia) -----	121
<b>Kamkamidze K., Gabrichidze I., Gvaramia E.</b> POWER TRANSMISSION ON A LONG DISTANCES USING HYDROGEN (Georgia) -----	128
<b>Kereselidze D., Trapaidze V., Bregvadze G.</b> FORECASTING WATER QUALITY AND EUTROPHICATION PROCESSES IN KHUDON WATER RESERVOIR (Georgia) -----	131
<b>Klekchyan D.</b> THE DISSIPATION OF PLASTIC ENERGY AND COEFFICIENT OF ABSORPTION UNDER CYCLIC – LOADING ELASTO-PLASTIC MATERIAL (Armenia) -----	137
<b>Kupreishvili Sh., Sichinava P., Maisaia L., Kikabidze M., Lobjanidze Z.</b> TO ESTABLISHMENT OF CHARACTERISTIC OF CLOSE COLLECTORS WORK (Georgia) -----	141
<b>Mammedova Sh.</b> STUDYING OF RELATIONS BETWEEN SOME DISEASES AND ATMOSPHERIC POLLUTION DEGREE FOR CITIES OF AZERBAIJAN (Azerbaijan) -----	145
<b>Markosyan A., Mkrtumyan M., Martirosyan T., Harutyunyan V.</b> THEORETIC EXPLORATIONS OF CHARACTERISTICS OF NATURAL MONOPOLIES /ON GAS AND WATER EXAMPLES/ (Armenia) -----	151
<b>Meliqyan N., Martirosyan T.</b> ABOUT PLAIN ARARAT'S ENVIRONMENTAL PROBLEMS (Armenia) -----	156
<b>Natishvili O., Tevzadze V., Charbadze Z.</b> NONUNIFORM MOTION OF HYPERCONCENTRATED DEBRIS FLOW IN NONPRISMATICAL RIVER BEDS (Georgia) -----	159
<b>Samkharadze V.I., Janelidze T.R.</b> THEORETICAL BASICS OF DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF RIBBED-ROLLING DITCHER (Georgia) -----	162
<b>Sarukhanyan T.</b> ON CALCULATION OF HYDRAULIC HAMMER IN A PIPELINE OF LENGTHWISE LINEARLY CHANGEABLE DIAMETER (Armenia) -----	166
<b>Sokhadze K.</b> THE MODERN PROBLEMS OF ECONOMY MANAGEMENT (Georgia) -----	171
<b>Supatashvili T., Maisaia L., Okriashvili O.</b> THE ROLE OF INDUSTRIAL WASTE IN THE POLLUTION OF ENVIRONMENT (Georgia) -----	176
<b>Tokmajyan V., Atanesyan V.</b> CAPTURE SYSTEM MAKES IN THE WATER INTAKES (Armenia) --	180
<b>Pashayev E.</b> THE INFLUENCE OF ECONOMIC CONDITIONS IN THE IRRIGATION SYSTEM (Azerbaijan) -----	185
<b>Phurtseladze L.</b> INVESTIGATION OF STABLE AND SAFE FUNCTIONING CONDITIONS OF WATER MANAGEMENT OBJECTS BY USING ENTROPY (Georgia) -----	188
<b>Kochladze N.</b> SUSTAINABLE INTERIOR DESIGN AS A FACTOR IN MAINTAINING ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY (Georgia) -----	194

## CONTENTS

---

<b>Shurgaia V., Zaqaidze I., Kekelishvili L.</b> WAYS TO IMPROVE STRUCTURE OF AGRICULTURAL LANDS ON THE WETLAND SOILS OF COLCHIS LOWLAND (Georgia) -----	198
<b>Chakhaia G., Bosikashvili Sh., Varazashvili Z., Diakonidze R., Khubulava I., Tsulukidze L., Supatashvili T., Shavlakadze M., Lortkifanidze F., Omsarashvili G.</b> THE LABORATORY RESEARCH OF SOIL EROSION AGAINST GEO MAT „NESFILE” AND „NESGEO” (Georgia) --	203
<b>Tsxvedadze R., Kifiani G., Tabatadze D.</b> CALCULATION OF TRIANGULAR TRUSS BY GOLDEN SECTION METHOD (Georgia) -----	209
<b>Kirmelashvili G.</b> THE RESULTS OF HYDRAULIC EXPERTISE CALCULATING OF PROTECTION SCOUR WORK ON THE RIVERS TSKHRATSKARO AND KUMISKA IN CASE OF EMERGENCY ON THE BAKU-TBILISI-JEIHANI PIPELINE (Georgia) -----	213
<b>Kipiani G., Akhalaia G., Beridze V., Gegenava G.</b> RESTORATION OF DAMAGED ELASTIC SHELL TYPE STRUCTURES WITH DISCRETE ATTACHED RIBS (Georgia) -----	221
<b>Kruashvili I., Kukhalashvili E., Inashvili I., Bziava K., Natroshvili G.</b> FEATURES OF SOIL SEEPAGE (Georgia) -----	226
<b>Kruashvili I., Kukhalashvili E., Inashvili I., Bziava K., Natroshvili G.</b> STUDY THE PROBLEMS CONNECTED WITH ANOMALIES OF WATER SEEPAGE IN SOILS (Georgia) -----	231
<b>Khatiashvili E., Gogeliani L., Kavtuashvili N.</b> POLLUTANT ADDITIVES NON STATIONERY TRANSFER PROCESSES IN WATER SYSTEMS (Georgia) -----	237
<b>Hasanova N.</b> THE CALCULATION OF TRANSFORMATION OF FLOOD WAVES ON THE RIVER ARAZ (Azerbaijan) -----	241
ABSTRACTS (in Georgian) -----	244
ABSTRACTS (in English) -----	260
ABSTRACTS (in Russian) -----	274
CHRONICLE (in Georgian) -----	289
CHRONICLE (in English) -----	303
CHRONICLE (in Russian) -----	309
AUTHOR INDEX (in Georgian) -----	315
AUTHOR INDEX (in English) -----	316
AUTHOR INDEX (in Russian) -----	317

---

---

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

<b>Грузинскому техническому университету – 90 лет</b> .....	<b>3</b>
<b>Атанесян В.А., Галстян Г.Ш., Токмаджян Л.В. ОРГАНИЗАЦИЯ БЕТОННЫХ РАБОТ И РАБОЧИХ ШВОВ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ (Армения)</b> .....	<b>8</b>
<b>Бацикадзе Т.В., Мургулия Н.Н., Нижарадзе Дж.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПРЕДЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК В СЛУЧАЕ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ НАГРУЗОК (Грузия)</b> .....	<b>13</b>
<b>Гавардашвили А.Г. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ БАССЕЙНА ЧЕРНОГО МОРЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ И БАЗЫ ДАННЫХ (Грузия)</b> .....	<b>17</b>
<b>Гавардашвили Г.В. РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОВЕДЕННЫХ В ГОРОДЕ КВАРЕЛИ, С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МЕСТНОГО НАСЕЛЕНИЯ (Грузия)</b> .....	<b>22</b>
<b>Горджоладзе И., Горджоладзе Н., Горджоладзе Х. МЕТОД МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ УСТАНОВЛЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОГО ВИДА МНОГОПЕРЕМЕННОЙ ФУНКЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА (Грузия)</b> .....	<b>32</b>
<b>Дадиани К.З. АНТРОПОГЕННЫЕ ПРИЧИНЫ НАВОДНЕНИЙ (Грузия)</b> .....	<b>40</b>
<b>Диаконидзе Р.В., Чахая Г.Г., Цулукидзе Л.Н., Варазашвили З.Н., Сичинава П.О., Хубулава И.В. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ГРУЗИИ ОТ ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МОРЯ (Грузия)</b> .....	<b>45</b>
<b>Дохнадзе Г.П., Элизбарашвили Н.К., Купрейшвили Ш.З. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ (НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ) (Грузия)</b> .....	<b>49</b>
<b>Натив Д., Гавардашвили Г.В., <u>Мирицхулава Ц.Е.</u>, Бен Хури М. КОНТРОЛЬ ЗА ЭРОЗИЕЙ ПОЧВЫ С ПОМОЩЬЮ УЗКИХ НАСАЖДЕНИЙ ВЕТИВЕРИ ПО СОВМЕСТНОМУ ИЗРАИЛЕ – ГРУЗИНСКОМУ ПРОЕКТУ (Израэль-Грузия)</b> .....	<b>54</b>
<b>Варганов М.В. К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОГО И УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ (Грузия)</b> .....	<b>65</b>
<b>Тевзадзе В.И., Чарбадзе З.Д., Нибладзе Н.Ш. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СЕЛЕВОГО ПОТОКА ПЕРЕДВИГАЮЩИЕСЯ ВДОЛЬ РУСЛА ГОРНОГО ВОДОТОКА (Грузия)</b> .....	<b>72</b>
<b>Тевзадзе Т.В., Иремашвили И.Р., Чеишвили Ш.Н., Лордкипанидзе П.Н. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ПАРАМЕТРОВ НАБУХАНИЯ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ (Грузия)</b> .....	<b>79</b>
<b>Тевзадзе Т.В., Иорданишвили И.К., Поцхверия Д.Ш. ДИНАМИКА КАЧЕСТВА ВОДЫ В ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ И НА ПРИЛЕГАЮЩИХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В АРИДНОЙ ЗОНЕ ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ (Грузия)</b> ---	<b>84</b>
<b>Иманов Ф.А., Нурийев А.А. АНАЛИЗ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ДОЛИНАХ РЕК ШИРВАНА (Азербайджан)</b> .....	<b>94</b>
<b>Иорданишвили И.К., Иорданишвили К.Т., Хосрошвили Е.З., Канделаки Н.В. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ОПАСНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОГО МОРЯ (Грузия)</b> .....	<b>100</b>
<b>Иремашвили И.Р., Езугбая З.А., Иосебашвили Г.З., Мсхиладзе Н.Г., Чаладзе Л.Р. ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВОДА ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА (Грузия)</b> .....	<b>108</b>

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Итриашвили Л.А., Кикнадзе Х.Л. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ГРУНТОУЛУЧШАЮЩЕГО ПОЛИМИНЕРАЛЬНОГО КОМПОЗИТА МОДИФИКАЦИЕЙ БЕНТОНИТА (Грузия)</b> -----	116
<b>Итриашвили Л.А., Кикнадзе Х.Л., Хосрошвили Е.З., Шавлакадзе М.С., Дадвани К.З. УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВАМИ ПОЧВОГРУНТОВ ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИКОМПЛЕКСА (Грузия)</b> -----	121
<b>Камкамидзе К., Габричидзе Ю., Гвараamia Э. ПЕРЕДАЧА ЭНЕРГИИ НА ДАЛЬНИЕ РАССТОЯНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОРОДА (Грузия)</b> -----	128
<b>Кереселидзе Д.Н., Трапаидзе В.З., Бреговдзе Г. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ И ЭВТРОФИКАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ХУДОНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ (Грузия)</b> -----	131
<b>Клекчян Д. Г. ДИССИПАЦИЯ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И КОЭФФИЦИЕНТ ПОГЛАЩЕНИЯ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ЗАГРУЖЕНИИ-РАЗГРУЖЕНИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО БЕТОНА (Армения)</b> -----	137
<b>Купреишвили Ш.З., Сичинава П.О., Маисая Л.Д, Кикабидзе М.Н, Лобжанидзе З.К. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ ЗАКРЫТЫХ КОЛЛЕКТОРОВ (Грузия)</b> -----	141
<b>Мамедова Ш.И. ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ НЕКОТОРЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ И СТЕПЕНЬЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В ГОРОДАХ АЗЕРБАЙДЖАНА (Азербайджан)</b> ----	145
<b>Маркосян А.Х., Мкртумян М.М., Мартиросян Т.С., Арутюнян В.Р. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ МОНОПОЛИЙ (НА ПРИМЕРЕ ВОДЫ И ГАЗА) (Армения)</b> -----	151
<b>Меликян Н., Мартиросян Т.С. ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ АРАРАТСКОЙ РАВНИНЫ (Армения)</b> -----	156
<b>Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И., Чарбадзе З.Д. НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ГИПЕРКОНЦЕНТРИРОВАННОГО НАНОСАМИ ПОТОКА В НЕПРИЗМАТИЧЕСКИХ РУСЛАХ (Грузия)</b> -----	159
<b>Самхарадзе В.И., Джанелидзе Т.Р. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕБРИСТО-КАТКОВОГО КАНАВОКОПАТЕЛЯ (Грузия)</b> -----	162
<b>Саруханян Т.А. К РАСЧЕТУ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА В ТРУБОПРОВОДЕ С ЛИНЕЙНО МЕНЯЮЩИМСЯ ДИАМЕТРОМ ПО ДЛИНЕ (Армения)</b> -----	166
<b>Сохадзе К.В. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКОЙ (Грузия)</b> -----	171
<b>Супаташвили Т.Л., Маисая Л.Д., Окриашвили О.Т. РОЛЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОСТАТКОВ В ЗАГРЯЗНЕНИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (Грузия)</b> -----	176
<b>Токмаджян В., Атанесян В. СИСТЕМА УЛАВЛИВАНИЯ ВЫНОСОВ В ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ (Армения)</b> -----	180
<b>Пашаев Э.П. ВЛИЯНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ НА ОРОСИТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ (Азербайджан)</b> -----	185
<b>Пурцеладзе Л.Д. ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ И БЕЗОПАСНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ ЭНТРОПИИ (Грузия)</b> -----	188
<b>Кочладзе Н.Т. УСТОЙЧИВЫЙ ДИЗАЙН ИНТЕРЬЕРА – КАК ФАКТОР ПОДДЕРЖАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ (Грузия)</b> -----	194

## СОДЕРЖАНИЕ

---

<b>Шургая В. Ш., Закаидзе И.Г., Кекелишвили Л.Г. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТРУКТУРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НА ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЛЯХ КОЛХИДСКОЙ НИЗМЕННОСТИ (Грузия) -----</b>	<b>198</b>
<b>Чаяя Г.Г., Босикашвили Ш.А., Варазашвили З.Н., Диаконидзе Р.В., Хубулава И.В., Цулукидзе Л.Н., Супаташвили Т.Л., Шавлакадзе М.Н., Лордкипанидзе Ф.Н., Омсарашвили Г.Г. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ ГЕОКОВРОВ «НЕСФИЛЕ» И «НЕСГЕО» (Грузия)-----</b>	<b>203</b>
<b>Цхведадзе Р.М., Кипиани Г.О., Табатадзе Д. РАСЧЕТ ТРЕУГОЛЬНОЙ ФЕРМЫ МЕТОДОМ ЗОЛОТОГО СЕЧЕНИЯ (Грузия) -----</b>	<b>209</b>
<b>Кирмелашвили Г.И. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРТИЗЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЁТОВ ЗАЩИТНЫХ ВОДОЁМОВ В СЛУЧАЕ АВАРИИ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА БАКУ-ТБИЛИСИ-ДЖЕИХАН НА Р.ЦХРАЦКАРО И Р. КУМИСКА (Грузия) -----</b>	<b>213</b>
<b>Кипиани Г.О., Ахалая Г., Беридзе В., Гегенава Г. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЁННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТИПА УПРУГИХ ОБОЛОЧЕК С ДИСКРЕТНО ПРИКРЕПЛЁННЫМИ РЁБРАМИ (Грузия) -----</b>	<b>221</b>
<b>Круашвили И.Г., Кухалашвили Э.Г., Инашвили И.Д., Бзиава К.Г., Натрошвили Г. ОСОБЕННОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ В ПОЧВО-ГРУНТАХ (Грузия) -----</b>	<b>226</b>
<b>Круашвили И.Г., Кухалашвили Э.Г., Инашвили И.Д., Бзиава К.Г., Натрошвили Г. ИЗУЧЕНИЕ ВОПРОСОВ, СВЯЗАННЫХ С АНОМАЛИЯМИ ВОДНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ПОЧВО-ГРУНТАХ (Грузия) -----</b>	<b>231</b>
<b>Хатиашвили Э., Гогелиани Л., Кавтуашвили Н. ПРОЦЕССЫ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПЕРЕНОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ СМЕСЕЙ В НЕПРОТОЧНЫХ ВОДНЫХ СИСТЕМАХ (Грузия) -----</b>	<b>237</b>
<b>Гасанова Н.И. РАСЧЕТ ТРАНСФОРМАЦИИ ПАВОДОЧНОЙ ВОЛНЫ НА РЕКЕ АРАЗ (Азербайджан) -----</b>	<b>241</b>
<b>АННОТАЦИИ (на грузинском языке) -----</b>	<b>244</b>
<b>АННОТАЦИИ (на английском языке) -----</b>	<b>260</b>
<b>АННОТАЦИИ (на русском языке) -----</b>	<b>274</b>
<b>ХРОНИКА (на грузинском языке) -----</b>	<b>289</b>
<b>ХРОНИКА (на английском языке) -----</b>	<b>303</b>
<b>ХРОНИКА (на русском языке) -----</b>	<b>309</b>
<b>УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ (на грузинском языке) -----</b>	<b>315</b>
<b>УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ (на английском языке) -----</b>	<b>316</b>
<b>УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ (на русском языке) -----</b>	<b>317</b>



---

---

**წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომების  
კრებულში სტატიების გამოქვეყნების პირობები**

კრებულის დანიშნულებაა მეცნიერების განვითარების ხელშეწყობა, მეცნიერთა და სპეციალისტთა მიერ მოპოვებული ახალი მიღწევების, გამოკვლევათა მასალებისა და შედეგების გამოქვეყნება.

კრებულში შესაძლებელია გამოქვეყნდეს შემდეგი სამეცნიერო მიმართულების სტატიები:

- წყალთა მეურნეობა;
- ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია;
- ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია;
- გარემოს დაცვა;
- ჰიდროტექნიკური ნაგებობების საიმედოობა და რისკი;
- მშენებლობა;
- დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები.

კრებულში გამოსაქვეყნებლმა სტატიებმა უნდა დააკმაყოფილოს შემდეგი მოთხოვნები:

1. სტატია შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს ქართულ, რუსულ ან ინგლისურ ენებზე, არა უმეტეს 10 გვერდისა. სტატიას უნდა დაერთოს ანოტაციები (ქართულ ენაზე წარმოდგენილ სტატიას – ქართულ, რუსულ და ინგლისურენოვანი ანოტაციები; რუსულენოვან სტატიას – რუსული და ინგლისური ანოტაციები; ინგლისურენოვან სტატიას ინგლისური ანოტაცია). ერთ ავტორს შეუძლია წარმოადგინოს არა უმეტეს ორი სტატიისა.
2. ინსტიტუტში შემოსულ სტატიას უნდა დაერთოს იმ დაწესებულების მიმართვა, სადაც ნაშრომი იქნა შესრულებული;
3. სტატია მიიღება ელექტრონული ვერსიის სახით შემდეგ მისამართზე: **gwmi1929@gmail.com**. ფურცლის ფორმატი – A4, ინტერვალი – 1,5 და შრიფტი – 12, მინდორი 25 მმ ფურცლის ოთხივე მხარეზე; სტატია შესრულებული უნდა იყოს **DOC**

ფაილის სახით (MS Word), ჩაწერილი CD-R დისკზე. ქართული ტექსტისათვის გამოყენებულ უნდა იქნეს **AcadNusx** ან **Sylfaen** შრიფტი; ინგლისური და რუსული ტექსტებისათვის – **Times New Roman**; ნახაზების ან ფოტოების კომპიუტერული ვარიანტი – **JPG** ან **TIF** ფორმატში გარჩევადობით **200-300 dpi** ;

4. სტატია შედგენილ უნდა იქნეს შემდეგი თანმიმდევრობით:
  - სამეცნიერო მიმართულება (მარჯვენა ზედა კუთხეში);
  - ავტორის (ან ავტორების) სახელი და გვარი, საკონტაქტო პირის E-mail-ის მითითებით;
  - სტატიის სახელწოდება;
  - ორგანიზაციის დასახელება, სადაც შესრულებულია ნაშრომი, საფოსტო მისამართის მითითებით;
  - შესავალი;
  - ძირითადი ნაწილი (კვლევის ობიექტი და მეთოდიკა);
  - დასკვნები და რეკომენდაციები;
  - გამოყენებული ლიტერატურა (არა უმეტეს 10-ისა);
  - საკვანძო სიტყვები (არა უმეტეს 6-ისა);
  - ანოტაცია (10–15 სტრიქონი).
5. გამოყენებული ლიტერატურა წარმოდგენილი უნდა იქნეს შემდეგი თანმიმდევრობით: ავტორის (ავტორების) გვარი და ინიციალები, შრომის დასახელება, კრებულის ან ჟურნალის დასახელება და ნომერი, გამოცემის ადგილი (ქალაქი), წელი, გვერდები. გამოყენებული ლიტერატურის თანმიმდევრობა უნდა შეესაბამებოდეს სტატიის ტექსტში მითითებულ ციტირებას;
6. გამოსაქვეყნებლად დაწუნებული სტატიები ავტორებს არ უბრუნდება.

---

---

## CONTRIBUTIONS TO THE COLLECTED SCIENTIFIC PAPERS OF THE INSTITUTE OF WATER MANAGEMENT

The main objective of collected papers is to favor the development of science and to publish the results and materials of studies and new achievements obtained by scientists and professionals.

The collected papers should include the following scientific directions:

- water industry;
- hydraulic engineering and irrigation;
- hydrology and meteorology;
- environmental protection;
- safety and risk of hydraulic structures;
- construction;
- Earth sciences.

Contributions to the collected scientific papers are as follows:

1. Papers can be submitted in Georgian, Russian or English languages, no more than 10 pages. Paper summaries must be attached to the papers (to the paper in Georgian language – Georgian, Russian and English Summaries; to the paper in Russian language – Russian and English Summaries; to the paper in English language – English Summary). One author can submit no more than two papers.
2. The paper submitted to the Institute must include the letter of reference from the organization, where the study took place;
3. The paper must be submitted electronically to the following e-mail:  
**gwmi1929@gmail.com.**

4. Sheet format – A4, interval – 1.5 and font size 12, margins 25 mm for four sides; the paper must be submitted in DOC format (MS Word), recorded on CD-R; for Georgian Text – **AcadNusx** or **Sylfaen**; for English and Russian Texts – **Times New Roman**; computer version of drawings and photos – in **JPG** or **TIF** format, 200 dpi;

5. The paper should include the following sequence:

- Direction (in the upper right corner);
- Author (or authors) name, surname and patronymic with e-mail of contact person;
- Paper Title;
- Organization, where the study took place, including post address;
- Preamble;
- General Part (object of study and methods);
- Conclusions and Recommendations;
- Bibliography (no more than 10);
- Key Words (no more than 6);
- Summary (10-15 lines).

5. Bibliographical references should include the following sequence: Author's (Authors') Name and Initials, Research Paper Title, Title and Number of Proceedings or Journal, Place of Publication (city), Year, Pages. The sequence of bibliographical references should be appropriate to the quotations given in the text;

6. Rejected papers will not be returned to authors.

---

---

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ ДЛЯ ОПУБЛИКОВАНИЯ В СБОРНИКЕ НАУЧНЫХ ТРУДОВ ИНСТИТУТА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Назначение сборника – создание условий для развития науки, а также публикация материалов результатов научных новых достижений исследователей и специалистов.

В сборнике публикуются статьи следующих научных направлений:

- водное хозяйство;
- гидротехника и мелиорация;
- гидрология и метеорология;
- охрана окружающей среды;
- надёжность и риск гидротехнических сооружений;
- строительство;
- исследования по изучению Земли.

Статьи, опубликованные в сборнике, должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Статья может быть представлена на грузинском, русском или английском языке, объёмом не более 10 страниц. К статье прилагаются аннотации (к статье на грузинском языке – аннотации на грузинском, русском и английском языке; русском – аннотации на русском и английском языке; английском – аннотации на английском языке). Один автор может представить не более 2-х статей.
2. К статье прилагается направление организации, в которой выполнена работа.
3. Статьи направляются по электронной почте **gwmi1929@gmail.com**. Формат листа – А4; интервал – 1,5; шрифт – 12; поля – с четырех сторон по 25 мм; статья выполняется в виде **DOC** файла (MS Word) записанная на CD диске. Статьи, представленные на грузинс -

ком языке выполняются шрифтом **AcadNusx** или **SYLFAEN**; статьи, представленные на русском и английском языках – шрифтом **Times New Roman**; компьютерные варианты рисунков и фото – в формате **JPG** или **TIF**, с разьяснением **200-300 dpi**.

4. Статья должна быть выполнена в следующей последовательности :
  - направление исследования (в верхнем правом углу);
  - Фамилия, инициалы автора (авторов) с указанием E-mail контактного лица;
  - название статьи;
  - название организации, где выполнена работа с указанием ее почтового адреса;
  - введение;
  - основная часть (объект исследований и методика);
  - выводы и рекомендации;
  - использованная литература (не более 10);
  - ключевые слова ( не более 6);
  - аннотация (10-15 строк) .
5. Использованная литература должна быть представлена в следующем порядке: фамилия и инициалы автора (авторов), название работы, название сборника или журнала, номер, место издания (город), год, страницы. Список использованной литературы составляется в порядке цитирования в тексте.
6. Отклонённые статьи авторам не возвращаются.



*ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესების საწინააღმდეგო ბარაჟები სოფელ ჯვარბოსელში (მთათუშეთი, ახმეტის რაიონი). სამუშაო განხორციელდა მსოფლიო ბანკის დაფინანსებით. პროექტის ხელმძღვანელი, პროფესორი გივი გავარდაშვილი*



**THE EROSION-DEBRIS FLOW CONTROL BARRAGE IN THE VILLAGE OF JVARBOSELI (MTATUSHETI, AKHMETA DISTRICT). THE PROJECT IS FINANCED BY THE WORLD BANK HEAD OF THE PROJECT, PROFESSOR, GIVI GAVARDASHVILI**

**ПРОТИВОЭРОЗИОННО-СЕЛЕВЫЕ БАРРАЖИ В СЕЛЕ ДЖВАРБОСЕЛИ (МТАТУШЕТИ АХМЕТСКОГО РАЙОНА). РАБОТА ВЫПОЛНЕНА ПРИ ФИНАНСИРОВАНИИ МИРОВОГО БАНКА. РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТА, ПРОФЕССОР ГИВИ ГАВАРДАШВИЛИ**

