

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი



წყალთა მენეჯმენტის ინსტიტუტი
**სამეცნიერო შრომათა კრებული
№66**



ეძღვნება პროფესორ მიხეილ გაგოშიძის ხსოვნას

ГОУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
№66**

ПОСВЯЩАЕТСЯ ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА М.С. ГАГОШИДЗЕ

GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY
INSTITUTE OF WATER MANAGEMENT

**COLLECTED PAPERS
№66**

DEDICATED TO THE MEMORY OF PROFESSOR MIKLEIL GAGOSHIDZE



ISSN – 1512 – 2344

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის



წყლის მართვის ინსტიტუტი



სამეცნიერო შრომათა კრებული №66

ედგენება პროფესორ მიხეილ გაგოშიძის ხსოვნას



**ИНСТИТУТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ №66

Посвящается памяти профессора М.С. Гагoшидзе



**INSTITUTE OF WATER MANAGEMENT
OF GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY**

COLLECTED PAPERS №66

Dedicated to the Memory of Professor Mikheil Gagoshidze



თბილისი – Тбилиси – Tbilisi
2011

მთავარი რედაქტორი: პროფ. გივი გავარდაშვილი
მთავარი რედაქტორის მოადგილე: ინგა ირემაშვილი (ტექნ. აკად. დოქტ.)

სარედაქციო კოლეგია:

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

კომპიუტერული უზრუნველყოფა: თეიმურაზ ქოჩლაძე

Сборник издается с 1934 г.

Главный редактор: Проф. Гавардашвили Г. В.

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Тевзадзе В.И. (председатель редакционной коллегии), Аюб Б.М. (США), Арманин А. (Италия) Бортвик А. (Англия), Боурнаски Е. (Болгария), Диаконидзе Р.В., Джабоедоф М. (Швейцария), Дженовойс Р. (Италия) Дудай Н. (Израиль), Власак П. (Чехия), Ву И. (Китай), Зеиналов Т.С. (Азербайджан), Знаменский Д. (Бразилия), Тевзадзе Т.В., Иманов Ф.А. (Азербайджан), Иорданишвили И.К., Итриашвили Л.А., Кинг Л. (Германия), Коваленко П. (Украина), Купрешвили Ш.З. (ответственный секретарь), Лиу К. (Тайван), Лоискандл В. (Австрия), Магомедова А. В. (Россия), Маматканов Д. М. (Кыргызская 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), Гаиде Л. (Нидерланды), Гамилтон Д. (Канада).

Компьютерное обеспечение: Кочладзе Т.Ю.

The collection is published since 1934

Chief editor: Prof., Gavardashvili G.V.

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

EDITORIAL BOARD:

Tevzadze 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), Tevzadze T.V., Imanov F.A. (Azerbaijan), Iordanishvili I.K., Itriashvili L.A., 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

ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60,
0162 თბილისი, საქართველო
წყალთა მენეჯმენტის ინსტიტუტი
ტელ: (99532) 22-72-00, 22-40-94
ფაქსი: (99532) 22-73-00
ელ. ფოსტა: gwmi1929@gmail.com
ვებ-გვერდი: http://gwmi.ge

Грузия, 0162 Тбилиси,
пр. И. Чавчавадзе, 60
Институт водного хозяйства
Тел: : (99532) 22-72-00, 22-40-94
Факс: (99532) 22-73-00
E-mail: gwmi1929@gmail.com
Веб-сайт: http://gwmi.ge

I. Chavchavadze av. 60,
0162 Tbilisi, Georgia
Institute of water management
Tel: (99532) 22-72-00, 22-40-94
Fax: (99532) 22-73-00
E-mail: gwmi1929@gmail.com
Website: http://gwmi.ge

პროფესორ მიხეილ გაგოშიძის ხსოვნასთან დაკავშირებით



ღვარცოფმცოდნეობის, როგორც ბუნების სტიქიური მოვლენების ერთ-ერთი სახის, მეცნიერული შესწავლისა და მათ წინააღმდეგ ბრძოლის საქმეში, ყოფილ საბჭოთა კავშირის სივრცეში დამსახურებული ადგილი ეკავა ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორს, პროფესორს, ყოფილი ამიერკავკასიის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის (ამჟამად საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი) დირექტორს 1947-1968 წლებში მიხეილ გაგოშიძეს.

მიხეილ გაგოშიძე დაიბადა 1904 წლის 20 დეკემბერს ქ. ბათუმში, სამხედრო მოსამსახურის ოჯახში. 1922 წელს დაამთავრა ბათუმის გიმნაზია, ხოლო 1930 წელს ქ. თბილისის სახელმწიფო პოლიტექნიკური ინსტიტუტის სამშენებლო ფაკულტეტის ჰიდროტექნიკური განყოფილება. შრომითი საქმიანობა მან სტუდენტობის დროიდანვე დაიწყო. მუშაობდა ჯერ ტექნიკოს-ტოპოგრაფად ბორჯომის რაიონში, ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობაზე, ტექნიკოსად – აბასთუმნის წყალსადენისა და კანალიზაციის მშენებლობაზე, ტექნიკოს-დამპროექტებლად – ალაზ-

ნის სარწყავი სისტემის წყალთა მეურნეობის სამმართველოში და ინჟინრად ქ. ბათუმის პორტში. ამავე პერიოდში ეწეოდა პედაგოგიურ მოღვაწეობას საპორტო და ინდუსტრიულ ტექნიკუმში.

1932-1942 წლებში მიხეილ გაგოშიძე ამიერკავკასიის წყალთა მეურნეობის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის სამთო მეღიორაციის განყოფილების გამგე და სამეცნიერო-ტექნიკური საბჭოს სწავლული მდივანია. ამ პერიოდში მის მიერ დამუშავებულ იქნა ვარაზის ხევის რეგულირებისა და კუს ტბის რეკონსტრუქციის პროექტები. 1940 წელს დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია.

1943-1944 წლებში ბატონი მიხეილი მუშაობდა „საქნავთობის“ ტრესტში სამშენებლო განყოფილების უფროსად; 1944-1947 წლებში – ნაგებობათა და ჰიდროელექტროსადგურთა სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის უფროს მეცნიერ-თანამშრომლად, საიდანაც 1947 წლის აგვისტოში გადაყვანილ იქნა დირექტორად ყოფილ ამიერკავკასიის წყალთა მეურნეობის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში, რომელსაც მოგვიანებით (1947 წ.) ეწოდა საქართველოს ჰიდროტექნიკისა და მეღიორაციის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი (ამჟამად საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი); ამ ინსტიტუტში მან თითქმის ნახევარი საუკუნე იღვაწა, ამავე პერიოდში მუშაობდა საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტში მეღიორაციისა და ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა კათედრის პროფესორად და მიჰყავდა ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა და ჰიდროლოგიის კურსი.

1955 წელს ბატონმა მიხეილ გაგოშიძემ დაიცვა სადოქტორო დისერტაცია, ხოლო 1957 წელს არჩეულ იქნა საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპოდენტად. ბატონი მიხეილის კვლევის ობიექტი იყო მთის მდინარეთა ჩამონადენი და, განსაკუთრებით, ღვარცოფები, მათ წინააღმდეგ ბრძოლის მეთოდების შესწავლა. მან პირველმა დაადგინა სხვადასხვა ტიპის ღვარცოფების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების რაოდენობრივი მანკენებლები, განსაზღვრა ნაკადის სიმძლავრე, მისი დამანგრეველი ძალა, რომელიც განპირობებულია ღვარცოფის ბმულობით, და რომ ეს მყისიერი მდგომარეობა ირღვევა

ღვარცოფის მასაში მცირე რაოდენობით წყლის დამატებისთანავე. მიხეილ გაგოშიძის მეცნიერულ აღმოჩენას დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, მას ძირეული ცვლილებები შეაქვს ღვარცოფების ფორმირების, წარმოშობის, მოძრაობის, ტრასფორმაციისა და მის წინააღმდეგ ბრძოლის შესწავლის საკითხებში. ყოველივე ზემოთქმულით, იგი მეცნიერების ამ დარგის ქართული სკოლის ფუძემდებლად ითვლება.

ბატონი მიხეილის თაოსნობითა და მისი უშუალო მონაწილეობით იქნა შედგენილი ღვარცოფული ხასიათის მთის ნაკადების (კიშჩაი, თელავის ხევი, ღურუჯი და სხვ.) ჩამონადენის რეგულირების პროექტები, რომლებიც განხორციელდა ყოფილი საბჭოთა კავშირის რიგ რეგიონებშიც.

პროფესორ მ. გაგოშიძის იდეისა და სქემის მიხედვით დამზადდა ხელსაწყო წყლისა და ღვარცოფების ჰორიზონტებისა და სინქარეების ავტომატური რეგისტრაციისათვის. მის მიერ პირველად შედგენილი რუკა ღვარცოფების გავრცელების რეგიონების (წყალშემკრებ აუზებში) ღვარცოფების კერების ფართობების მითითებით ასახულია „საქართველოს ატლასში“ (1964 წლის გამოცემა).

1956 წელს ბატონი მიხეილი ბულგარეთში სამთვიანი მივლინების დროს ტექნიკურ და საკონსულტაციო დახმარებას უწევდა საპროექტო და სამშენებლო ორგანიზაციებს წყლისმიერი ეროზიის, ღვარცოფული და დაურეგულირებელი მთის ნაკადების წინააღმდეგ ბრძოლის საკითხებში; 1957 წელს იგი მონაწილეობდა ირიგაციისა და დრენაჟის საერთაშორისო კონგრესის მუშაობაში სან-ფრანცისკოში, 1960 წელს – მადრიდში; 1958 წელს კი – ხელმძღვანელობდა პეკინში, მსხვილი ჰიდროტექნიკური ნაგებობების კვლევებისადმი მიძღვნილ, სრულიად ჩინეთის კონფერენციის ერთ-ერთ სექციას.

თავის დიდ გამოცდილებასა და ცოდნას მეცნიერი დაუზარებლად ახმარდა ახალგაზრდა კადრების აღზრდის საქმეს. მისი ხელმძღვანელობით მომზადებული და დაცულ იქნა ოცზე მეტი სადოქტორო და საკანდიდატო დისერტაცია. ბატონი მიხეილი წლების მანძილზე იყო ყოფილი საბჭოთა კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის ღვარცოფების შემსწავლელი სამეცნიერო საატესტაციო საბჭოს წევრი. აგრეთვე საქართველოს მინისტრთა საბჭოს სახელმწიფო სამეცნიერო-ტექნიკური კომისიის თავმჯდომარე.

პროფესორ მიხეილ გაგოშიძეს საქართველოში და საზღვარგარეთ გამოქვეყნებული ჰქონდა 170-ზე მეტი სამეცნიერო ნაშრომი, რომელთა შორის განსაკუთრებით აღსანიშნავია მონოგრაფია „ღვარცოფული მოვლენები და მათთან ბრძოლა“ (რუსულ ენაზე), რომელშიც ახსნილია მრისხანე სტიქიური მოვლენების ბუნება და შემოთავაზებულია მათთან ბრძოლის ორიგინალური მეთოდები. იგი სამაგიდლო წიგნი გახდა წყალთა მეურნეობისა და გარემოს დაცვის დარგში მომუშავე მეცნიერ-სპეციალისტებისათვის.

მელიორაციისა და წყალთა მეურნეობის დარგში ხანგრძლივი და ნაყოფიერი სამეცნიერო-პედაგოგიური მოღვაწეობისათვის პროფესორ მიხეილ გაგოშიძეს მინიჭებული ჰქონდა საქართველოს მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწის საპატიო წოდება, დაჯილდოებული იყო მთელი რიგი სამთავრობო ჯილდოებით.

მე მერგო დიდი პატივი პროფესორ მიხეილ გაგოშიძესთან თანამშრომლობის: პირველად, როდესაც პროფესორი მ. გაგოშიძე 1986 წელს ხელმძღვანელობდა ინსტიტუტის სამთო მელიორაციის განყოფილების სამეცნიერო საბჭოს, სადაც იხილებოდა ჩემი საკანდიდატო დისერტაცია, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში სადისერტაციო საბჭოზე წარსადგენად და შემდეგ 1987 წელს 83 წლის პროფესორ მიხეილ გაგოშიძესთან ერთად განვახორციელეთ საველე-სამეცნიერო კვლევები მდინარეების – არაგვის, თელავის ხევის, ღურუჯის წყალშემკრებ აუზებში. მის მიერ დამუშავებული დასკვნა მდინარეთა არსებულ ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე, გამოირჩეოდა მაღალი პროფესიული და მეცნიერული დონით.

სამწუხაროდ, პროფესორი მიხეილ გაგოშიძე ერთი წლის შემდეგ, 1988 წელს 84 წლის ასაკში გარდაიცვალა, მისი ნამოღვაწარი კიდევ დიდხანს შეუწყობს ხელს გარემოს დაცვის საქმის პროგრესსა და განსაკუთრებით მთისა და მთისწინა რეგიონებში განთავსებული ტერიტორიების გამოყენებისა და მათი უსაფრთხოების უზრუნველყოფის საქმეში.

გივი გავარდაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დირექტორი,

ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, საქართველოს საინჟინრო აკადემიის აკადემიკოსი

ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА МИХАЙЛА СЕРГЕЕВИЧА ГАГОШИДЗЕ
DEDICATED TO THE MEMORY OF PROFESSOR MIKHEIL GAGOSHIDZE

Михаил Сергеевич Гагошидзе – доктор технических наук, профессор, в 1947-1968 г.г. директор Закавказского института водного хозяйства (ныне Грузинский институт водного хозяйства) – заслуженно занимал видное место в области селеведения, одного из научных направлений, изучающих стихийные проявления природы.

М.С. Гагошидзе родился 20 декабря 1904 года в г. Батуми в семье военнослужащего. В 1922 году окончил Батумскую гимназию, а в 1930 году – строительный факультет Тбилисского государственного политехнического института, получив специальность инженера-гидротехника. Трудовую деятельность начал в годы своего студенчества. Работал техником-проектировщиком на строительстве Боржомской гидроэлектростанции, техником на строительстве канализации и водопровода города Абастумани, техником-проектировщиком в Управлении водного хозяйства Алазанской оросительной системы, инженером в Батумском порту. В этот же период занимался педагогической деятельностью в Портовом и Индустриальном техникумах.

В 1932-1942 г.г. М.С.Гагошидзе – заведующий отделом горной мелиорации и ученый секретарь учебно-технического совета Закавказского научно-исследовательского института водного хозяйства. В этот период им были разработаны проекты регулирования Варазис-Хеви и реконструкции Черепашьего (Кус Тба) озера.

В 1940 году М.С. Гагошидзе защитил кандидатскую диссертацию. В 1943-1944 г.г. работал заведующим строительного отдела в тресте "Грузнефть", в 1944-1947 г.г. – старшим научным сотрудником Грузинского научно – исследовательского института энергетики и гидросооружений. В 1947 году М.С.Гагошидзе был назначен директором Закавказского института водного хозяйства

From the point of view of the science of debris flow as one of the natural calamities, its scientific study and the struggle against it, in the former Soviet Union the prominent position belongs to Doctor of the technical sciences, professor, director of the former Transcaucasia Water Management Institute (nowadays Technical University Water Management Institute of Georgia) in 1947-1968 Mikheil Gagoshidze.

Mikheil Gagoshidze was born on December 20, 1904 in Batumi, in the family of military officer. In 1922 he graduated from Batumi Gymnasium, and in 1930 - Tbilisi state polytechnical institute, construction faculty hydrotechnical department. He began his labor activities when student. He used to work first as the technician topographer in Borjomi region at the construction of hydroelectric power station, as the technician – at the construction of Abastumani water pipeline and sewerage system, as the technician project manager – in the department of Alazani irrigation system water economy, and as the engineer at the port of Batumi. During the same period he used to practice pedagogical activities at the port and industrial technical school.

In 1932-1942, Mikheil Gagoshidze was the manager of the mining melioration division at the Transcaucasia Water Management Scientific-Research Institute, and the honorable secretary of the Scientific-Technical Council. In this period he elaborated on the projects for Varazi Ravine regulation and Turtle Lake reconstruction. In 1940 Mikheil Gagoshidze held candidate's dissertation.

In 1943-1944 Mr. Mikheil Gagoshidze worked at the Trust "SAKNAVTOBI" on the position of head of the department; in 1944-1947 – as the senior scientist worker at the scientific-research institute of constructions and hydroelectric power stations, from which was transferred in August, 1947 on the position director to the former Transcaucasia Water Management Scientific-

**ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА МИХАЙЛА СЕРГЕЕВИЧА ГАГОШИДЗЕ
IN MEMORY OF PROFESSOR MICHAEL GAGOSHIDZE**

(в дальнейшем переименованным в Грузинский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации), который возглавлял почти пятьдесят лет. В этот же период М.С. Гагошидзе в качестве профессора кафедры мелиорации и гидротехнических сооружений Грузинского сельскохозяйственного института вел курс лекций по гидротехническим сооружениям и гидрологии.

В 1955 году М.С. Гагошидзе защитил докторскую диссертацию, в 1957 году был избран член корреспондентом Академии сельскохозяйственных наук Грузии. Объектом исследований М.С. Гагошидзе было изучение стока горных рек, селевые явления и методы борьбы с ними. Им впервые были установлены количественные показатели физико-механических характеристик различных типов селей, определена мощность потока и его разрушающая сила, обусловленная связностью селя, что устойчивое состояние селевой массы может быть нарушено добавлением в нее даже небольшого количества воды. Это научное открытие имело большое теоретическое и практическое значение, т.к. оно внесло значительные изменения в изучение процессов формирования, возникновения, движения, трансформации селя и разработки методов борьбы с ними. Все это вместе взятое дает основание считать М.С.Гагошидзе основоположником Грузинской школы науки о селях.

Под руководством М.С.Гагошидзе были разработаны проекты регулирования стока селевых потоков горных рек (Киш-Чай, Телавис-Хеви, Дуруджи и другие), реализация которых была осуществлена в ряде регионов бывшего Советского Союза. В соответствии с схемой М.С.Гагошидзе, было разработано устройство для автоматической регистрации горизонтов и скоростей движения воды и селей. Составленная им карта возникновения и распространения селей по бассейнам рек и регионам приведена в Атласе Грузии (издание 1964 г.)

В 1956 году профессор М.С. Гагошидзе в течение трехмесячной заграничной командировки оказал проектным и строительным

Research Institute, which lately (in 1947) was called Georgian Hydrotechnical and Melioration Scientific-Research Institute (nowadays Technical University Water Management Institute of Georgia); at this Institute he spent almost half century, during the same period he worked at the Agricultural Institute of Georgia on the position of the professor of melioration and hydrotechnical constructions as the cathedra professor and used to lead the course of hydrotechnical constructions and hydrology.

In 1955 Mr. Mikheil Gagoshidze held the doctor's dissertation, and in 1957 he was selected as the member-correspondent of the Academy of Agricultural Sciences of Georgia. The object of studies for Mr. Mikheil Gagoshidze was mountainous rivers flow, and especially, debris flows, studying of the methods of fighting against them. He was the first to verify quantitative indicators of physical and mechanical characteristics of the debris flows of various types, defining the strength of the flow, its striking power, those are preconditioned by debris flow coherence, and that immediate standing is interrupted with adding water even in small quantities into the debris flow mass. Scientific inventory by Mikheil Gagoshidze bears great theoretical and practical significance; it introduces basic changes into formation, origin, movement, transformation of the debris flows, and for the issues related to the fight against it. With all the above said, he is considered as the founder of the Georgian school of this field of sciences.

With the initiative of Mr. Mikheil Gagoshidze and its direct participation the projects for regulation of the mining flows of debris flows (Kish-Chai, Telavi Ravine, Duruji and etc.), which have been carried out in several regions of former Soviet Union.

According to the idea and scheme of Professor Mikheil Gagoshidze the facility for automatic registration of water and debris flows horizons and speeds has been produced. The map formed by him at first of the regions of the debris flows spreading (in the water collecting pools) with indication of the areas of the debris

ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА МИХАЙЛА СЕРГЕЕВИЧА ГАГОШИДЗЕ
DEDICATED TO THE MEMORY OF PROFESSOR MIKHEIL GAGOSHIDZE

организациям Болгарии техническую и консультативную помощь в разработке методов борьбы с эрозией, селями и не зарегулированными горными потоками. В 1957 году М.С. Гагошидзе принял участие в работе Международного конгресса по ирригации и дренажу в Сан-Франциско; в 1960 году – в Мадриде; в 1958 году – руководитель одной из секций конференции, посвященной исследованиям крупных гидротехнических сооружений.

Свой огромный опыт и знания М.С. Гагошидзе неустанно передавал молодежи. Под его руководством было подготовлено и защищено более 20 кандидатских и докторских диссертаций. М.С. Гагошидзе в течение ряда лет был членом Аттестационного Ученого Совета по изучению селей при Академии наук бывшего Советского Союза, а также председателем Государственной научно-технической комиссии при Совете Министров Грузии. Профессор М.С. Гагошидзе автор более 170 научных трудов, опубликованных в различных изданиях Грузии и за рубежом. Особо следует отметить монографию "Селевые явления и борьба с ними", где детально описана катастрофическая природа стихийных явлений и предлагаются оригинальные методы борьбы с ними. Монография заслуженно стала настольной книгой для специалистов, занимающихся проблемами водного хозяйства и охраны окружающей среды.

За многолетнюю и плодотворную научную и педагогическую деятельность в области мелиорации и водного хозяйства профессор М.С. Гагошидзе был отмечен рядом государственных наград, ему было присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки Грузии.

Следует отметить, что у автора статьи была счастливая возможность общения с профессором М.С. Гагошидзе. Так, в 1980 году М.С. Гагошидзе, будучи руководителем Ученого Совета отдела горной мелиорации Института, представил диссертационную работу автора для публичной защиты на

flows hearths are reflected on the "Georgian Atlas" (publication of 1964).

In 1956 Mr. Mikheil Gagoshidze while being in Bulgaria on the business trip used to provide technical and consultancy assistance to the project and construction organizations with the issues of water erosions, fight against the debris flow and non-regulated mining flows; in 1957 he participated in the work of Irrigation and Drainage International Congress in San Francisco, in 1960 – in Madrid; in 1958 – was chief supervisor in Beijing, one of the section of the Conferences of overall China dedicated to huge hydro-technical constructions researches.

His great experience and knowledge the scientist dedicated to education of the young specialists. Under his supervision more than 20 doctoral and candidates dissertations were prepared and held. Mr. Mikheil Gagoshidze during the years was the member of the Council of Debris Flows Studying Scientific Attestation Council at Academy of Sciences of former Soviet Union. Also he was the chairperson of the State Scientific-Technical Commission at the Ministry Board of Georgia.

Professor Mikheil Gagoshidze in Georgian and abroad has published more than 170 scientific studies, among them especially shall be underlined the monograph "Debris flow calamities and fighting against them" (in Russian language), in which the nature of the calamities is explained and the original methods for fighting against them. This became the essential book for the scientists-specialists working in the field of water economy and environment protection.

For the long-term and fruitful work in the field of melioration and water economy Professor Mikheil Gagoshidze was awarded with the nomination of honorable public figure of Sciences of Georgia, he was also awarded with the whole number of governmental prizes.

It has been the great honor to me to have cooperated with the Professor Mikheil Gagoshidze: first, when the Professor Mikheil Gagoshidze in 1986 supervised mining melioration department scientific council, where my candidate's dissertation was overviewed, while representing at the

**ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА МИХАЙЛА СЕРГЕЕВИЧА ГАГОШИДZE
IN MEMORY OF PROFESSOR MICHAEL GAGOSHIDZE**

диссертационном Совете Тбилисского государственного университета. В 1987 году профессор М.С. Гагошидзе в возрасте 83 лет совместно с сотрудниками отдела горной мелиорации осуществил научно – полевые исследования в водосборных бассейнах рек Арагви, Телавис-Хеви, Дуруджи. Составленное им заключение о существующем экологическом состоянии русел рек отличалось профессионализмом и высоким научным уровнем.

К сожалению, через год Михаила Сергеевича Гагошидзе не стало, однако его научное наследие еще много лет будет способствовать прогрессу в деле решения проблемы охраны окружающей среды и, особенно, делу безопасного использования территорий горных и предгорных регионов.

Гиви Гавардашвили

**Директор Института водного хозяйства
Грузинского технического университета
доктор технических наук, профессор,
академик Инженерной Академии
Грузии**

dissertation Council of Tbilisi State University, and then in 1987, together with the 83 years old Professor Mikheil Gagoshidze we have carried out field-scientific researches over the rivers – Aragvi, Telavi Ravine, Duruji water collecting pools. The conclusions elaborated by him about the existing ecological standing of the rivers are distinguished with the high professional and scientific level.

Unfortunately, the Professor Mikheil Gagoshidze one year later, in 1988, in the age of 84 years deceased, and his work will facilitate the progress of the environment protection for a long time, and especially in mining and former mining regions foreseen territories utilization and their safety provisioning.

Givi Gavardashvili

**Director of Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Academician of the Engineering
Academy of Georgia**

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЛИНЕЙНОЙ ВОЛНОВОЙ ДИНАМИКИ
К ЗАДАЧАМ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КРИВЫХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Багдоев А.Г., Токмаджян В.О., Погосян М.З.

E-mail: vtokmajyan@ysuac.am

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

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных методов исследований явлений в природе и технике, а также в гуманитарных науках, является математическая статистика. Несмотря на использование этого метода крупнейшими математиками,

физиками, биологами, экономистами, сейсмологами, его приложение к актуальным проблемам, особенно в экстремальных областях изменения процессов, далеки от совершенства.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Как известно, при наличии большого количества измерений и наблюдений для параметров случайных процессов имеет место закон больших чисел Чебышева и теорема Ляпунова, согласно которым статистика изменения случайных параметров достаточно хорошо описывается нормальным гауссовским законом для плотности вероятности, которая удовлетворяет линейным диффузионным уравнениям [1÷3]. В последнее время имеется много работ по статистике [4÷8], где говорится о необходимости изменения решений линейной теории в области сильных изменений параметров и предлагаются различные методы нелинейного подхода к обработке статистических опытных данных, таких как нелинейные фильтры [6], генетический метод [6, 7], метод волновых пакетов [9]. В работах и в докладах этих авторов на международных конференциях предложен подход к задачам описания статистических кривых, основанный на методах, развитых в нелинейной волновой динамике.

При этом линейные уравнения диффузии для вероятностей процессов Колмогорова-

Эйнштейна-Фоккера-Планка-Релея [1÷3] дополняются нелинейным членом, что необходимо делать в окрестностях фронтов волн для указанных уравнений вероятностей, представляющих окрестность средних кривых процессов и дается решение этих уравнений в виде ударных волн для вероятности, в том числе и сглаженных за счет диффузии.

Эти результаты применяются к стохастическим процессам в экономике, биологии, астрофизике. В настоящей статье дается применение этих методов к несколько более общим задачам, когда средней кривой в области линейных изменений вероятностей является не прямая или экспонента для тренда, а более общая кривая колебательных и одновременно экспоненциально возрастающих или убывающих процессов, что характерно для задач экономики для фирм, для уравнений Лоттки-Вольтера взаимодействующих популяций, где коэффициенты написаны для двух уравнений, для двух параметров, и эти переменные взаимосвязаны. Получено линейное решение, постоянные параметры которого найдены из экспериментальных кривых двух

параметров процессов. С учетом нелинейности дается его решение в случае отсутствия диффузии в виде ударной волны, получено уравнение сведением к одному параметру и для вероятности комбинированного процесса.

При исследовании распределения вероятности процессов водоснабжения г. Горис за 2007-2008 гг. имеют место сравнительно небольшие параметры, при которых влияние нелинейности не столь сильно имеется почти колебательный процесс; в 2009 г. сменяется процессами больших значений самих параметров и изменения этих параметров, уже нелинейные.

Следует отметить, что кривые из эксперимента по водоснабжению могут быть сглажены методом подвижных средних и регрессий.

Нелинейная волновая динамика стохастических диффузионных процессов.

Для стохастических Марковских диффузионных процессов переходная вероятность $p(t_0, x_0, t, x)$ от величины случайной переменной $\xi = x_0$ в начальный момент времени t_0 , к величине $\xi = x$ в данный момент t удовлетворяет обратному и прямому уравнениям Колмогорова-Эйнштейна-Фоккера-Планка-Релея [1÷3]:

$$\frac{\partial p}{\partial t_0} = -a \frac{\partial p}{\partial x_0} - \frac{1}{2} b \frac{\partial^2 p}{\partial x_0^2} \quad (1)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -\frac{\partial a p}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 b p}{\partial x^2}, \quad (2)$$

где, например, в (2) – $a(x, t)$, $b(x, t)$ записаны в форме интегралов от p [1÷3], взятых по малой окрестности (x, t) точки; a, b – так называемые коэффициенты сноса и диффузии, причем a представляет среднюю скорость изменения $\xi = x$, и по нашей терминологии, линейную скорость волны. Вместо сложных интегралов [1÷3] для a, b можно пользоваться более удобным методом, связанным с графиками средних значений $\xi = x(t)$. Можно

ввести средние величины для $x, x^2 a, b, ab$ [3]:

$$\bar{x} = \int_{-\infty}^{\infty} x p(t_0, x_0, t, x) dx, \quad \bar{x}(t_0) = x_0 \quad (3)$$

и т.д., и получить, используя (2):

$$\frac{d\bar{x}}{dt} = \overline{a(x, t)}, \quad \frac{d\overline{x^2}}{dt} = \overline{2a(x, t)x + b(x, t)} \quad (4)$$

В частности, для случая $a(x, t) = a_0 + cx$, $a_0, c = const$, обозначая $x = \bar{x} + \Delta x$, можно получить [3]:

$$\overline{a(x, t)} = a_0 + c\bar{x}, \quad \overline{b(x, t)} = \frac{(\Delta x)^2}{\Delta t} - 2c(\Delta x)^2$$

или при $c = 0$:

$$\overline{a(x, t)} = a_0, \quad \overline{b(x, t)} = \frac{(\Delta x)^2}{\Delta t} \quad (5)$$

Те же соотношения получаются из уравнений Ито [1÷3]:

$$\frac{d\xi}{dt} = a\{\xi(t), t\} + \sqrt{b\{\xi(t), t\}} \frac{d\eta}{dt}, \quad (6)$$

где $\eta(t)$ – броуновский процесс, для которого математическое ожидание и дисперсия равны:

$$M \Delta \eta \approx 0, \quad D \Delta \eta = \Delta t, \\ D \Delta \eta = \frac{\left(\frac{dx}{dt} - a\right)^2}{b} (\Delta t)^2, \quad (7)$$

откуда, используя (6), снова получатся соотношения (4), (5).

Можно также написать одномерную вероятность $P(t, x)$ [3]:

$$P(t, x) = \int_{-\infty}^{\infty} P_0(t_0, x_0) p(t_0, x_0, t, x) dx_0, \quad (8)$$

где также удовлетворяется (2) и начальное условие $P(t_0, x) = P_0(t_0, x)$. Кроме того, в случае $a(x, t) = a_0$, $b(x, t) = const$, можно предположить, что начальная функция вероятности $P_0(t_0, x_0) = P_0$ – постоянна, а соответствующая переходная вероятность $p_0(t_0, x_0, t, x)$ является гауссовой функцией со средним $\bar{x} = a_0 t$ и дисперсией \sqrt{bt} , и тогда $P_0(t_0, x_0)$

можно считать постоянной, или, во всяком случае удовлетворяющей линейному уравнению (2).

Далее вводится $P(t, x) = P_0 + P'(t, x)$, где $P'(t, x)$ также удовлетворяет (2). Т.о. (2) совпадает с известным линейным уравнением газовой динамики и упругости с учетом малой диссипации b . По аналогии с механикой сплошных сред можно считать, что в окрестности волны, следует учесть нелинейность и заменить линейную скорость волны a на нелинейную $a + \frac{1}{2}\gamma P'$, где коэффициент γ , как и a, b - определяется из графиков $\bar{x}(t)$ согласно (1.5) $\frac{dx}{dt} \approx \frac{\Delta x}{\Delta t}$.

В области больших изменений $\bar{x} \frac{d\bar{x}}{dt}$, типичное для экономических и биологических стохастических процессов, нелинейное диффузионное уравнение имеет вид:

$$\frac{\partial P'}{\partial t} + \frac{\partial P'a}{\partial x} + \gamma P' \frac{\partial P'}{\partial x} - \frac{1}{2} \frac{\partial^2 P'b}{\partial x^2} = 0 \quad (9)$$

Для $a = a_0, b = const$, когда в линейной области график $\bar{x} = a_0 t$ – прямая, и имеет место линейное уравнение для P_0 , можно в нелинейной области записать уравнение:

$$\frac{\partial P'}{\partial t} + a_0 \frac{\partial P'}{\partial x} + \gamma P' \frac{\partial P'}{\partial x} - \frac{1}{2} b \frac{\partial^2 P'}{\partial x^2} = 0 \quad (10)$$

Как и в волновой динамике, можно ввести эйконал $\tau = t - \frac{x}{a_0}$, и, поскольку в окрестности волны для малых $P', \frac{\partial P'}{\partial \tau} \approx 1$, можно получить:

$$\frac{\partial P'}{\partial x} - \frac{\gamma}{a_0^2} P' \frac{\partial P'}{\partial \tau} - \frac{1}{2} \frac{b}{a_0^3} \frac{\partial^2 P'}{\partial \tau^2} = 0, \quad (11)$$

где $\frac{\partial P'}{\partial x}$ берется для заданного τ и имеет порядок P' .

Вблизи волны в нелинейной задаче, можно как и вначале пренебречь диффузией, тогда получится:

$$\frac{\partial P'}{\partial x} - \frac{\gamma}{a_0^2} P' \frac{\partial P'}{\partial \tau} = 0 \quad (12)$$

Для определенности рассмотрена типичная задача о начальных и граничных условиях. В начальной точке x_0, t_0 нелинейной области на кривой $x(t)$ можно ввести систему новых координат $x - x_0, t - t_0$, которые для удобства обозначены x, t , причем в начальной точке $x = 0, t = 0$. Тогда имеются условия:

$$t = 0, P'(x, t) = 0, x = 0, P'(x, t) = F(t) \quad (13)$$

Решение (12) при условиях (13) будет $x \geq 0, t \geq 0$.

$$P' = F(y_1), t - \frac{x}{a_0} + \frac{\gamma}{a_0^2} F(y_1) = y_1, \quad (14)$$

где $y_1 = const$ есть уравнение прямых нелинейных характеристик. Чтобы устранить неоднозначность решения в случае их пересечений, вводится ударная волна, впереди которой $P' = 0$, а позади которой:

$$F^2(y_1) = \frac{2a_0^2}{\gamma x} \int_0^{y_1} F(y_1) dy_1 \quad (15)$$

В частности в дальнейшем рассмотрен типичный случай граничного условия:

$$F(y_1) = A\sqrt{y_1}, A = const \quad (16)$$

и из (14), (15) получится на слабой ударной волне:

$$\begin{aligned} \sqrt{y_1} &= \frac{3}{4a_0^2} A\gamma x, \quad P' = \frac{3A^2\gamma x}{4a_0^2}, \\ t - \frac{x}{a_0} + \frac{3A^2\gamma^2 x^2}{16a_0^4} &= 0 \end{aligned} \quad (17)$$

В линейной области по (4), (5) $\frac{\Delta x}{\Delta t} = a_0, a_0 = const$, что позволяет по наклону $x(t)$ определить a_0 . А в нелинейной области больших наклонов $\frac{dx}{dt}$ на ударной волне:

$$\pm \frac{dx}{dt} = a_0 + \frac{\gamma}{2} P' \quad (18)$$

получится с учетом (17):

**MATHEMATICAL MODELING OF FLOOD
CAUSED BY POSSIBLE FAILURE OF LAJANURI DAM**

Gavardashvili Givi

E-mail: *givi_gava@yahoo.com*

Water Management Institute of Georgian Technical University
I. Chavchavadze av. 60, 0162 Tbilisi, Georgia

INTRODUCTION

The stability of different dams was very important from the most ancient periods of mankind, especially, water retaining structures of different high were built in Babylon, China, Egypt and Italy before Christ.

At the beginning, the specialists considered the insufficient depth of foundation materials, overloading of earth dams etc. as the mean reason causing failure of dams.

The technogenic catastrophes occurred worldwide, which caused a big quantity of human victims [2] were described below:

- The upstream bief of Braidfield dam (the USA) failed in 1864 was lined with concrete slabs, and the core body was filled with clay and loam soils. The failure of dam caused 239 human victims;
- The South Fork earth dam of 92 m high (the U.S. State of Pennsylvania) failed on 31 May, 1889; the disaster caused 2500 human victims.
- The stone dam of 33.6 m high was broken in the U.S. State of Arizona on 22 February, 1890 and caused 129 human victims;
- The concrete dam of Bouzey (France) of

22 m high failed on 27 April, 1895 and caused 156 human victims;

- The concrete dam located near Austin (the U.S. State of Pennsylvania) failed on 30 September, 1911. The disaster caused 100 human victims;
- The concrete dam of 16.5 m high located in Zerbino (Italy) failed on 13 August, 1935; the quantity of human victims exceeded one hundred.
- The failure of dams occurred and in the former USSR, but such kind of information was not available. Appropriately, information about human victims was not available as well. For example, the dam of the Gorky Hydroelectric Power Plant in failed in 1955, the Luzhki dam (Leningrad Region) – in 1956, the Irkutsk dam – in 1958, the Tsageri Reservoir – in 1960, and, the failure of the settlement Tskneti earth dam of 10 m high (1989) caused 3 human victims.
- The Sayan-Shushen dam disaster happened on 17 August, 2009 (in Russia) and caused 12 human victims etc.

1. FORECAST METHODS OF POSSIBLE DAM FAILURE

For the development of power and irrigation in Georgia, we have to provide the construction of water facilities, especially, dams of different high. To solve the intended task a lot of dams of different purposes and type was constructed in

the 20th century. Their height varies between 10 and 274 meters and, the capacity of reservoirs exceeded thousand million m³.

The inventory carried out in 60-80th of the 20th century revealed that about 64 big and small

reservoirs exist on the territory of Georgia; they are located in mountainous and submountainous landscapes.

The high dams, which are used to withstand reservoirs of large capacities, are of primary importance to control natural disasters (floods and inundation); also, they are important from the viewpoint of power [2, 6, 7, 10].

The high dams are of the main importance, especially, in Georgia. They protect population and adjacent areas against inundation.

Scientific observations on climate changes revealed the temperature rise across the Earth; it provokes intensive melting of snow cover and glaciers, which can be considered as the main component for the formation of floods, inundations and debris flows.

Taking into account the mentioned above, we can consider increased load on waterworks including dams. Also, we have to take into account the survey implemented by Acad. Tsotne Mirtskhulava [10] implemented on so called "ageing" of dams, which decreases the stability of dams and increases the possibility of technogenic disaster.

On the basis of scientific literature [1÷8, 10, 11] we can determine those dams, which are most dangerous for the population and areas located within the boundaries of Georgia. Such dams are as follows: Zhinvali, Sioni, Lajanuri, Shaori and Enguri.

To provide computer modelling for the possible technogenic disasters of dams in Georgia, we have improved the existing algorithm [12], which allows us to calculate wave velocity, distance and, above all, geometric dimensions of inundated area.

The initial data were subdivided into two parts: the first – permanent values and the second – variable one; the permanent values include those parameters, which don't depend on any

condition; as about the variable values, they depend on floods, failure of dam etc.

The existing volume of reservoir water (W_0) was calculated by the following dependence [12]:

$$W = \frac{H_B S_B}{3}, \text{ (Mm}^3\text{)} \quad (1)$$

where H_B – water depth at normal height of dam inundation (m); S_B – area of reservoir surface (Mm³);

The width of the river will be taken from the topographic map; the quantity of points won't exceed 3 points per either side of the river axis, totally 6 points; it will cover the whole catchment area.

The quantity of dam sections needed to determine the inundated area won't exceed eight units; the distance between them will be previously plotted on topographic map.

In case of flood, the velocity of wave (V) downstream the structure will be calculated by the following equation [12]:

$$V = V_0 (H_1 / H_0)^{2/3}, \quad (2)$$

where V_0 – the velocity of wave in the river downstream the structure (m/sec); H_1 – the height of water in the river downstream the dam (m); H_0 – the height of water in the river in case of flood (m).

The quality of dam failure (E_p) is determined by the following dependence [2, 12]:

$$E_p = \frac{F_B}{F_0}, \quad (3)$$

where, F_B – broken area of the bank (m²); F_0 – surface area (m²).

In addition to the mentioned above, the algorithm includes the following: height of the river threshold (m), quantity of sections along the river, distance between sections (km), width of the riverbed (m), velocity of wave in the riverbed (m/sec), width of the riverbed (m), levels of the riverbed (m) etc.

2. FORECASTING OF POSSIBLE FAILURE OF LAJANURI DAM

The Lajanuri dam is located on the Lajanuri River to the southwest of Tsageri. It is an arch

reinforced concrete dam of 69 m high; the width of dam is equal to 127 m along the cross section

of the river.

The capacity of the reservoir is equal to 25 Mm³, the area of water level – 1.4 Mm² [9]. The forecasting of Lajanuri dam accident was calculated for 100% failure.

To forecast inundated areas we have selected the following four sections in the riverbed: 1. within the boundaries of dam; 2. village Lajana; 3. village Tvishi; 4. village Opurchkhети (Fig. 1).

1. Village Lajana – 4.75 km; 2. Village Tvishi – 14.75 km; 3. Village Opurchkhети – 44.75 km.

For the appropriate period of time the quantity of impounded water in the centres of population will reach the following:

1. Village Lajana – 7.91 min;
2. Village Tvishi – 34.74 min;
3. Village Opurchkhети – 135.35 min.

In the centers of population, the areas impounded to the left and to the right from the river axis, wave height and water velocity were as follows:

1. Village Lajana

To the left – 179 m; to the right – 62 m;

Wave height – 17 m; wave velocity – 10 m/sec;

2. Village Tvishi

To the left – 82 m; to the right – 52 m;

Wave height – 12 m; wave velocity – 8 m/sec;

3. Village Opurchkhети

To the left – 355 m; to the right – 155 m;

Wave height – 3 m; wave velocity – 4 m/sec.

The failure of Lajanuri dam causes impoundment of the river canyon; in this case the population is out of danger.

The detailed data of calculations are given in Tables 3.1-3.3; the cross profiles of the river in case of floods are given on figure 2÷5.

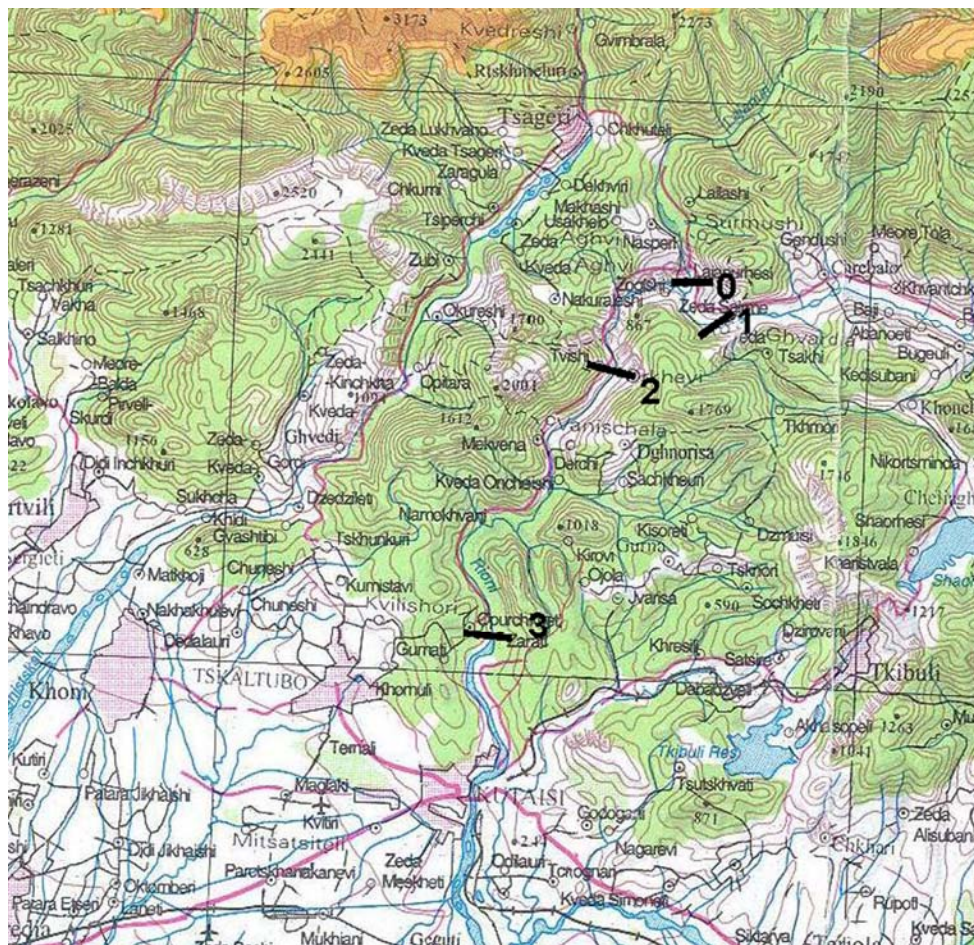


Fig. 1. Scheme of Rated Sections

Tab. 1

DESCRIPTION OF WORKS

Description: Lajanuri Dam (1)

	Initial Data of Hydraulic Unit:	Unit Meas.	Quant.
1.	Full supply level of the reservoir (L)	Mm ³	25
2.	Depth of the reservoir near the dam at L	m	68
3.	Impounded water level at L	Mm ³	1,4
4.	Width of the dam at L	m	127
5.	Depth of the river downstream the dam	m	0,5
6.	Width of the river downstream the dam	m	13
7.	Velocity of the river downstream the dam	m/sec	1
8.	Depth of the Reservoir at the moment of dam failure	m	69
9.	Quality of dam failure	m	1
10.	Broken height of the river channel	m	1
11.	Level mark of normal pounding in the Reservoir	m	495.6
12.	Quantity of cross profiles in the riverbed	unit	3

Tab. 2

Description of Cross Profiles	Cr. Unit	Section No 1	Section No 2	Section No 3
Discrepancy between <i>i</i> -type section and dam	km	4.75	12.75	44.75
Specific Stream:				
Level mark of normal pounding	m	366	310	200
Depth	m	2	1.5	1.2
Width	m	50	15	200
Stream velocity	m/sec	1.5	1.6	1.5
Left bank				
Broken height of the river bank	m	0,5	0,5	1
Width of the riverbed	m	20	15	250
Level No 1	m	380	320	220
Distance from the river axis to the level No 1	m	175	80	450
Level No 2	m	400	340	240
Distance from the river axis to the level No 2	m	250	180	600
Level No 3	m	420	360	260
Distance from the river axis to the level No 3	m	280	380	700
Right Bank				
Broken height of the river bank	m	0.5	0.5	1
Width of the riverbed	m	10	5	50
Level No 1	m	380	320	220
Distance from the river axis to the level No 1	m	60	50	250
Level No 2	m	400	340	240
Distance from the river axis to the level No 2	m	110	130	550
Level No 3	m	420	360	260
Distance from the river axis to the level No 3	m	210	200	850

Tab. 3

Parameters of Dam Failure	Meas.	Section No 0	Section No 1	Section No 2	Section No 3
Distance between the section and hydraulic unit	km	0	4,75	14,75	44,75
Maximum water discharge in the section	thous.m ³ /sec	45,9	15,02	6,28	2,48
Time:					
Fall of the front wave	min	0	7,91	34,74	134,95
Fall of wave	min	0	13,48	38,09	213,17
Fall of the last wave	min	10,95	33,73	167,89	501,23
Inundation	min	10,95	55,82	133,15	366,28
Maximum velocity of stream	m/sec	16,66	9,76	7,51	3,97
Height of wave	m	40,9	14,93	10,47	1,9
Maximum depth of inundation	m	41,4	16,93	11,97	3,1
Maximum level of inundation	m	468	380,93	320,47	201,9
Maximum height of inundation:					
On the left bank of the river	m	50,14	178,5	82,34	354,76
On the right bank of the river	m	50,14	62,34	51,87	154,76

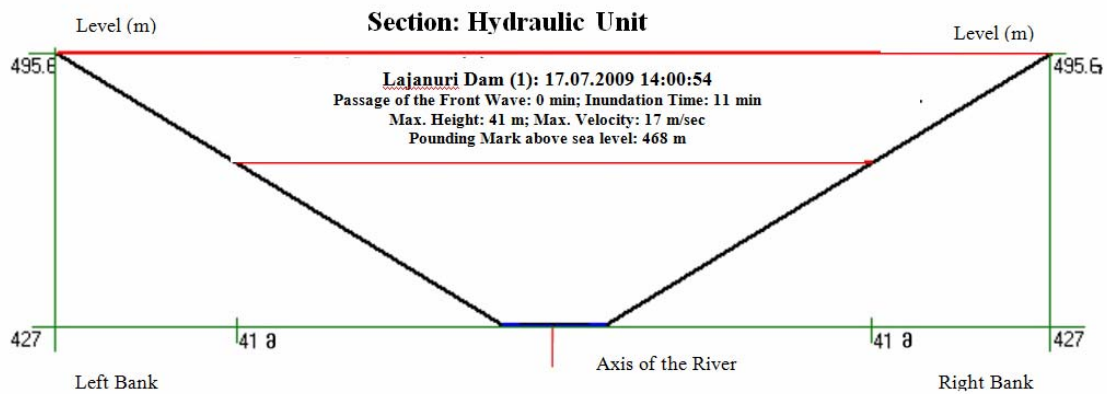


Fig. 2

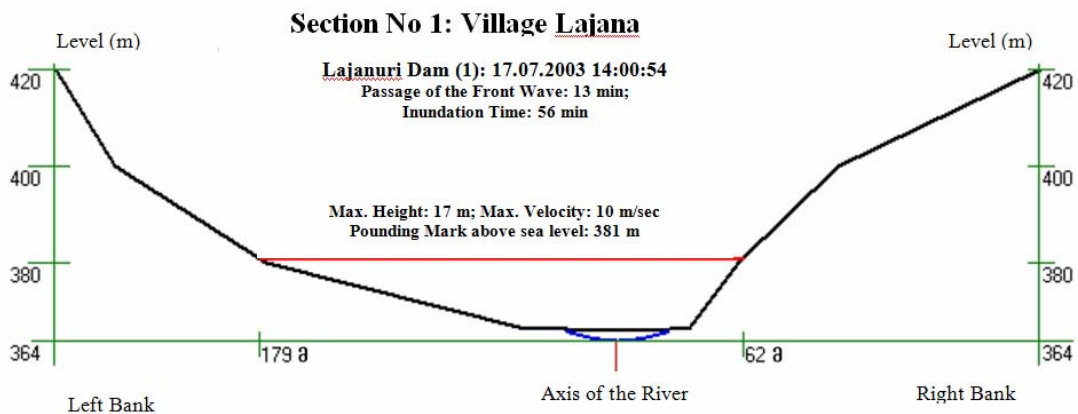


Fig. 3

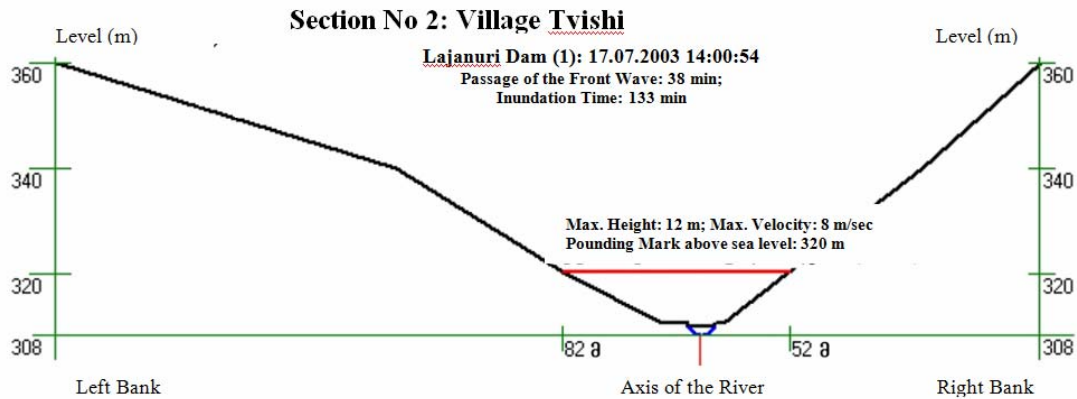


Fig. 4

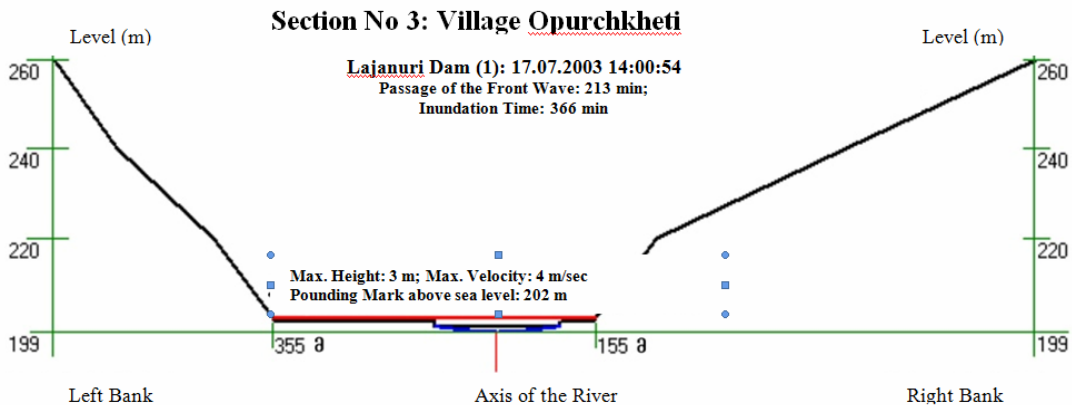


Fig. 5

CONCLUSIONS

Thus, on the mathematical model basis we have determined contours of inundated areas caused by the possible failure of Lajanuri Dam,

which allow us to analyze possible danger in case of technogenic catastrophes.

REFERENCE

1. **Ayyub B.M.** Risk Analysis Engineering and Economics. A CRC Press Company. Boca Raton, London, New York, Washington, D.C., 2003, 571 p.
2. **Gavardashvili G.V.** Remedial measures on mountainous landscapes in case of natural and technogenic catastrophes. Tbilisi, Publishing House „Universal”, 2011, pp. 237.
3. **Gavardashvili G.V.** Forecast of Flooded Territories by Flooding in Case of Possible Accident of Shaori rockfill Dam. The International Conference on “Protection of Agro biodiversity and Sustainable Development of Agriculture. November 24-25, 2010, Tbilisi, Georgia.
4. **Гавардашвили Г.В.** Компьютерная имитация наводнения в случае разрушения Ингурской плотины. //Сборник Научных Трудов Института Водного Хозяйства Грузии, №65, Тбилиси, 2010, с. 42÷ 52.
5. **Gavardashvili G.V., Ayyub B. M., Sobota J., Bournaski E., Arabidze V.** Simulation of Flood and Mud Flow Scenarios in Case of Failure of the Zhinvali Earth Dam. //International Symposium (With the support of UNESCO) on FLOODS AND MODERN METHODS OF CONTROL MEASURES. 23-28 September 2009, Tbilisi, Georgia, pp.148÷163.
6. **Gvelesiani T.L., Matcharadze G.T., Nonoev I.K., Nieto D. and Piccolo M.** Results of Geodynamic

- Investigation at Enguri HPP as Base of Predicting the Extreme Hydrodynamic Processes in the Reservoir and the Dam Safety. Georgian Engineering News. No 1, 2003.
7. **Гвелесиани Т.Л.** Теория генерации волн в приложении к задачам гидроэкологии. Издательство «Универсал», Тбилиси, 2009, 245 с.
 8. **Gvelesiani T.L.** Mathematical Models of Transient Waves Generation in Problems of Environment. Tel-Aviv, 2010, 216 p.
 9. Гидроэлектростанции Грузии. Энергомашэкспорт, Москва, 1989, 50 с.
 10. **Mirtskhoulava Ts.E.** Hazards and Risk (at some water and other systems. Types, Analysis, Assessment), 2 Books. Tbilisi, "Metsniereba", 2003, 807 p. (in Russian)
 11. **Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И.** Установление высоты волны повышения при входе связанного селевого потока в напорных сооружениях. //ж. Гидротехническое строительство, М., №5, 2005, с. 20÷26.
 12. **Шойгу С.К.** Оперативное прогнозирование инженерной обстановки в чрезвычайных ситуациях. (Книга – 2). М. 1998, 176 с.

ტოლწინააღობის თაღოვანი კაშხლების
გაღამაჟვებზე განტოლუბათა სისტემა

ზურაბ გედენიძე, ტარიელ კვიციანი, სპარტაკ ავალიანი

E-mail: z.gedenidze@gtu.ge

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
მ. კოსტავას ქ. 77, 0175, ქ. თბილისი, საქართველო

შეშავალი

თაღოვანი კაშხლების დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ანალიზიდან ჩანს, რომ მათი სხვადასხვა უბანი ხასიათდება სიმტკიცეზე მკვეთრად განსხვავებული მარაგის კოეფიციენტით. შესაბამისად, მასალის მექანიკური მახასიათებლები კაშხლის ტანში არ არის მაქსიმალურად გამოყენებული და კაშხლის გეომეტრიული მახასიათებლების დადგენა მოითხოვს შემდგომ კვლევას.

უკანასკნელ დროს თაღოვანი კაშხლების მშენებლობაში განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა მათი მშენებლობის დაჩქარებისა და ღირებულების მნიშვნელოვან შემცირების საკითხებს, გაანგარიშებით დასაბუთებული კონსტრუქციის ოპტიმიზაციის საფუძველზე. ნაგებობების ოპტიმალური დაპროექტების ზოგადი კრიტერიუმი ხშირად მისი ღირებულებაა, მაგრამ გავლენის ყველა ფაქტორის გათვალისწინება ურთულეს ამოცანას წარმოადგენს.

პრაქტიკაში ხშირად გამოიყენება ისეთი კრიტერიუმი, როგორცაა, მინიმალური წონა (მოცულობა), ტოლი წინააღობა და სხვა. ზოგჯერ გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება არა კონსტრუქციის მინიმალურ წონას, არამედ მშენებლობის ტექნოლოგიას. ამდენად, ოპტიმალური კონსტრუქციის შექმნის საკითხი წარმოადგენს მეტად აქტუალურ და რთულ პრობლემას.

თაღოვანი კაშხლების დაპროექტებისას მისი პარამეტრების დაზუსტების მიზნით, ხშირად საჭიროა განმეორებითი ანგარიშების ჩატარება და მიღებული შედეგების ანალიზი. სტატიკურად რკვევად თაღოვანი კაშხლებში სასურველი შედეგები შეიძლება მიღწეულ იქნეს ერთჯერადი ანალიზით.

ოპტიმიზაციის ამოცანები ძირითადად გადაწყვეტილია ისეთი კონსტრუქციებისათვის, რომელთა საანგარიშო სქემა წარმოდგენილია ერთგანზომილებიან სისტემაში, ანუ როცა მათი გადაწყვეტი განტოლებები ჩაწერილია ჩვეულებრივ დიფერენციალურ განტოლებებში. ბოლო დროს ნაწილობრივი ოპტიმიზაციის ამოცანები (მაგალითად მოცემული ძაბვების მეთოდი) გადაწყვეტილია ზოგიერთი კონსტრუქციისათვის, რომელთა ყოფაქცევა დატვირთვის ქვეშ აღწერილია კერძოწარმოებულიანი დიფერენციალური განტოლებებით. იგი უზრუნველყოფს კონსტრუქციის მხოლოდ ნაწილობრივ გაუმჯობესებას.

თაღოვანი კაშხლების ნაწილობრივი ოპტიმიზაციის მხოლოდ რამდენიმე ნაშრომი ცნობილი, რომლებიც ძირითადად ეყრდნობა რიცხვით ექსპერიმენტებს და ხორციელდება რთული და შრომატევადი იტერაციული ციკლით.

თაღოვანი კაშხლების დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის დასახასიათებლად, უფრო მიზანშეწონილია გარსთათეორიის გამოყენება. გაანგარიშების ამ მეთოდის გამოყენებას აბრკოლებს გადაწყვეტ დიფერენციალურ განტოლებათა მაღალი რიგი, კაშხლის რთული სასაზღვრო პირობები და გეომეტრია. გართულებულია აგრეთვე „კაშხალი-ფუძის“, როგორც ერთიანი სისტემის გაანგარიშება, განსაკუთრებით, როცა ფუძის გრუნტი არაერთგვაროვანია, გააჩნია ბზარები და ზოგჯერ სიცარიელებიც. სასრული ელემენტების მეთოდით სისტემა „კაშხალი-ფუძის“ გაანგარიშება, წყვეტილი პარამეტრების პირობებშიც დიდ სირთულეს არ წარმოადგენს.

პირითადი ნაწილი

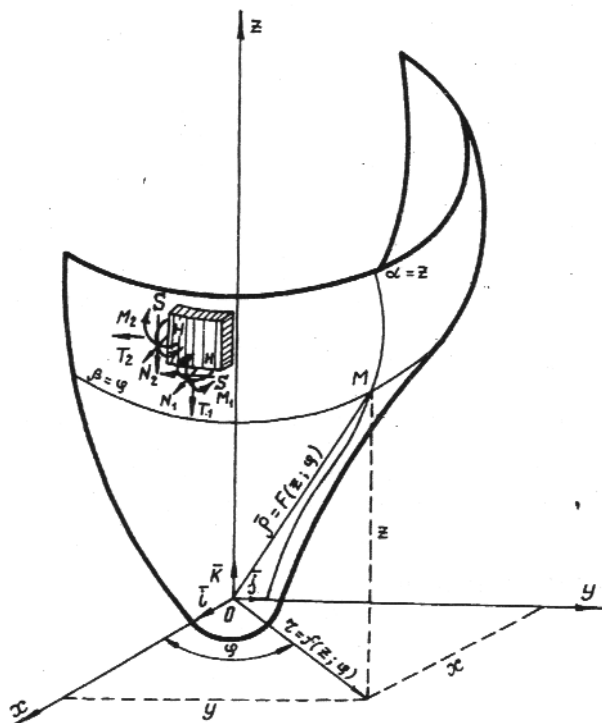
ნაშრომში კაშხლის ტანის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა ფასდება გარსთა თეორიის გამოყენებით, რომლის სასაზღვრო უბნის კონტურზე სასაზღვრო მნიშვნელობათა დადგენა ხორციელდება სისტემა „კაშხალი-ფუძისათვის“.

კაშხლის უცნობი სისქეების განსაზღვრა გათვალისწინებულია რთული დაძაბული მდგომარეობის მოდიფიცირებული სიმტკიცის პირობიდან, რომელიც უზრუნველყოფს ყოველ წერტილში, მასალის გაჭიმვასა და კუმშვაზე სხვადასხვა წინააღობის გათვალისწინებით, დენადობის პირობას. ასეთი თაღოვანი კაშხლები შეიძლება მივაკუთვნოთ თანაბარი სიმტკიცის კატეგორიას, რაც განსაზღვრავს კაშხლის მინიმალურ მოცულობას (წონას) მასალის მექანიკური მახასიათებლების მაქსიმალურად გამოყენების საფუძველზე.

თაღოვანი კაშხლის მყისიერი გადასვლა პლასტიკურ მდგომარეობაში შეიძლება უზრუნველყოფილ იქნეს, მოცემული დატვირთვისა და სისქეების პირობებშიც, მისი შუა ზედაპირის რაციონალური მოხაზულობის საფუძველზე, მაგრამ ამ დროს მოხაზულობა კონსტრუქცია აღმოჩნდეს ტექნოლოგიურად მიუღებელი.

მომენტური გარსთა თეორიის გამოყენებით კაშხლის ტანის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა და საანგარიშო კვეთებში ოპტიმალური სისქეების დადგენა შეიძლება განისაზღვროს კერძოწარმოებულის, ცვლადკოეფიციენტთან გადამწვევტ

განტოლებათა სისტემით, რომელიც ნაშრომში წარმოდგენილია ხუთი წონასწორობის განტოლებით [2], სამი გარსის შუა ზედაპირის დეფორმაციათა სიჩქარის უწყვეტობის განტოლებით [6] და მყიფე-პლასტიკური მასალებისათვის რთული დაძაბული მდგომარეობის სიმტკიცის პირობით [7, 8]. ადამწვევტ განტოლებათა სისტემა, ცილინდრულ კოორდინატთა სისტემაში (ნახ. 1), შესაბამისი გარდაქმნების შემდეგ მიიღებს სახეს:



ნახ. 1. თაღოვანი კაშხლის საანგარიშო სქემა

$$\begin{aligned} \frac{\partial A_2}{\partial z} T_1 + A_2 \frac{\partial T_1}{\partial z} + 2 \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} S + A_1 \frac{\partial S}{\partial \varphi} - \frac{\partial A_2}{\partial z} T_2 + \frac{A_1 A_2}{R_1} N_1 + A_1 A_2 q_1 &= 0; \\ 2 \frac{\partial A_2}{\partial z} S + A_2 \frac{\partial S}{\partial z} + \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} T_2 + A_1 \frac{\partial T_2}{\partial \varphi} - \frac{\partial A_1}{\partial z} T_1 + \frac{A_1 A_2}{R_2} N_2 + A_1 A_2 q_2 &= 0; \\ \frac{\partial A_2}{\partial z} N_1 + A_2 \frac{\partial N_1}{\partial z} + \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} N_2 + A_1 \frac{\partial N_2}{\partial \varphi} - \frac{A_1 A_2}{R_1} T_1 - \frac{A_1 A_2}{R_2} T_2 + A_1 A_2 q_3 &= 0; \\ \frac{\partial A_2}{\partial z} M_1 + A_2 \frac{\partial M_1}{\partial z} + 2 \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} H + A_1 \frac{\partial H}{\partial \varphi} - \frac{\partial A_2}{\partial z} M_2 - A_1 A_2 N_1 &= 0; \\ 2 \frac{\partial A_2}{\partial z} H + A_2 \frac{\partial H}{\partial z} + \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} M_2 + A_1 \frac{\partial M_2}{\partial \varphi} - \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} M_1 - A_1 A_2 N_2 &= 0. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & A_2 \frac{\partial M_2}{\partial z} + \left(\frac{\partial A_2}{\partial z} - \frac{A_2}{h^3} \frac{\partial h^3}{\partial z} \right) M_2 - \frac{\partial A_2}{\partial z} M_1 - \frac{A_1}{2} \frac{\partial H}{\partial \varphi} + \left(\frac{A_1}{2h^3} \frac{\partial h^3}{\partial \varphi} - \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} \right) H + \\
 & + \left(\frac{h^2}{6R_2} \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} - \frac{A_1 h}{6R_1} \frac{\partial h}{\partial \varphi} + \frac{h^2}{6R_1} \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} \right) S + \left(\frac{A_2 h}{12R_1} \frac{\partial h}{\partial z} - \frac{h^2}{12R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} \right) T_2 + \frac{h^2}{12R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} T_1 + \\
 & + \frac{A_1 h^2}{6R_1} \frac{\partial S}{\partial \varphi} - \frac{A_2 h^2}{12R_1} \frac{\partial T_2}{\partial z} = 0; \\
 & A_1 \frac{\partial M_1}{\partial \varphi} + \left(\frac{\partial A_1}{\partial \varphi} - \frac{A_1}{h^3} \frac{\partial h^3}{\partial \varphi} \right) M_1 - \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} M_2 - \frac{A_2}{2} \frac{\partial H}{\partial z} + \left(\frac{A_2}{2h^3} \frac{\partial h^3}{\partial z} - \frac{\partial A_2}{\partial z} \right) H + \\
 & + \left(\frac{h^2}{6R_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} - \frac{A_2 h}{6R_2} \frac{\partial h}{\partial z} + \frac{h^2}{6R_2} \frac{\partial A_2}{\partial z} \right) S + \left(\frac{A_1 h}{12R_1} \frac{\partial h}{\partial \varphi} - \frac{h^2}{12R_2} \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} \right) T_1 + \frac{h^2}{12R_2} \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} T_2 + \\
 & + \frac{A_2 h^2}{6R_2} \frac{\partial S}{\partial z} - \frac{A_1 h^2}{12R_2} \frac{\partial T_1}{\partial \varphi} = 0; \\
 & \frac{12A_1 A_2}{h^2 R_2} M_1 + \frac{12A_1 A_2}{h^2 R_1} M_2 + F_1 \frac{\partial T_2}{\partial z} + F_2 T_2 + F_3 T_1 + F_4 \frac{\partial S}{\partial \varphi} + F_5 S - \frac{1}{A_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial T_1}{\partial z} + \\
 & + F_6 \frac{\partial S}{\partial z} + \frac{A_2}{A_1} \frac{\partial^2 S}{\partial z^2} - 2 \frac{\partial^2 S}{\partial \varphi \partial z} + F_7 \frac{\partial T_1}{\partial \varphi} + \frac{A_1}{A_2} \frac{\partial^2 T_1}{\partial \varphi^2} - \frac{1}{A_2} \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} \frac{\partial T_2}{\partial z} = 0; \\
 & \rho \sigma_s^2 h^4 - (\rho - 1) \sigma_s (T_1 + T_2) h^3 - (T_1^2 - T_1 T_2 + T_2^2 + 3S^2) h^2 - \\
 & - 16(M_1^2 - M_1 M_2 + M_2^2 + 3H^2) = 0.
 \end{aligned} \tag{1}$$

(1) გადამწვევებ განტოლებათა სისტემის პირველი რვა განტოლებიდან განისაზღვრება საძიებელი შინაგანი ძალები და მომენტები T_1 , T_2 , S , M_1 , M_2 , H , N_1 , N_2 , რაც ცალსახა ამოხსნას ექვემდებარება. გარსის ოპტიმალური სისქეები h , რომელიც უზრუნველყოფს გარსის ორივე ზედაპირის თანაბარ სიმტკიცესთან მიახლოებას, განისაზღვრება მეცხრე განტოლებით. ამ უკანასკნელის ნაცვლად შეგვიძლია გამოვიყენოთ სიმტკიცის პირობა, რომელიც ზუსტად უზრუნველყოფს კაშხლის ერთ-ერთი წახნაგის მყისიერ გადახვლას ზღვრულ მდგო-

მარეობაში.

გადამწვევებ განტოლებათა სისტემაში A_1 და A_2 ლამეს პარამეტრებია კაშხლის შუა ზედაპირზე, რომელთა ანალიზური გამოსახულებანი, ნებისმიერი გეომეტრიის თაღოვანი კაშხლებისათვის, მოცემულია მონოგრაფიაში [2]. R_1 და R_2 – სიმრუდის მთავარი რადიუსები; q_1 , q_2 და q_3 – კაშხლის შუა ზედაპირის ერთეულ ფართობზე მოსული გარეგანი ძალების გვეგმილები; F_1, \dots, F_7 – კოეფიციენტები განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებებით:

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \frac{2}{A_1} \frac{\partial A_2}{\partial z} - \frac{A_2}{A_1^2} \frac{\partial A_1}{\partial z} - \frac{A_2}{A_1 h^2} \frac{\partial h^2}{\partial z}, \\
 F_2 &= \frac{A_2}{A_1^2 h} \frac{\partial A_1}{\partial z} \frac{\partial h}{\partial z} - \frac{1}{A_1^2} \frac{\partial A_1}{\partial z} \frac{\partial A_2}{\partial z} - \frac{2}{A_1 h} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial h}{\partial z} + \frac{A_2}{A_1 h^3} \frac{\partial h^2}{\partial z} \frac{\partial h}{\partial z} - \\
 & - \frac{A_2}{A_1 h} \frac{\partial h^2}{\partial z^2} + \frac{1}{A_1} \frac{\partial^2 A_2}{\partial z^2} + \frac{1}{A_2^2} \frac{\partial A_2}{\partial \varphi} \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} - \frac{1}{A_2} \frac{\partial^2 A_1}{\partial \varphi} + \frac{1}{A_2 h} \frac{\partial h}{\partial \varphi} \frac{\partial A_1}{\partial \varphi}, \\
 F_3 &= \frac{1}{A_1^2} \frac{\partial A_1}{\partial z} \frac{\partial A_2}{\partial z} + \frac{1}{A_1 h} \frac{\partial h}{\partial z} \frac{\partial A_2}{\partial z} - \frac{1}{A_1} \frac{\partial^2 A_2}{\partial z^2} + \frac{A_1}{A_2^2 h} \frac{\partial A_2}{\partial \varphi} \frac{\partial h}{\partial \varphi} - \\
 & - \frac{1}{A_2^2} \frac{\partial A_2}{\partial \varphi} \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} - \frac{2}{A_2 h} \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} \frac{\partial h}{\partial \varphi} + \frac{A_1}{A_2 h^3} \frac{\partial h^2}{\partial \varphi} \frac{\partial h}{\partial \varphi} - \frac{A_1}{A_2 h} \frac{\partial^2 h}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{A_2} \frac{\partial^2 A_1}{\partial \varphi^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_4 &= \frac{1}{h^2} \frac{\partial h^2}{\partial z} - \frac{2}{A_2} \frac{\partial A_2}{\partial z}, \\
 F_5 &= \frac{2}{A_1^2} \frac{\partial A_1}{\partial z} \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} - \frac{1}{h^3} \frac{\partial h^2}{\partial z} \frac{\partial h}{\partial \varphi} + \frac{2}{h} \frac{\partial^2 h}{\partial z \partial \varphi} - \frac{2}{A_1} \frac{\partial^2 A_1}{\partial z \partial \varphi} + \frac{2}{A_1 h} \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} \frac{\partial h}{\partial z} + \\
 &+ \frac{2}{A_2^2} \frac{\partial A_2}{\partial \varphi} \frac{\partial A_2}{\partial z} - \frac{1}{h^3} \frac{\partial h^2}{\partial \varphi} \frac{\partial h}{\partial z} - \frac{2}{A_2} \frac{\partial^2 A_2}{\partial z \partial \varphi} + \frac{2}{A_2 h} \frac{\partial A_2}{\partial z} \frac{\partial h}{\partial \varphi}, \\
 F_6 &= \frac{1}{h^2} \frac{\partial h^2}{\partial \varphi} - \frac{2}{A_1} \frac{\partial A_1}{\partial \varphi}, \\
 F_7 &= \frac{2}{A_2} \frac{\partial A_1}{\partial \varphi} - \frac{A_1}{A_2} \frac{\partial A_2}{\partial \varphi} - \frac{A_1}{A_2 h^2} \frac{\partial h^2}{\partial \varphi}.
 \end{aligned} \tag{2}$$

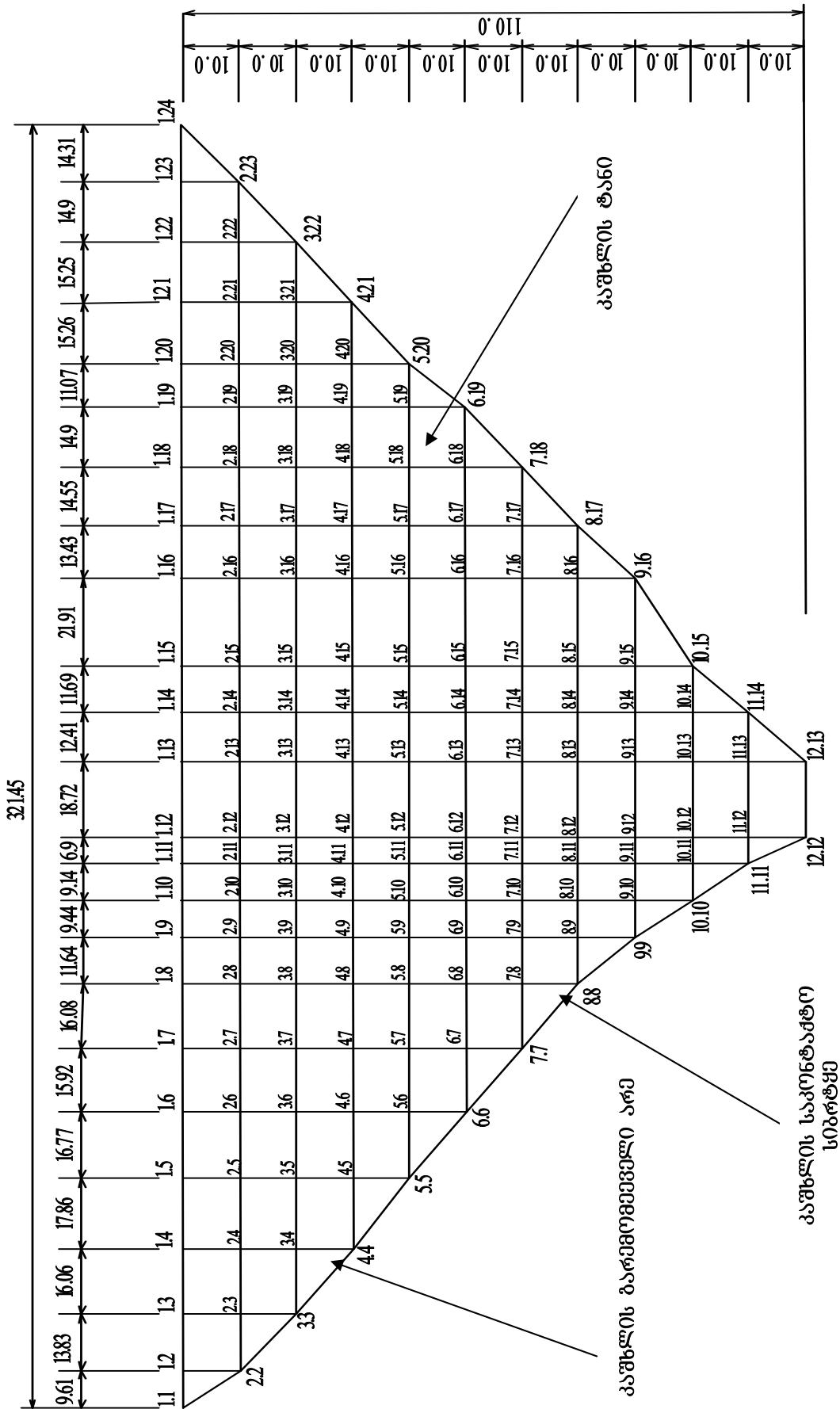
სტატიკურად რკვევადი გადამწვეტ განტოლებათა სისტემა (1) შეიძლება ამოიხსნას შინაგან ძალებსა და მომენტებში, რაც გამორიცხავს მიღებულ შედეგებში კინემატიკური ხასიათის დაშვებების გავლენას. მეორეს მხრივ, ამ სისტემების ამოხსნა ანალიზური ხერხით პრაქტიკულად შეუძლებელია. აღნიშნულიდან გამომდინარე მივედით იმ დასკვნამდე, რომ კაშხლის ტანის დაძაბული მდგომარეობის შესასწავლად ანუ გადამწვეტ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემის ამოსახსნელად გამოვიყენოთ რიცხვითი, კერძოდ, სასრულო სხვაობათა მეთოდი [1, 4], ხოლო ფუძის გრუნტში და შესაბამისად, საკონტაქტო სიბრტყეში კაშხალი-ფუძე, აგრეთვე რიცხვითი მეთოდი, მხოლოდ სასრული ელემენტების სახით.

სასრულო სხვაობებში გადამწვეტ განტოლებათა სისტემების ჩასაწერად კაშხლის საკვლევი არის აპროქსიმაციას ვაწარმოებთ სასრულო-სხვაობითი ბადით [1, 3], რომელთა ღერძები პარალელურია Z და φ საკოორდინატო ღერძების (ნახ. 2). ბადის ბიჯი ვერტიკალური მიმართულებით მუდმივია და ტოლია a -სი, ხოლო ჰორიზონტალური მიმართულებით ბიჯი b_j ცვლადია და შეირჩევა იმ პრინციპით, რომ ბადის კვანძი შეუთავსდეს საკვლევი არის კონტურს [5]. გადამწვეტ განტოლებათა სისტემა სასრულო სხვაობებში იწერება ბადის თითოეული კვანძისათვის, რომელიც სასრული ელემენტების მეთოდით

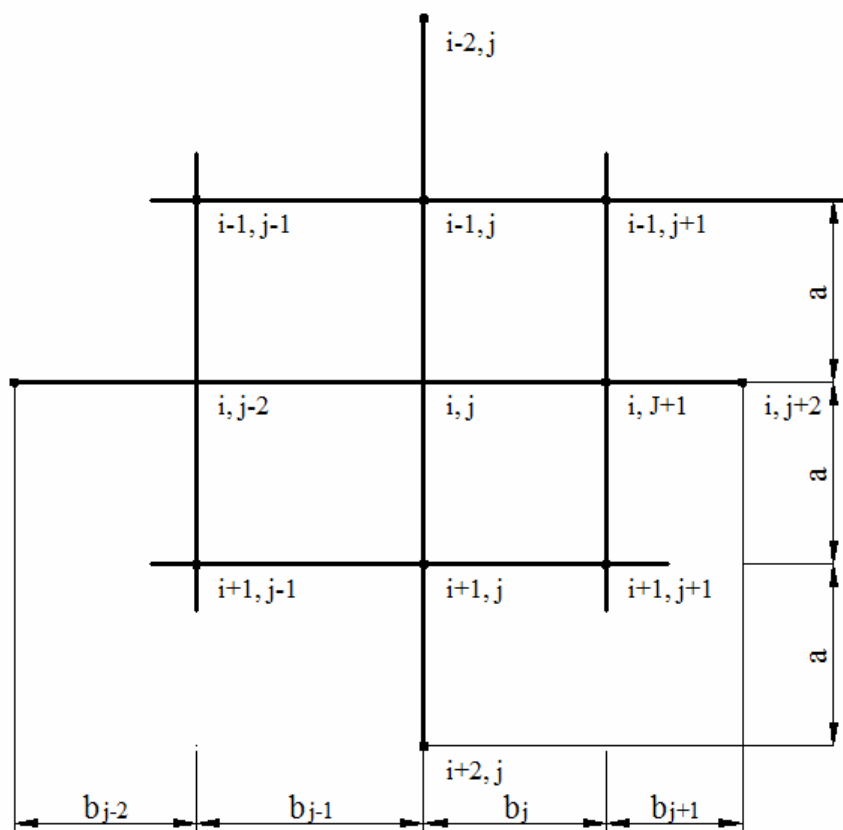
განსაზღვრულ სასაზღვრო მნიშვნელობებთან ერთად, ქმნის მათემატიკურად კორექტულ ამოცანას. ცენტრალურ სასრულო სხვაობებში ასეთი ბადის (ნახ. 3) კერძო წარმოებულები შემდეგ სახეს მიიღებს:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial F}{\partial z} &= \frac{1}{2a} (F_{i+1,j} - F_{i-1,j}); \\
 \frac{\partial F}{\partial \varphi} &= \frac{P_j}{a \ell_j \ell_{j-1}} [F_{i,j+1} \ell_{i-1}^2 + F_{i,j} (\ell_{j-1}^2 - \ell^2)]; \\
 \frac{\partial^2 F}{\partial z^2} &= \frac{1}{a^2} (F_{i+1,j} - 2F_{i,j} + F_{i-1,j}); \\
 \frac{\partial^2 F}{\partial \varphi^2} &= \frac{2P_j}{a^2} [F_{i,j+1} \ell_j + F_{i,j-1} \ell_{j-1} - F_{i,j} (\ell_j + \ell_{j-1})]; \\
 \frac{\partial^2 F}{\partial z \partial \varphi} &= \frac{P_j}{2a^2 \ell_{j-1} \ell_j} [(F_{i+1,j+1} - F_{i-1,j+1}) \ell_j^2 + (F_{i-1,j-1} - F_{i+1,j-1}) \ell_{j-1}^2 + (F_{i+1,j+1} - F_{i-1,j+1}) (\ell_{j-1}^2 - \ell_j^2)], \\
 \text{სადაც } \ell_j &= \frac{a}{\varphi_{j+1} - \varphi_j}; \ell_{j-1} = \frac{a}{\varphi_j - \varphi_{j-1}}; \\
 P_j &= \frac{a}{\varphi_{j+1} - \varphi_{j-1}}.
 \end{aligned} \tag{3}$$

- აქ a არის ბიჯი z ღერძის გასწვრივ;
- b_j - ბადის ბიჯი φ ღერძის გასწვრივ;
- i - წერტილის ინდექსი z ღერძის გასწვრივ;
- j - წერტილის ინდექსი φ ღერძის გასწვრივ.



ნახ.2 ნამახვანის თაღოვანი კაშხლის მაგალითზე გაშლილი არის აპროქსიმაცია სასრულო სხვაობითი ზადით



ნახ. 3 სასრულო სხვაობათა ბაღე

(3) გამოსახულებით შეიძლება ადვილად ჩაიწეროს გადამწყვეტ განტოლებათა სისტემა, რომლის შემდგომი ამოხსნით დადგინდება კაშხლის ოპტიმალური პარამეტრები

ნახ. 4-ზე მოცემულია ნამახვანის თაღოვანი კაშხლის საანგარიშო სქემა სასრული ელემენტების მეთოდით გაანგარიშებისათვის. გაანგარიშება ჩატარებულია სტანდარტული პროგრამის საფუძველზე, რომლისთვისაც

გამოყენებულია: 6 თავისუფლების ხარისხიანი სამკვანძიანი სასრული ელემენტი სქელი გარსებისათვის; ოთხკვანძიანი უნივერსალური სასრული ელემენტი სქელი გარსებისათვის კვანძში 6 თავისუფლების ხარისხით; ფიზიკურად არაწრფივი მოცულობითი იზოპარამეტრული 8 კვანძიანი სასრული ელემენტი. გაანგარიშების შედეგები საანგარიშო კვანძებში მოცემულია ცხრილ 1-ში.

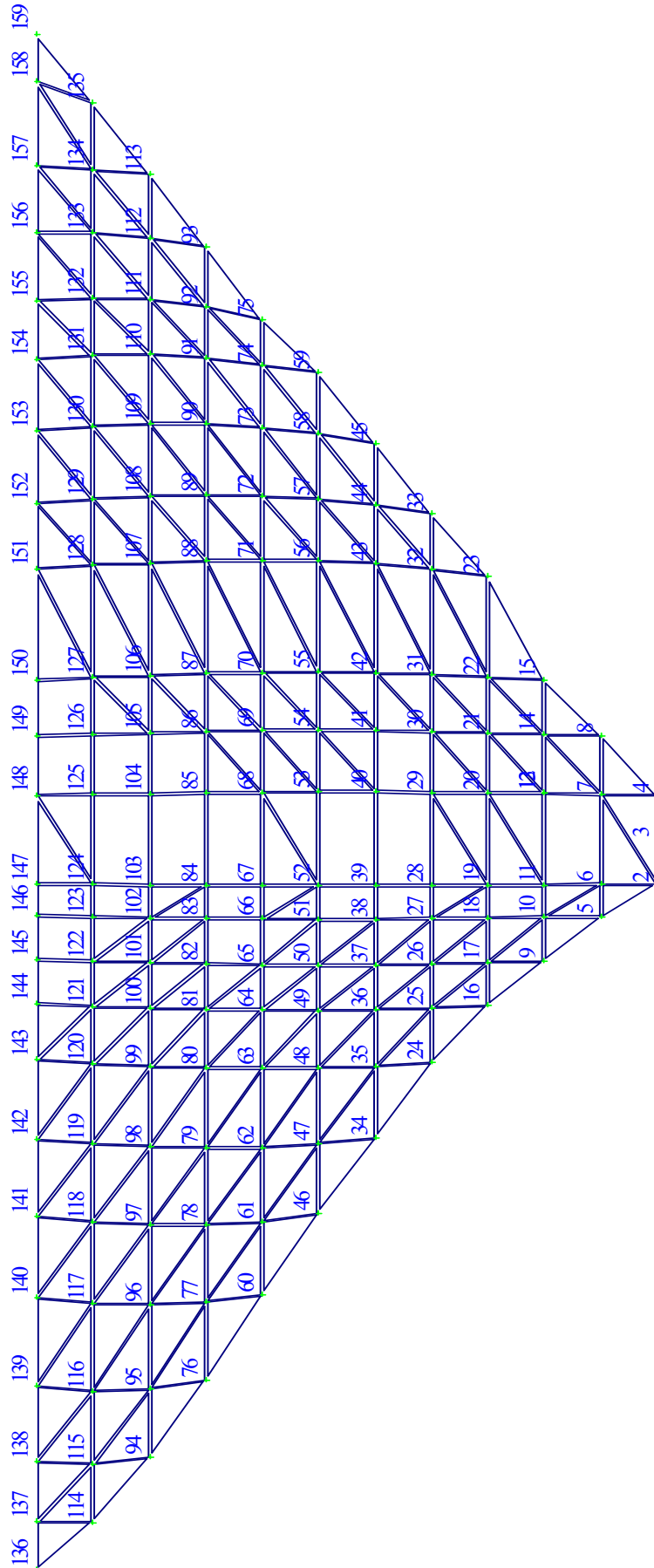
ცხრილი 1

შინაგანი ძალები და მომენტები კაშხლის საკონტაქტო ზედაპირისა და თავისუფალი კიდის საკვანძო წერტილებში

კვანძის №	ძალები საკონტაქტო კვანძებში							
	T(1), ტ/მ	T(2), ტ/მ	S, ტ/მ	M(1),ტ.მ/მ	M(2),ტ.მ/მ	H, ტ.მ/მ	N(1), ტ/მ	N(2), ტ/მ
1.1	0.000	-21.000	0.000	0.000	-120.000	0.000	0.000	35.000
1.2	0.000	-25.000	0.000	0.000	-120.000	0.000	0.000	30.000
1.3	0.000	-60.000	0.000	0.000	600.000	0.000	0.000	35.000
1.4	0.000	-100.000	0.000	0.000	900.000	0.000	0.000	50.000
1.5	0.000	-130.000	0.000	0.000	1200.000	0.000	0.000	80.000
1.6	0.000	-190.000	0.000	0.000	900.000	0.000	0.000	70.000

ცხრილი 1 (გაგრძელება)

კვანძის №	ძაღვები საკონტაქტო კვანძებში							
	T(1), გ/მ	T(2), გ/მ	S, გ/მ	M(1),ტ.მ/მ	M(2),ტ.მ/მ	H, ტ.მ/მ	N(1), გ/მ	N(2), გ/მ
1.7	0.000	-190.000	0.000	0.000	-50.000	0.000	0.000	5.000
1.8	0.000	-200.000	0.000	0.000	-500.000	0.000	0.000	-20.000
1.9	0.000	-210.000	0.000	0.000	-1200.000	0.000	0.000	-140.000
1.10	0.000	-210.000	0.000	0.000	-1400.000	0.000	0.000	-100.000
1.11	0.000	-210.000	0.000	0.000	-1700.000	0.000	0.000	-80.000
1.12	0.000	-210.000	0.000	0.000	-2100.000	0.000	0.000	-40.000
1.13	0.000	-210.000	0.000	0.000	-2200.000	0.000	0.000	50.000
1.14	0.000	-200.000	0.000	0.000	-1800.000	0.000	0.000	100.000
1.15	0.000	-190.000	0.000	0.000	-1400.000	0.000	0.000	140.000
1.16	0.000	-170.000	0.000	0.000	-20.000	0.000	0.000	120.000
1.17	0.000	-155.000	0.000	0.000	800.000	0.000	0.000	100.000
1.18	0.000	-140.000	0.000	0.000	1000.000	0.000	0.000	10.000
1.19	0.000	-110.000	0.000	0.000	1200.000	0.000	0.000	-20.000
1.20	0.000	-90.000	0.000	0.000	900.000	0.000	0.000	-30.000
1.21	0.000	-40.000	0.000	0.000	500.000	0.000	0.000	-30.000
1.22	0.000	-40.000	0.000	0.000	500.000	0.000	0.000	30.000
1.23	0.000	-30.000	0.000	0.000	600.000	0.000	0.000	-50.000
1.24	0.000	-20.000	0.000	0.000	120.000	0.000	0.000	-35.000
2.2	-30.701	-110.804	3.517	293.412	200.505	-170.179	-55.116	91.794
3.3	-55.478	-114.618	15.907	687.822	299.880	-353.671	-165.373	210.393
4.4	-77.875	-113.767	29.456	170.683	121.041	-242.007	-249.783	261.108
5.5	-99.314	-108.191	64.326	-485.110	-822.090	676.955	-148.706	312.792
6.6	-106.735	-108.595	88.069	-443.346	913.505	57.105	53.542	-141.743
7.7	-118.786	-132.252	105.803	-492.153	-722.375	-233.605	42.363	-55.150
8.8	-143.037	-115.623	113.087	-7452.413	-7643.700	4337.460	542.718	52.358
9.9	-138.264	-109.884	93.722	-8682.825	-4744.695	2724.585	183.132	-139.429
10.10	-107.913	-134.683	82.617	-3473.115	-349.765	-1382.138	-250.336	-316.390
11.11	-79.396	-110.685	63.807	-4594.110	-1124.470	-66.322	-242.112	-1585.232
12.12	-57.528	-50.129	39.359	-2170.917	-2213.863	1715.832	65.907	-1061.744
12.13	-57.528	-50.129	39.359	-2170.917	-2213.863	1715.832	65.907	-1061.744
11.14	-106.999	-116.960	80.550	1838.920	-3286.885	1025.638	360.111	1026.836
10.15	-149.562	-130.501	122.284	78.870	31.985	-191.822	60.340	422.292
9.16	-171.061	-138.373	135.953	667.945	1503.900	-1741.780	202.952	-261.288
8.17	-156.835	-166.836	131.614	566.845	2869.160	-1901.990	222.027	493.434
7.18	-141.196	-142.481	115.037	-735.023	2727.740	-156.305	-98.862	-477.184
6.19	-126.601	-112.934	89.592	-363.078	2363.025	-1397.875	24.677	-517.953
5.20	-83.423	-101.372	75.239	-879.006	2371.635	-1010.200	64.978	-429.673
4.21	-55.891	-75.660	57.089	-978.344	994.325	-571.957	-192.531	-197.817
3.22	-53.316	-37.275	29.595	-578.627	294.167	-239.654	-46.774	-94.166
2.23	-68.107	-25.747	25.294	-196.393	149.688	-62.748	60.622	-68.918



ნახ. 4. ნამახვანის თაღოვანი კაშხლის ტანის აპროქსიმაცია სასრული ელემენტებით

დასკვნა

ნაშრომში ჩამოყალიბებულია თაღოვანი კაშხლებისათვის გადამწყვეტ განტოლებათა სისტემა ცხრა განტოლებით. სისტემის ამოხსნით განისაზღვრება რვა შინაგანი ძალოვანი ფაქტორი და კაშხლის საანგარიშო წერტილებში სისქე, რომელიც უზრუნველყოფს კაშხლის ტანის ტოლწინააღობას

სიმტკიცეზე. კაშხლის საკონტაქტო ზედაპირსა და თავისუფალი კიდის (ქიმის) წერტილებში უცნობი შინაგანი ძალები განისაზღვრება სასრული ელემენტების მეთოდით, სისტემისათვის კაშხალი-ფუძე, კაშხლის მუშაობის რეალური პირობების გათვალისწინებით.

ლიტერატურა

1. **Вазов З.В., Форсайт Дж.** Разностные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных. М.; ИЛ., 1963, 487 с.
2. **Геденидзе З.Ш.** Напряжённо-деформированное состояние оболочечных гидротехнических конструкций и сооружений, Тбилиси, ГТУ, 2001, 202 с.
3. **Гун С.Я., Хохлова Н.В.** Апробация расчёта арочных плотин по трёхмерной теории упругости Труды Гидропроекта, №38, 1973, с. 16-21.
4. **Демидович Б.П., Марон Н.А.** Основы вычислительной математики. М., Наука, 1970, 66 с.
5. **Ломбардо В.Н., Фрадкин Б.В.** Расчёт арочной плотины на основе решения пространственной задачи теории оболочек. //ж. Гидротехническое строительство, №6, 1987, с. 36-42.
6. **Микеладзе М.Ш.** Статика аниотронных пластичных оболочек. АН ГССР, Тбилиси, 1963, 118 с.
7. **Надаи А.** Пластичность и разрушение твёрдых тел. М-Л., ИЛ, 1954, с. 505-515.
8. **Stassi D'Alia R.** Flow and Fracture of Materials. Palermo instito Di technologie Meccaniche. Facolta D' Ingegneria, 1966.

კატასტროფული ტალღის მათემატიკური მოდელირება
ზონკარის კაშხლის ბარჯვევის შემთხვევაში

თეიმურაზ გველესიანი,¹ გიორგი ბერძენაშვილი²
E-mail: tgveles@yahoo.com

- 1) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
მ. კოსტავას ქ. 77, 0175, ქ. თბილისი, საქართველო
2) შპს „BSC“
პეკინის ქ. 34, ქ. თბილისი, საქართველო

შეჯამება

მთისა და მთისწინა რაიონების მიწის რესურსების დაცვის, მათი პოტენციალის მაქსიმალურად გამოყენებისა და გარემოს ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნების პრობლემები უშუალოდ დაკავშირებულია სამედიცინო დანიშნულების ჰიდროკვანძების ნაგებობათა საიმედო ფუნქციონირების უზრუნველყოფის ამოცანებთან ექსტრემალური პირობების გათვალისწინებით.

აღნიშნული ექსტრემალური პირობები გამოხატულებას პოულობს მთიან და მთისწინა სეისმოაქტიურ რაიონებში (რომლებიც საქართველოს მნიშვნელოვან ნაწილს მოიცავს) ისეთი მსხვილმასშტაბიანი გეოდინამიკური პროცესების სახით, როგორცაა მეწყერები და სეისმოტექტონიკური დისლოკაციები (რომლებიც ვლინდება დედამიწის ზედაპირზე, როგორც ე.წ. პირველადი ნარჩენი დეფორმაციები). ამ გეოდინამიკური პროცესების შედეგად წყალსაცავში შეიძლება წარმოიქმნას მაღალი დამანგრეველი, ცუნამის ტიპის ტალღები [1-4].

როგორც ჰიდროტექნიკური მშენებლობის მრავალწლიანი პრაქტიკა გვიჩვენებს, ამ ტალღების ზემოქმედებისას კაშხალზე, კერძოდ მათი გადაღინების შედეგად, შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ქვედა ბიუფში, როგორც ფართო ტერიტორიების, მათ შორის სავარგულების დატბორვას, ასევე საირიგაციო, სატრანსპორტო და სხვა სისტემების ნგრევას. ზოგჯერ ამ მოვლენებს თან სდევს ეკო-

ლოგიური კატასტროფა დასახელებული ობიექტების მოსპობისა და ადამიანთა მსხვერპლის სახით (როგორც ეს მოხდა იტალიაში 1963 წ. ვაიონტის წყალსაცავში კატასტროფული მეწყერის ჩამოხვევების შედეგად) [3].

მსგავსი კატასტროფული მოვლენები შეიძლება მოხდეს ისეთ საგანგებო სიტუაციებში (განსაკუთრებულ პირობებში), როგორცაა ომი ან ტერორისტული აქტი, როდესაც ხდება კაშხლის აფეთქება და მისი ნაწილობრივი ან მთლიანი ნგრევა, რის შედეგად კაშხლის გარღვევით გამოწვეული კატასტროფული ტალღა ვრცელდება ქვედა ბიუფში [4].

ზემოთქმულიდან გამომდინარეობს, თუ რა დიდი სოციალური, ეკოლოგიური და ტექნიკურ-ეკონომიკური მნიშვნელობა ენიჭება ჰიდროკვანძების, კერძოდ კი სამედიცინო დანიშნულების ჰიდროკვანძების (რომელთა შემადგენლობაშია უმეტესწილად, მიწისა და ქვაყრილი კაშხლები) საიმედო მუშაობის უზრუნველყოფას ექსტრემალური პირობებში და გარემოს ეკოლოგიური წონასწორობის შექცევისდაგვარად შენარჩუნებას (ან ეკოლოგიური საფრთხის შემცირებას), მეცნიერულად დასაბუთებულ ღონისძიებათა კომპლექსის განხორციელების საფუძველზე.

აღნიშნულთ, რომ ყოფილ საბჭოთა კავშირში კაშხლის გარღვევით გამოწვეული ტალღის ქვედა ბიუფში მდინარის კალაპოტში

მოძრაობის კომპიუტერული პროგრამა პირველად დამუშავებულ იქნა პროფ. ვ.ს. ლიატხერის ხელმძღვანელობით 1973-75 წწ. [5]. საქართველოში ამ პროგრამის საფუძველზე 80-ანი წლების დასაწყისში გათვლილ იქნა ჟინვალის კაშხლის დანგრევის შედეგად ტალღის ტრანსფორმაცია მისი გავრცელების მთელ სიგრძეზე (მდინარეების არაგვისა და მტკვრის კალაპოტებში) და განხორციელებულ იქნა აგრეთვე, პროფ. გ. გვაზავას ხელმძღვანელობით მსხვილმასშტაბიანი ნატურული ექსპერიმენტი [6]. ბოლო წლებში პროფ. გ. გავარდაშვილმა ჩაატარა აღნიშნული პარამეტრების გათვლა "ოპერატიული" მეთოდის საფუძველზე [7] საქართველოს მთელი რიგი კაშხლის მაგალითზე და მიიღო საინტერესო შედეგები საგანგებო სიტუაციებში ჰიდროკვანძის რაიონების უსაფრთხოების წინასწარი პრევენციული ღონისძიებების დაგეგმვის მიზნით [4, 7].

წინამდებარე სტატია ეძღვნება შედეგებს, რომლებიც ეხება მდ. პატარა ლიახვზე განლაგებული ზონკარის ირიგაციული დანიშნულების ჰიდროკვანძის კაშხლის გარღვევით განპირობებული ტალღის ყველა პარამეტრის მათემატიკურ პროგნოზირებას. აღნიშნულ თემატიკასთან დაკავშირებული პროექტი განხორციელებულ იქნა პროფ.

თ. გველესიანის ხელმძღვანელობით [10]. კომპანია „BP“-ს („ბრიტანული ნავთობი“) დაფინანსებით და "საქწყალპროექტის" დაკვეთით. მანამდე შესრულებულ იქნა აგრეთვე, ანალოგიური პროექტები ალგეთისა და სიონის კაშხლებისათვის (მსოფლიო ბანკის დაფინანსებით) [11].

უნდა აღინიშნოს ის მნიშვნელოვანი ფაქტი, რომ საქართველოს ჰიდროტექნიკური მშენებლობის ისტორიაში ეს პროექტები იყო პირველი, რომლებიც არ სრულდებოდა ე.წ. „დახურული“, გასაიდუმლოებული თემატიკით, როგორც ეს ყოფილ საბჭოთა კავშირში წარმოებდა, ამდენად, ხდება შესაძლებელი, რომ ინჟინერთა და სპეციალისტთა ფართო წრე ღიად გაეცნოს პროექტის შედეგებს და მომავალში თუ საჭიროა, გამოიყენოს კიდევ.

უნდა აღინიშნოს აგრეთვე ისიც, რომ აღნიშნული პროექტების განხორციელება წარმოებდა შემსრულებელ მეცნიერ-სპეციალისტთა მიერ (თ. გველესიანი, გ. ბერძენაშვილი) საქართველოში კონკრეტული ობიექტებისათვის პირველად დამუშავებული ტალღის მოძრაობის *საკუთარი კომპიუტერული პროგრამის „GBDBW“* საფუძველზე, რომელიც სათანადოდ აპრობირებულია და ადაპტირებული რთული მთიანი რელიეფის სპეციფიურობის გათვალისწინებით.

ემსტრემალურ პირობებში ჰიდროკვანძის ბიეფეზი წყლის ტალღური პროცესების შესწავლის თეორიული მეთოდები

სხვადასხვა ტიპის წყალსაცავში წყლის ტალღური მოძრაობის მათემატიკური მოდელირების მიზნით გამოიყენება დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემები, რომლებიც ფუნდამენტურ ჰიდრომექანიკურ კანონებს ასახავს. ეს არის მოძრაობის უწყვეტობის (მასის შენახვის) და ენერჯის შენახვის (მოძრაობის რაოდენობის შენახვის) ამსახველი არაწრფივი განტოლებების სისტემები. პრაქტიკაში, საინჟინრო ამოცანების ამოხსნისას, ჩვეულებრივ, მიმართავენ მიახლოებით თეორიებს, რომლებიც გარკვეულ დაშვებებსა და გამარტივებას ეფუძნება. პირველი არის იდეალური სითხის პოტენციური მოძრაობის თეორია ანუ ე.წ. *მცირეამპლიტუ-*

დის ტალღების (მატ/SAW) თეორია, რომელიც გამოიყენება ძირითადად, წყალსაცავებში (ზედა ბიეფეზში) ტალღური პროცესების შესწავლის მიზნით [4, 9].

ქვედა ბიეფში ტალღის მოძრაობის შესასწავლად გამოიყენება ე.წ. *მარჩხი წყლის (მწ/SW) თეორია*, რომლის თანახმად, ტალღის სიმაღლე წყალსატევის სიღრმესთან შედარებით შეიძლება არ იყოს მცირე; გაითვალისწინება აგრეთვე, კალაპოტის ფსკერზე მოქმედი ხახუნის ძალები და კალაპოტის ქანობი. მთავარი დაშვება ამ თეორიაში არის ის, რომ ნაკადის სიჩქარეები მისი სიღრმის (ვერტიკალური Z ღერძის) მიხედვით არ იცვლება ანუ მიიღება, რომ

სიჩქარის ვერტიკალური მდგენელი ნულის ტოლია. ამგვარად, წნევის განაწილება სითხეში პირდაპირ პროპორციულია სიღრმისა და ემორჩილება ჰიდროსტატიკის კანონს [3, 8, 9].

მარჩხი წყლის თეორიის საფუძველზე შეიძლება განხილულ იქნეს, მხოლოდ ერთგანზომილებიანი ან ორგანზომილებიანი (გეგმაში) წყლის მოძრაობის შემთხვევები.

მარჩხი წყლის ერთგანზომილებიან უწყვეტობისა და მოძრაობის განტოლებათა სისტემა [8, 9] შეიძლება ჩაიწეროს ასე:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0, \quad Q = U\omega \quad (1)$$

$$\frac{1}{g\omega} \left[\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (QU) \right] + \frac{\partial h}{\partial x} = i_0 - \lambda \frac{U |U|}{2gR}, \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{2g}{C^2}$$

სადაც h არის წყლის ნაკადის სიღრმე;

U – დინების საშუალო სიჩქარე;

i_0 – კალაპოტის ფსკერის ქანობი;

ω – განივკვეთის ფართობი;

Q – ნაკადის ხარჯი;

x – გრძივი კოორდინატა;

t – დრო;

λ – ჰიდრაულიკური ხახუნის კოეფიციენტი;

R – ჰიდრაულიკური რადიუსი;

C – შეზის კოეფიციენტი (მანინგის ფორმულის თანახმად ის ტოლია

$C = (1/n)R^{1/6}$, სადაც n – კალაპოტის სორკლიანობის კოეფიციენტი).

ზონკარის კაშხლის რღვევით გამოწვეული ტალღის მათემატიკური მოდელირება

ზონკარის კაშხალი, წარმოადგენს მიწის კაშხალს თიხოვანი გულით, რომლის ზედა და ქვედა პრიზმა შედგება ალუვიალური გრუნტისაგან:

- კაშხლის მაქსიმალური სიმაღლეა 71.0 მ;
- მისი სიგრძე ქიმის გასწვრივ არის 455.0 მ;
- ქიმის ნიშნულია 1221,0;
- ქიმის სიგანეა 10.0 მ;

წყალსაცავის ძირითადი პარამეტრებია:

მაქსიმალური შეტბორვის დონის (მშშ) ნიშნული – 1219.0;

ნორმალური შეტბორვის დონის (ნშტ) ნიშნული – 1217.0;

მკვდარი მოცულობის დონის (მკმშ) ნიშნული – 1167.0;

წყალსაცავის მოცულობა – 40,3 მლნ.მ³ (ნშშ-ის დროს);

სასარგებლო მოცულობა – 39,0 მლნ.მ³;

მკვდარი მოცულობა – 1,3 მლნ.მ³;

წყალსაცავის სიგრძე – 4,1 კმ;

ფსკერის ნიშნული – 1150.0;

წყალსაცავის ზედაპირის სარკის ფართობი (Ω) 146.9×10⁴ მ² (ნშშ-ის დროს).

ძველ ტექნიკურ ანგარიშში მოყვანილი მონაცემების დამუშავების საფუძველზე თ. გველესიანის მიერ მიღებულ იქნა შემდეგი სახის აპროქსიმაციული დამოკიდებულებები, წყალსაცავში წყლის სიღრმესა (h) და მოცულობას (W) შორის:

$$W = (0.07h)^{2.4} \quad (3)$$

$$h = 14.29(W)^{0.418} \quad (4)$$

ამ ფორმულების საშუალებით მიღებული გათვლების შედეგი 5% სიზუსტით ემთხვევა რეალურ მონაცემებს, ანუ არსებული წყალსაცავის მოცულობების მრუდს. შევაფასოდ (4) ფორმულის დახმარებით სიღრმეებისა და შესაბამისად ნიშნულების მნიშვნელობები, რომლებიც შეესაბამება წყალსაცავის დონის დამუშავების სხვადასხვა შემთხვევას (ცხრ. 1).

ცხრილი 1

W მლნ.მპ	W ^{max}	0.75 W ^{max}	0.5W ^{max}	0.25W ^{max}
∇H	1217.0	1209.0	1200.0	1187.0
h	67	59.30	50.1	37.5

კაშხლის ნგრევით წარმოქმნილი ტალღის ქვედა ბიფში გავრცელების პროცესის მათემატიკური მოდელირების მიზნით, გარდა წყალსაცავის მოცულობისა, საჭიროა გვექნოდეს აგრეთვე, მდ. პატარა და დიდი ლიახვის, აგრეთვე მტკვრის კალაპოტის განივკვეთები ტალღის გავრცელების მთელ ტრასაზე.

წინამდებარე ნაშრომში მიღებულ ტალღის გავრცელების კომპიუტერულ პროგრამაში არსებული ტოპოგრაფიული მონაცემების ჩატვირთვის (გამოყენების) მიზნით, შედგენილ იქნა ამ მონაცემების ინტერპოლაციური დამუშავების ახალი სპეციალური ქვეპროგრამები.

ეს ქვეპროგრამები საშუალებას იძლევა თითოეული განივკვეთისათვის არსებული მონაცემების კომპიუტერულ-ინტერპოლაციური წესით დამუშავების შედეგად და ამ გზით მიღებული რამდენიმე ასეულიდან რამდენიმე ათასეული წერტილის მონაცემების ბაზაზე, გრაფიკულად გამოვსახოთ მდინარის კალაპოტის თითოეული განივკვეთი იმ ფორმით, რომელიც მაქსიმალურად უახლოვდება ბუნებრივს და თითქმის მისი იდენტური ხდება (ნახ. 1). აღნიშნული მეთოდით ნაშრომში [10] აგებულ იქნა 17 განივკვეთი. შესაბამისი კომპიუტერული დამუშავების შედეგად განხორციელებულია აგრეთვე, სივრცეში ამ განივკვეთების დაკავშირების პროცედურა ანუ მდინარის მთლიანი კალაპოტის გრაფიკული აპროქსიმაცია ტალღის გავრცელების მთელ სივრცეზე (იხ. მაგალითად ნახ. 2). ტოპოგრაფიული მონაცემების აღნიშნული კომპიუტერული დამუშავების ახალი მეთოდის გამოყენება ემსახურება, განსახილველი პროცესის მათემატიკური მოდელირების, ძველ მეთოდთან შედარებით უფრო მაღალი სიზუსტით განხორციელებას.

(1)-(2) განტოლებათა სისტემის ამოხსნის მიზნით ჩვენ მიერ გამოყენებული იყო სასრულ-სხვაობითი მეთოდი. შესაბამისი გათვლის სქემის შესახებ მოკლედ აღვნიშნოთ შემდეგი. როგორც ცნობილია [9], „ცხადი სხვაობითი სქემების“ გამოყენებისას ჰიდრავლიკური ცვლილების განსაზღვრა რომელიმე დროის დონეზე, წარმოებს იმ მონაცემების საფუძველზე, რომლებიც ცნობილია დროის წინა დონეზე (წინა წერტილებში). ლაქსი-ვენდროფის სქემის თანახმად, გამოთვლები წარმოებს ე.წ. ორ-ბიჯიანი სქემით [9]. ამ შემთხვევაში პირველ საანგარიშო ბიჯზე წარმოებს საძიებელი ფუნქციის F_j^n -ის შუალედური მნიშვნელობის განსაზღვრა $j + (1/2)$ და $n + (1/2)$ წერტილებში, ხოლო მეორე ბიჯზე ფუნქციის ამ შუალედური მნიშვნელობის საშუალებით F_j^{n+1} ფუნქციის პოვნა დროის ახალი $(n+1)$ დონისათვის. ზემოაღნიშნულის თანახმად, გათვლების პროცედურა ასე შეიძლება წარმოვიდგინოთ:

$$F_j^n \xrightarrow{\text{I ბიჯი}} F_{j+\frac{1}{2}}^{n+\frac{1}{2}} \xrightarrow{\text{II ბიჯი } (\Delta t/2)} F_j^{n+1}$$

ჩვენ მიერ განხორციელდა აღნიშნული ლაქსი-ვენდროფის საანგარიშო სქემის მოდიფიკაცია, სახელდობრ ჩვენ ვსარგებლობდით შემდეგი სქემით:

$$F_j^n \xrightarrow{\text{I ბიჯი } (\Delta t/2)} F_{j+\frac{1}{2}}^{n+\frac{1}{2}} \xrightarrow{\text{II ბიჯი } (\Delta t)} F_j^{n+2}$$

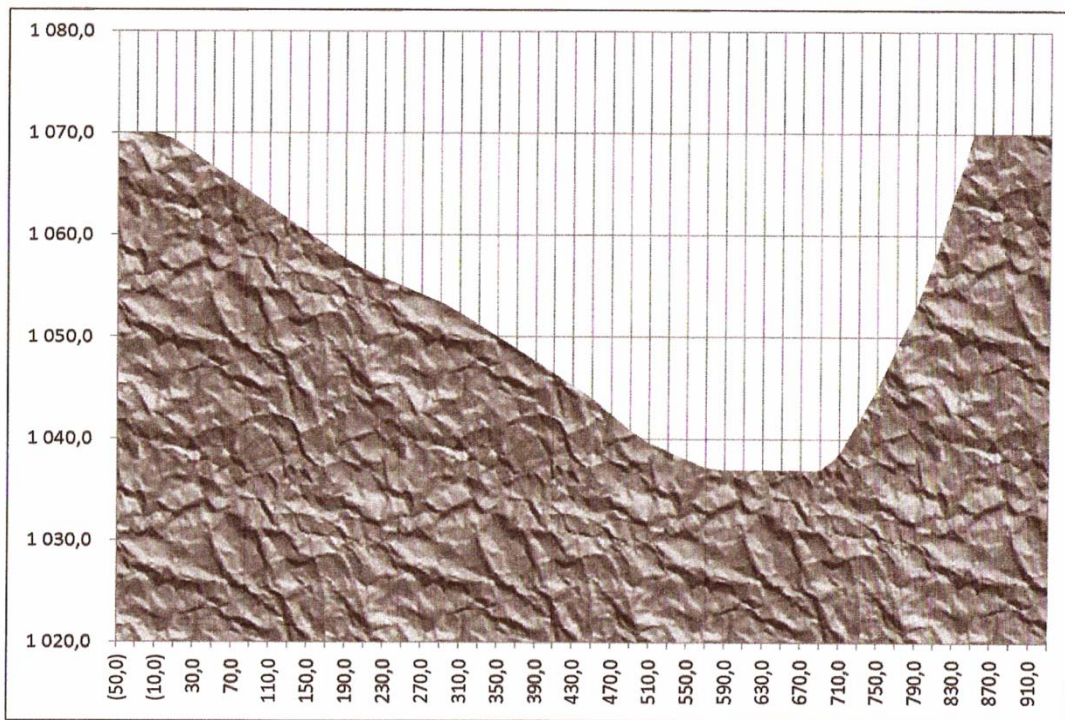
ამ შემთხვევაში მიღებული F_j^{n+2} ფუნქციის საფუძველზე ხდებოდა გაანგარიშება F_j^{n+1} ფუნქციის, რომელიც შეესაბამებოდა დროის წინა დონეს, შემდეგი გამოსახულების საშუალებით

$$F_j^{n+1} = \frac{F_j^n + F_j^{n+2}}{2}$$

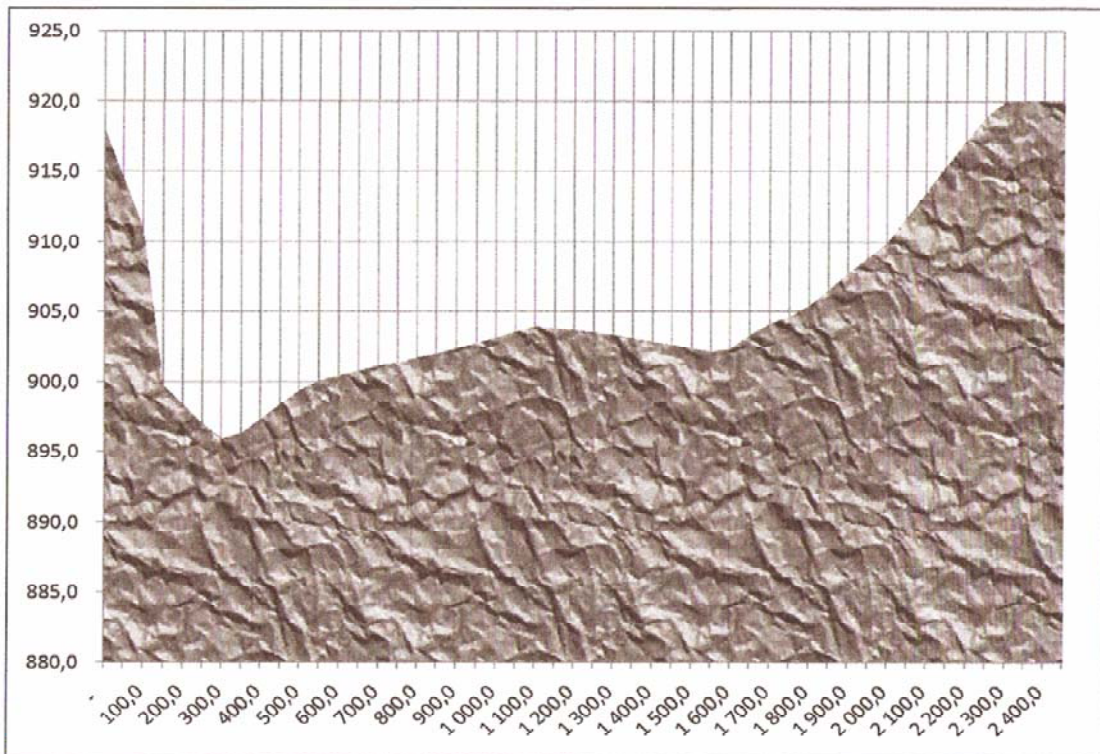
ამ მეთოდის გამოყენებამ მოგვცა გათვლების ეფექტური შედეგი.

კატასტროფული ტალღის მათემატიკური მოდელირება
ზონკარის კაშხლის გარღვევის შემთხვევაში

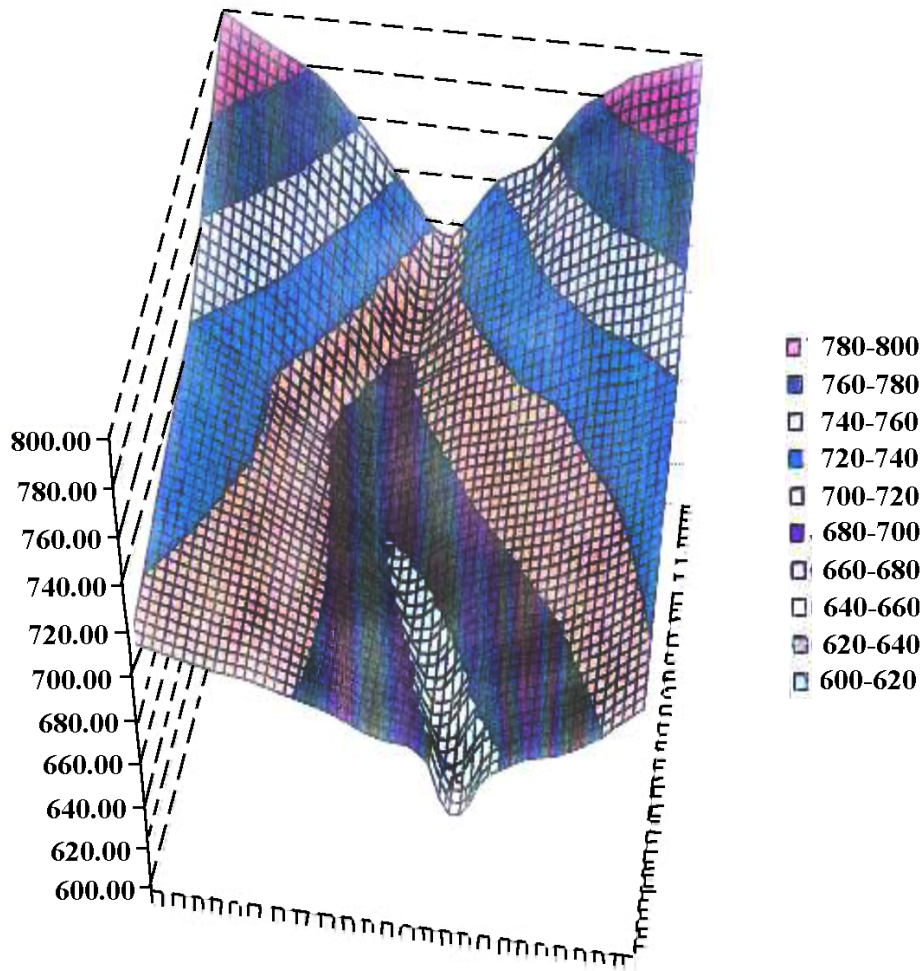
კვეთი/Section 6-6



კვეთი/Section 9-9



ნახ. 1. კომპიუტერულ-ინტერპოლაციური წესით დამუშავებული
მდინარის კალაპოტის ორი კვეთი ტალღის გავრცელების გზაზე



ნახ. 2. კალაპოტის აპროქსიმაცია ორ კვეთს შორის კომპიუტერული ინტერპოლაციის მეთოდით (ალგეთის ჰიდროკვანძის მაგალითზე [23])

მათემატიკური მოდელის რიცხვითი რეალიზაციის შედეგები

ზონკარის კაშხლის ნგრევით გამოწვეული ტალღის ჰიდროკვანძის ქვედა ბიუფში გაერცვლების პროცესის მათემატიკური მოდელირების შედეგები დაწვრილებით არის წარმოდგენილი [10] გრაფიკული მასალისა და შესაბამისი ცხრილების სახით. გრაფიკული მასალა შეეხება მდინარეების პატარა და დიდი ლიახვის, აგრეთვე, მდ. მტკვრის სხვადასხვა კვეთში ტალღის პარამეტრების ცვლილებას დისკრეტული დროისა და სივრცის (x – კოორდინატა ღერძის) მიხედვით.

ტალღის ქვედა ბიუფში ზემოქმედების შედეგები თითოეულ კვეთში ხასიათდება ისეთი პარამეტრებით, როგორიცაა:

1. h – ტალღის სიმაღლე (ან დატბორვის სიღრმე);

2. u – ტალღის სიჩქარე (თითოეულ

განიკვეთში დროის მოცემულ მომენტში);

3. $q = u\omega$ – ნაკადის ხარჯი;

4. $\zeta(x)$ – ტალღის პროფილი;

5. B დატბორვის ზონის სიგანე (ნაკადის ზედაპირის დონის ნიშნულზე).

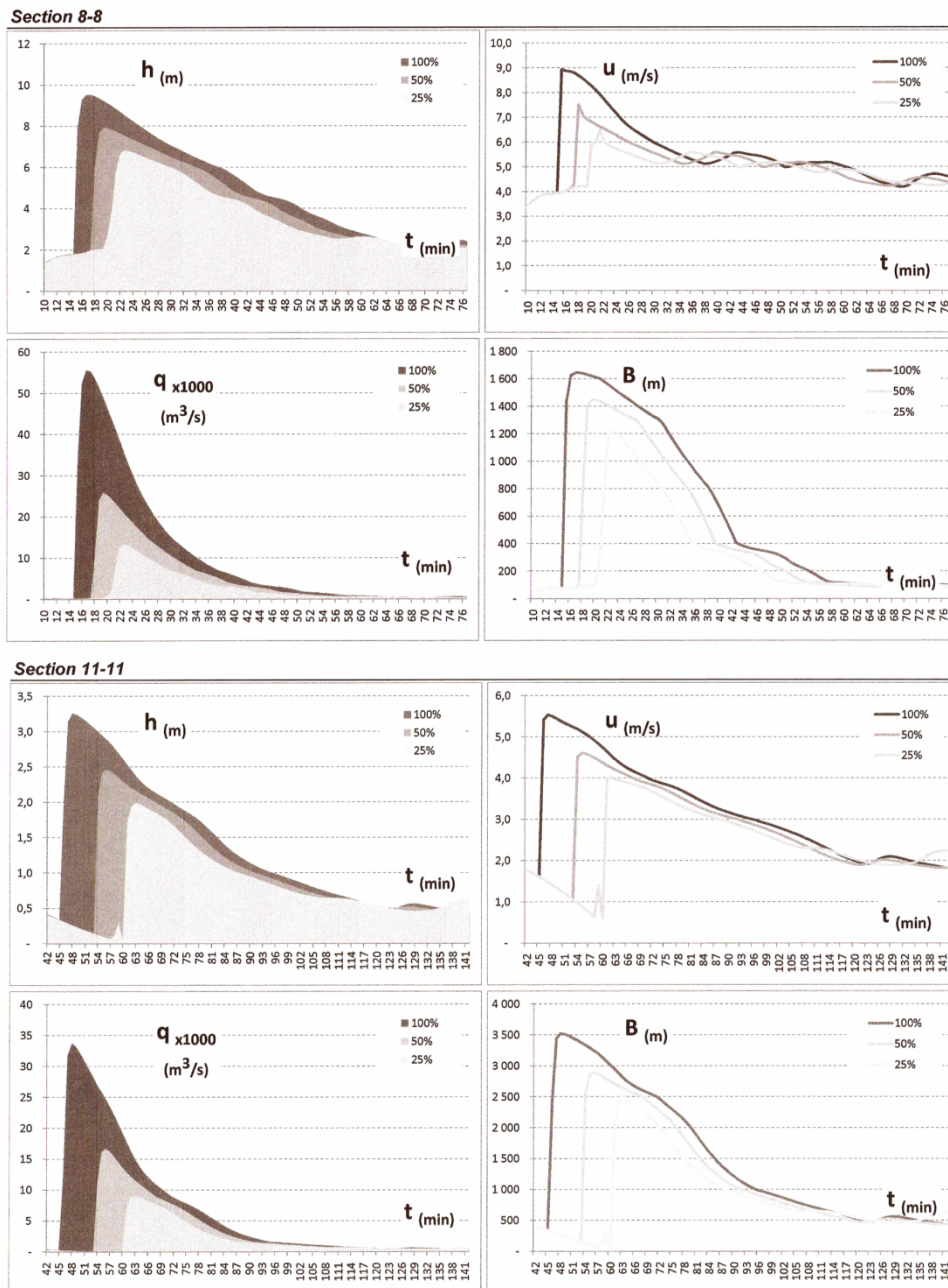
პროექტში [10] მოყვანილია ყველა კვეთისათვის აღნიშნული პარამეტრების მახასიათებელი გრაფიკები, სახელდობრ: $h = f_1(t)$, $u = f_2(t)$, $q = f_3(t)$, $B = f(t)$, დამოკიდებულების გრაფიკები, აგრეთვე $\zeta = f(x)$ ტალღის პროფილები მდინარის კალაპოტის გასწვრივ სხვადასხვა დროის მომენტისათვის. ყველა ეს მონაცემი მიღებულია წყალსაცავის შევსების (ანუ დამუშავების) სამი შემთხვევისათვის, როდესაც $W/W_{\max} = 100\%$, 50% და 25% (სადაც $W_{\max} = 40.3$ მლნ მ³). მაგალითის სახით იხილე

**კატასტროფული ტალღის მათემატიკური მოდელირება
ზონკარის კაშხლის ბარაჟების შემთხვევაში**

ნახ. 3, 4.

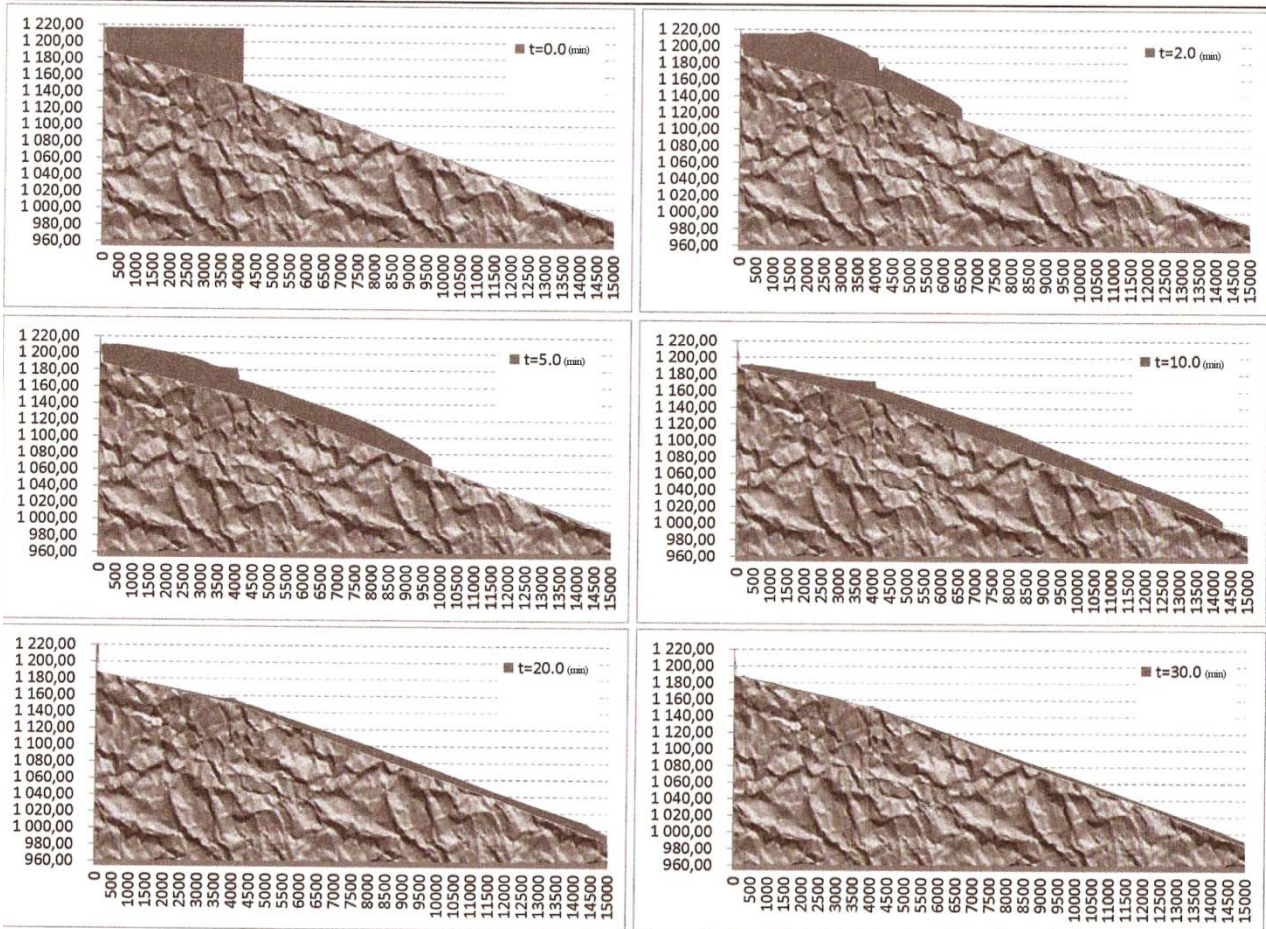
კაშხლის ნგრევის შემთხვევაში კაშხალთან შედარებით ახლოს მდებარე კვეთებში (5-7) ტალღის მაქსიმალური სიმაღლე აღწევს 17-26 მ., სიჩქარეები და ხარჯები დიდია ($u = 15-20$ მ/წმ; $q = 62-83$ ათ.მ³/წმ). გავრცელების კვლობაზე, განსაკუთრებით მდ. პატარა ლიახვის ხეობიდან გამოსვლის და მდ. დიდ ლიახვთან შეერთების შემდეგ (კვეთი 9) ტალღის სიმაღლე და ნაკადის სიჩქარე თანდათანობით კლებულობს, სამაგიეროდ

დატბორვის ზონის სიგანე იზრდება. 12 კვეთის შემდეგ ტალღური ნაკადი ჩაედინება მდ. მტკვარში, რომელიც ამ ზონაში საკმაოდ ფართო კალაპოტით ხასიათდება. 18 კვეთში ტალღის პარამეტრები შეადგენს: $h_{max} = 5.5$ მ; $u = 3,1$ მ/წმ; $q = 12,1$ ათ.ს.მ³/წმ. წყალსაცავის დონის 25%-იანი დამუშავებისას, ამ კვეთის შემდეგ მდ. მტკვარში ხარჯი ხდება ნაკლები ვიდრე 1-2% უზრუნველყოფის ხარჯი.



ნახ. 3. ტალღის სხვადასხვა პარამეტრის ცვლილება დროის მიხედვით მდინარის კალაპოტის ორ კვეთში

Profiles 100%



ნახ. 4. ტალღის პროფილები სხვადასხვა დროის მომენტში (t)
 წყალსაცავის მთლიანად დაცლის პერიოდში

ლიტერატურა

1. Gvelsesiani T.L., Ostroverkh B.N. et all. Predicting wave formation in mountain reservoirs during landslides and landslides. //Power technology and Engineering. Sponger New York, vol.23, No12, 1989 (ISSN 1570-145X).
2. Gvelsesiani T., Huber A., Koutitas Ch., Matchadze G. Extreme wave transients in reservoirs, characteristics and interaction with dams. Taylor and Francis Group. London, 2004, (ISBN 9058096327).
3. გველესიანი თ. ლ. თეორია ვიღნი ვადაჟაჟი ჟიდრო-ეკოლოჟიი (პოღ რედაქციი აკადემიკა ან ჟრუჟიი ც.ე. მირცჟულავა), თბილისი, უნივერსალი, 2009, 245 სტრ.
4. გველესიანი თ. წყალსაცავის რაიონში ტალღური ზემოქმედების მოდელირება და საფრთხის პრევენცია. (რედაქტორი: საქართველოს მეც. ეროვ. აკადემიის აკადემიკოსი თ. ნათიშვილი). თბილისი, უნივერსალი, 2010, 355 გვ.
5. Историк Б.Л., Лятхер В.М. Распространение волны прорыва в призматическом русле. //ж. Механика жидкости и газа, №1, 1975.
6. Гвазава Г.Н., Кварацхелия Л.Л., Музаев И.Д. Исследование трансформации волн прорыва в нижнем бьефе гидроузла. //ж. Водные ресурсы, №3, 1981.
7. Шойгу С.К. Оперативное прогнозирование инженерной обстановки в чрезвычайных ситуациях, книга 2, М., 1998, 176 с.
8. Гавардашвили Г. Компьютерная имитация наводнения в случае разрушения Ингурской плотины. //Сб. научных трудов Института водного хозяйства Грузии, №65, 2010.
9. Cunge J.A., Holly F.M., Verwey A. Practical Aspects of Compute river hydraulics. London, 1980.
10. ზონკარის კაშხლის ნაწილობრივი ან მთლიანი გარღვევის შედეგად წარმოქმნილი ტალღით გამოწვეული ზემოქმედება კაშხლის ქვედა ბიეფზე. პროექტი, სს „საქწყალპროექტი“, თბ. 2011.
11. გველესიანი თ., ფალავანდაშვილი გ., მალაფერიძე ბ., ბერძენაშვილი გ. ალგეთის და სიონის კაშხლების გარღვევის შედეგად ტალღებით გამოწვეული ზემოქმედების პროგნოზი. //ჟ. ენერჯია/Energy, 4(48), 2008).

გლობალური ღათობის ფონზე შავიზღვისპირეთის აბრაზიული პროცესებისგან დაცვა მდინარეთა ჰიდროლოგიური რეჟიმის დარეგულირების გზით (მდინარე რიონის მაბალითზე)*

რობერტ დიაკონიძე, ლევან წულუკიძე, თამრიკო სუპატაშვილი

E-mail: robertdia@mail.ru

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

შეშავალი

საქართველოს შავი ზღვის საზღვრების ცვლილებების მოკლე მიმოხილვა დროში

დასავლეთ საქართველოს რეგიონის სახალხო მეურნეობის განვითარების თვალსაზრისით, კოლხეთის დაბლობის ბუნებრივი გარემოს, მათ შორის, შავიზღვისპირეთის საზღვრების ცვლილებების გრძელვადიანი პროგნოზისათვის, განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს უკანასკნელ გვიანმეოთხეულ პერიოდს, რომელიც 120-140 ათასი წლის წინ დაიწყო და მოიცავს უკანასკნელ სრულ და შემდგომ არასრულ ციკლს – პლეისტოცენს [10]. 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. ამას ადასტურებს შესაბამისი ტერასების არსებობა, რომლებიც აფხაზეთის შავი ზღვის სანაპიროზე ზღვის დონიდან 30-50 მეტრის სიმაღლეზე მდებარეობს [8]. კარაგანის ზღვის მაღალი დონის გამო ის უბის სახით 30-35 კმ-ით და უფრო მეტით იჭრებოდა კოლხეთის დაბლობზე.

კარაგანის ზღვის ტრანსგრესიას მოჰყვა რეგრესიაც, ხოლო ამის შემდეგ დაიწყო სუროჟის ტრანსგრესია. 22-23 ათასი წლის

წინ ადგილი ჰქონდა ახალეკსინის, ანუ გვიანვიურმულ რეგრესიას, რომელიც დაახლოებით 9-10 ათასი წლის წინ დამთავრდა.

ზოგიერთი მეცნიერი ახალეკსინის აუზს, რომელშიც შედიოდა დღევანდელი შავი ზღვის საზღვრები, ჩაკეტილი ახალეკსინის ტბის სახელწოდებით მოიხსენიებს, რომლის დონე 100 მ-ზე მეტით დაბლა იყო დღევანდელ დონესთან შედარებით. თუმცა ისმის კითხვა: მაშ რატომ იყო ეს ტბა მცირე მარილიანობის (3-10%) შემცველი და კასპიის ზღვის მახასიათებელი ფაუნის მქონე, რომელიც კასპიის ზღვიდან მანიჩის ღრმულით ზემოაღნიშნულ აუზში ხვდებოდა. თუ ე.წ. ახალეკსინის ტბა არ გაედინებოდა ხმელთაშუა ზღვაში ბოსფორის სრუტით, ასეთ შემთხვევაში 12-14 ათასი წლის განმავლობაში ტბის წყლის მარილიანობა აორთქლების შედეგად ძალიან მაღალი უნდა ყოფილიყო და არც კასპიის ზღვის მახასიათებელ ფაუნას არ უნდა ეარსება აქ. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, მეცნიერთა [10] ვარაუდით ახალეკსინის ტბა საერთოდ არ იყო, ანდა ის არსებობდა ძალიან მოკლე დროის პერიოდში.

დაახლოებით 9-10 ათასი წლის წინ ხმელთაშუა ზღვის წყალი ოკეანის დონის მატების გამო შემოიჭრა ახალეკსინის

*სტატია ეხება პროექტს, რომელიც განხორციელდა საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური ხელშეწყობით (გრანტი GNSF/STO8/7-477). წინამდებარე პუბლიკაციაში ავტორთა მიერ გამოთქმული ნებისმიერი მოსაზრება შესაძლოა არ ასახავდეს საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.

აუზში, რამაც გამოიწვია შავი ზღვის დონის მომატება, რომელიც გაგრძელდა 3-4 ათასი წელი, დონების მცირე კლებით, 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 [8].

ზოგიერთი მეცნიერული შრომის [9] ანალიზი საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ,

რომ საქართველოს შავიზღვისპირეთის საზღვრების, განსაკუთრებით კოლხეთის დაბლობის ცვლილებები, გამოწვეული იყო, ძირითადად, შავი ზღვის ჰიფსომეტრული მაჩვენებლების ცვლილებებით. კოლხეთის დაბლობის რელიეფის ზედაპირის დადაბლება მიმდინარეობდა ტექტონიკური დაძირვით – შავი ზღვის ტრანსგრესია, ხოლო ამაღლება – მდინარეთა აკუმულაციური მოქმედების შედეგად – შავი ზღვის რეგრესია.

ზოგადი ნაწილი

საქართველოს შავიზღვისპირეთის საზღვრების ფორმირების დღევანდელი პრობლემები

XXI საუკუნეში აღარავინ უარყოფს იმას, რომ ოკეანის დონის მატება პირდაპირ უკავშირდება კლიმატის ცვლილებას, კერძოდ, გლობალურ დათბობას. შავი ზღვის დონემ უკანასკნელ საუკუნეში 20 სმ-ით მოიმატა [1].

გლობალური დათბობის ერთ-ერთ ძირითად ფაქტორად მეცნიერები ეკოსისტემაზე ადამიანის ზემოქმედებას (ანთროპოგენური ფაქტორი) მიიჩნევენ. მართალია, აღნიშნულ ფაქტორს გარკვეულწილად შეუძლია იმოქმედოს გლობალურ დათბობაზე, მაგრამ, ჩვენი აზრით, კლიმატის გლობალური ცვლილებების ძირითად ფაქტორად პლანეტაზე მიმდინარე გეოტექტონიკური პროცესები უნდა ჩაითვალოს, რის შედეგადაც გარკვეული პერიოდების (ე.წ. ციკლი) განმავლობაში ყოველთვის ჰქონდა და ექნება ადგილი კლიმატის ცვლილებას [7]. ამის მაგალითია სტატიის შესავალში წარმოდგენილი შავი ზღვის საზღვრების ცვლილებებიც, რომელიც ყოველთვის უკავშირდებოდა პლანეტაზე მიმდინარე გლობალურ კლიმატურ ცვლილებებს. სწორედ უკანასკნელი გამყინვარების პერიოდში აღინიშნებოდა შავი ზღვის დაბალი დონე.

მსოფლიოს ცნობილ მეცნიერთა პროგნოზით, 21-ე საუკუნეში მოსალოდნელია ჰიდროსფეროს მნიშვნელოვანი ცვლილებები, მათ შორის, ოკეანის დონის ამაღლება, რაც ნეგატიურად იმოქმედებს ბუნებრივ გარემოზე და, აქედან გამომდინარე, პლანეტის მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკურ მდგომარეობაზე.

ამ მხრივ, რა თქმა უნდა, არც საქართველო და მისი შავიზღვისპირეთია გამონაკლისი [4].

ატმოსფეროს ტემპერატურის მატების შედეგად დედამიწაზე უკვე მრავალი ეკოლოგიური პრობლემაა დაფიქსირებული: მყინვარებისა და ყინულების სწრაფი დნობა; ნალექების რაოდენობის მკვეთრი ცვლილებები; მდინარეთა ჰიდროლოგიური რეჟიმის ცვლილებები; წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების სიხშირის ზრდა; ეროზიულ-დვარცოფული და მეწყრული მოვლენების სიხშირის მატება; ჭაობებისა და დაბლობების საზღვრების გადაადგილება; წყლის რესურსების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი ცვლილებები; ეკოსისტემის მდგრადობის შემცირება; მსოფლიო ოკეანის დონის მომატება და მისი საზღვრების ცვლილებები; ზღვის აბრაზიული პროცესების ზრდა და სხვა.

აუცილებელია აღინიშნოს ის, რომ ზემოხსენებული ბუნებრივი ფაქტორების გარდა ზღვის სანაპირო ზოლის განვითარებაზე და მის მდგრადობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ანთროპოგენური ფაქტორები: კაშხლებისა და წყალსაცავების მშენებლობა მდინარეთა აუზებში; ქვიშისა და ხრეშის მოპოვება და პორტების მშენებლობა [5, 11].

ეკოსისტემაში მუდმივად მიმდინარე ზემოაღნიშნული ბუნებრივი და ანთროპოგენური ნეგატიური ფაქტორების მიუხედავად, ყოველთვის შეიძლება გამოინახოს ისეთი

საშუალებები, რომლითაც დაცული იქნება ზღვის სანაპირო ზოლის მდგრადობა, რისთვისაც არსებობს მრავალი სახის ნაპირსამაგრი საინჟინრო-ტექნიკური საშუალებები. თუმცა აღიარებულია, რომ ზღვის სანაპირო ზოლის მდგრადობის, სტაბილურობისა და აბრაზიული პროცესების შესამცირებლად ყველაზე მისაღებ საშუალებად,

დროის გარკვეული პერიოდისთვის, მიიჩნევა მდინარეთა ჰიდროლოგიური რეჟიმის ისეთი სახით დარღვევები, როცა დამყარებული იქნება წონასწორობა ზღვის ტალღური ზემოქმედებით გამოწვეულ ხმელეთის გარეცხვასა და მდინარეთა მიერ ტრანსპორტირებული მყარი ნატანის აკუმულაციას შორის.

ძირითადი ნაწილი

საქართველოს შავი ზღვის სანაპირო ზოლის მდგრადობის შენარჩუნება მდინარეთა მყარი ნატანის დარღვევების გზით მდ. რიონის მაგალითზე

ცნობილია, რომ ზღვის სანაპირო ზოლის მდგრადობის შესანარჩუნებლად ყველაზე ოპტიმალურად მიჩნეულია მდინარეთა მყარი ნატანის დარღვევები ისეთი სახით, რომლის დროსაც შენარჩუნებული იქნება წონასწორობა გარეცხვასა და აკუმულაციას შორის. გამომდინარე აქედან, განვიხილავთ ზღვაში ჩამდინარე მდინარეების ჰიდროლოგიურ რეჟიმს მყარი ნატანის ტრანსპორტირების თვალსაზრისით.

საქართველოს რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური ხელშეწყობით ჩვენ ვმუშაობთ საგრანტო პროექტზე შ/შთ08/5-433 – „გლობალური დატობის ფონზე შავი ზღვის ეკოლოგიური პრობლემების შეფასება და საქართველოს ზღვისპირეთის დასაცავად მდინარეთა ეროზიულ-დვარცოფული მოვლენებისა და მყარი ნატანის პროგნოზირება“. პროექტზე მუშაობის პერიოდში შესწავლილ იქნა საქართველოს შავიზღვისპირეთის მდინარეთა ჰიდროლოგიური რეჟიმი.

ცნობილი გახდა, რომ საქართველოს ტერიტორიის ფარგლებში შავ ზღვაში ჩამდინარე მდინარეებს შორის შავიზღვისპირეთის ფორმირებაზე, მათი ჰიდროლოგიური რეჟიმისა და მყარი ნატანის ტრანსპორტირების თვალსაზრისით, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ძირითადად სამი მდინარე: ჭოროხი, რიონი და ენგური. სამწუხაროდ, აქვე უნდა აღინიშნოს ის გარემოება, რომ დღეისათვის მდ. ჭოროხს, რომელსაც საქართველოს მდინარეთა მიერ შავ ზღვაში ტრანსპორტირებული მყარი ნატანის ნახევარზე მეტი, წელიწადში დაახლოებით 10 მლნ ტ ჩაჰქონდა, (1971 წლის მონაცემებით), 1971-1991 წლების

მონაცემებით კი ის წელიწადში დაახლოებით 5 მლნ ტ-მდე შემცირდა. თურქეთში აშენებული დემირელის კასკადის 10 კაშხლის აშენების შემდეგ, მდ. ჭოროხის მიერ ტრანსპორტირებული მყარი ნატანის რაოდენობა შეადგენს დაახლოებით 1 მლნ ტ-ს წელიწადში და ისიც მდ. აჭარისწყლის წილად მოდის. ყოველივე ამის გამო, რომ ამჟამად დაწყებულია და ინტენსიურად მიმდინარეობს ზღვის მიერ ხმელეთის მიტაცება სოფ. ადლიაში [2]. ასეთივე მდგომარეობაა შექმნილი მდ. ენგურზეც, საიდანაც წყლის მნიშვნელოვანი ნაწილი საქართველოს არაკონტროლირებად ტერიტორიაზე, აფხაზეთის ავტონომიურ რესპუბლიკაში, გალის წყალსაცავში ჩაედინება, რის გამოც მნიშვნელოვნადაა შემცირებული მყარი ნატანის სიდიდეები ზღვის შესართავთან – ანაკლიაში, სადაც ამჟამად სწრაფი ტემპით მიმდინარეობს საკურორტო ინფრასტრუქტურის განაშენიანება. თუ 1971 წლის მონაცემებით მდ. ენგურს შავ ზღვაში სოფ. ანაკლიასთან დაახლოებით 5.5 მლნ ტ, ხოლო 1971-1991 წლების მონაცემებით დაახლოებით 2 მლნ ტ წელიწადში ჩაჰქონდა, დღეისათვის ეს მაჩვენებელი მხოლოდ 227 ათას ტ-ს წელიწადში შეადგენს. ყოველივე ეს კი ნეგატიურად მოქმედებს მომავალ საკურორტო ზონაში – ანაკლიაში ზღვის სანაპირო ზოლის ე.წ. პლაჟის განვითარებაზე, რაც ასე აუცილებელია კურორტისათვის.

ერთ-ერთი მდინარე, რომელმაც შავ ზღვაში მყარი ნატანის ტრანსპორტირების თვალსაზრისით სტაბილურობა შეინარჩუნა, მდ. რიონია თავისი შენაკადებით. თუმცა იყო პერიოდები, როცა ტრანსპორტირებული

მყარი ნატანის სიდიდეები ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მშენებლობის გამო მნიშვნელოვნად იყო შემცირებული. ბოლო წლებში მდ. რიონზე მყარი ნატანის ტრანსპორტირების მატებაც კი შეიმჩნევა, რაც ერთი მხრივ, მდ. რიონის აუზში არსებული წყალსაცავების მოლაშქვითაა გამოწვეული, ხოლო მეორე მხრივ, გარკვეული სიდიდით მოიმატა წყლის ხარჯის სიდიდემაც. ჩვენი აზრით, ეს უკანასკნელი სწორედ გლობალური დათბობის მიზეზითაა გამოწვეული, რის შედეგადაც სწრაფი ტემპით მიმდინარეობს მყინვარების დნობა კავკასიონზე (მყინვარების უკანდახევის სიჩქარემ 8 მ წელიწადში მიაღწია) [1]. საშუალო მრავალწლიური წყლისა და მყარი ნატანის (შეტივნარებული) ხარჯების ანალიზმა აგრეთვე აჩვენა, რომ მდ. რიონზე, სოფ. ჭალადიდთან (შესართავიდან დაახლოებით 30 კმ) მდინარის შეტივნარებული ხარჯების სიდიდე მეტია, ვიდრე შავი ზღვის შესართავთან, რაც გამოწვეულია იმით, რომ სოფ. ჭალადიდთან მდინარემ დაარღვია ნაპირსამაგრები. მდინარის დონის მომატების შედეგად ის გადადის კალაპოტიდან და მყარი ნატანის გარკვეული ნაწილი ილექება მდინარის მიმდებარე კოლხეთის დაბლობის ტერიტორიაზე. თუ მდ. რიონს შავ ზღვაში 1971 წლის მონაცემებით ჩაჰქონდა 7.1 მლნ ტ წელიწადში, ამ მაჩვენებელმა 1971-1991 წლების მონაცემებით 7.7 მლნ ტ წელიწადში შეადგინა. ჩვენ დავადგინეთ აგრეთვე მყარი ნატანის ის საერთო სიდიდე (დაახლოებით 25 მლნ ტ წელიწადში), რაც საკმარისი იქნება წონასწორობის ბალანსის შესანარჩუნებლად ზღვის მიერ გარეცხვასა და მდინარეების მიერ შემოტანილ მყარი ნატანის

დალექვას (აკუმულაციას) შორის. დღეისათვის დეფიციტს შეადგენს დაახლოებით 15-16 მლნ ტ წელიწადში [2].

მიუხედავად იმისა, რომ მდ. რიონის მიერ ტრანსპორტირებული მყარი ნატანის გარკვეული ნაწილი იკარგება (ილექება) კოლხეთის დაბლობზე, ზღვაში ჩატანილი მყარი ნატანის რაოდენობა მაინც საკმარისია ქ. ფოთის მიმდებარე ტერიტორიების სანაპირო ზოლის მდგრადობის შესანარჩუნებლად, როგორც ჩრდილოეთის, ისე სამხრეთის მიმართულებით, რასაც ვერ ვიტყვით მდ. ჭოროხისა და მდ. ენგურის შესართავებთან ზღვის სანაპირო ზოლის მდგრადობაზე, სადაც მყარი ნატანის დეფიციტის გამო ინტენსიურად მიმდინარეობს ზღვის მიერ სანაპირო ზოლის მიტაცება.

აუცილებელია აღინიშნოს ისიც, რომ ქ. ფოთის მიმდებარე სანაპირო ზოლის მდგრადობის შესანარჩუნებლად მნიშვნელოვანი როლი აკისრია მდ. რიონზე ქ. ფოთიდან მე-7 კმ-ზე არსებულ წყალგამყოფ კვანძს, რომლის წარმატებული ფუნქციონირება საშუალებას იძლევა ისე დარეგულირდეს მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმი, რომ დროის გარკვეული პერიოდისათვის შენარჩუნებულ იქნეს წონასწორობა სანაპირო ზოლში ზღვის ტალღური ზემოქმედებით გამოწვეულ გარეცხვასა და მდინარის მიერ ტრანსპორტირებული მყარი ნატანის დალექვას (აკუმულაციას) შორის [3].

შავ ზღვაში ჩამდინარე მდინარეების მიერ ტრანსპორტირებადი მყარი ნატანის პროგნოზული სიდიდეების საანგარიშო მეთოდითაა მოცემულია სამეცნიერო ნაშრომში [6].

დასკვნები

1. სხვადასხვა მეცნიერული შრომების საფუძველზე შეფასებულია შავი ზღვის საზღვრების ზოგადი ცვლილებები უკანასკნელი 120-140 ათასი წლის პერიოდში.
2. დადგენილია, რომ 6 000 წლის წინ შავი ზღვის საზღვრებმა მიიღო დღევანდელი ფორმა.
3. ვემსრობით იმ აზრს, რომ უკანასკნელი ათეული წლების განმავლობაში მიმდინარეობს შავი ზღვის დონის მომატება

- (ტრანსგრესია), რაც პლანეტაზე კლიმატის ცვლილებით, კერძოდ, გლობალური დათბობითაა გამოწვეული.
4. აღვნიშნავთ, რომ პლანეტის გლობალური დათბობის ძირითადი ფაქტორი არის დედამიწაზე მიმდინარე გეოტექტონიკური პროცესები. გარკვეულწილად დათბობაზე მოქმედებს ანთროპოგენური ფაქტორებიც.
5. ზღვის სანაპირო ზოლის მდგრადობის შესანარჩუნებლად და აბრაზიული

პროცესების შესამცირებლად ყველაზე ოპტიმალურ საშუალებად მიგვაჩნია ზღვაში ჩამდინარე მდინარეების მყარი ნატანის დარეგულირება ისეთი სახით, რომ დაცული იქნეს წონასწორობა ზღვისმიერი ტალღური ზემოქმედების შედეგად ხმელეთის გარეცხვასა და მდინარეების მიერ ტრანსპორტირებული მყარი ნატანის აკუმულაციას შორის.

6. შეფასებულია შავი ზღვის სანაპირო ზოლის მდგრადობა მდ. რიონის ზღვის შესართავთან ფოთიდან მე-7 კმ-ზე არსე-

ბული წყალგამყოფი კვანძის გამოყენებით, რაც საშუალებას იძლევა დაარეგულიროს მდინარის მიერ ტრანსპორტირებული მყარი ნატანი ისე, რომ შენარჩუნებული იქნეს ზღვის სანაპირო ზოლის სტაბილურობა.

7. დადგენილია მყარი ნატანის ის დეფიციტი (16 მლნ ტ წელიწადში), რომელიც საჭიროა იმისათვის, რომ საქართველოს შავიზღვისპირეთში შენარჩუნებულ იქნეს სანაპირო ზოლის სტაბილურობა.

ლიტერატურა

1. გაეროს კლიმატის ჩარჩო-კონვენცია, საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინება, თბილისი, 2006-2007 წწ.
2. დიაკონიძე რ., ჩახაია გ., წულუკიძე ლ. შავიზღვისპირეთის ეკოლოგიური უსაფრთხოების დაცვა ზღვისმიერი აბრაზიული პროცესებისგან მდინარეთა მყარი ნატანის დარეგულირების გზით. //საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ჰიდროინჟინერია“, №1, 2011, თბილისი, გვ. 55-65.
3. 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.
4. დიაკონიძე რ., ჩახაია გ., წულუკიძე ლ., მამასახლისი ე. შავი ზღვისა და საქართველოს ზღვისპირეთის ეკოლოგიური პრობლემები გლობალური დატბობის ფონზე. //საქართველოს სახელმწიფო სასოფლო-სამეურნეო უნივერსიტეტის სამეცნიერო
5. შრომათა კრებული. ტომი I, №2 (43), თბილისი, 2008, გვ. 80-84;
5. **Войнич-Сяноженцкий Т. Г.** Гидродинамика устьевых участков рек и взморий бесприливных морей, //Труды ЗаНИГМИ, вып. 46(52), Гидрометиздат, Ленинград, 1972, 203 с.
6. **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.
7. **Диаконидзе Р.В., Хубулава И.В., Кикнадзе Х.Л., Лордкипанидзе Ф.Н. и др.** Изменение климата планеты и гидроэкологические проблемы окружающей среды. /Ж. "Экологические системы и приборы", №9, Москва, 2008, с 45-47.
8. **Джанелидзе Ч.П.** Палеография Грузии в голоцене, „Мецნიერება“, Тбилиси, 1980, 176с.
9. Колхидская низменность, научные предпосылки освоения. „Наука“, Москва, 1990, 248 с.
10. **Марушвили Л.И.** Физическая география Грузии, Ч. 2, „Мецნიერება“, Тбилиси, 1970, 300 с.
11. **Хмаладзе Г.Н.** Выносы наносов реками Черноморского побережья Кавказа. "Гидрометеоздат", Ленинград, 1978, 167с.

**ТИПЫ МОРЕННО-ЛЕДНИКОВЫХ КОМПЛЕКСОВ,
КАК КРИТЕРИЙ РЕГРЕССИИ ГОРНО-ДОЛИННОГО
ОЛЕДЕНЕНИЯ ТЯНЬ-ШАНЯ**

Ерохин С.А., Тузова Т.В., Маматканов Д.М.

E-mail: *c.eroxin@mail.ru*

Институт водных проблем и гидроэнергетики Национальной академии наук
Кыргызской Республики
720033, Бишкек, ул. Фрунзе, 533

ВВЕДЕНИЕ

Под моренно-ледниковым комплексом понимается геологическое тело, сформированное ледником за последнюю эпоху оледенения в единой физико-географической обстановке и сложенное определенным набором фаций, формирующих его внутреннюю структуру [1]. В это геологическое тело входят как отчленившиеся от ледника леднико-

вые останцы (так называемый погребенный лед), так и разные формы ледниково-моренной аккумуляции. Моренно-ледниковый комплекс формируется в теле ледника и проявляется на дневную поверхность при его регрессии. Изучению стадий регрессии посвящена данная статья

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Моренно-ледниковые комплексы Тянь-Шаня, согласно альпийской схеме оледенения [2], представляют собой морены стадии фернау, образованные в период малой ледниковой эпохи (XIII-XIX века) и окаймляющие языки деградирующих ледников. При образовании моренно-ледниковых комплексов действуют, в основном, два фактора ледникового литогенеза – аккумуляционный (*A*) и эрозионный (*Э*). Первый - характеризует насыщенность ледника обломочным материалом и способность ледника аккумулятировать этот материал в своей приконцевой зоне моренообразования. Второй фактор представляет эрозионную энергию потоков талых вод, стекающих с ледника, и способность этих потоков размывать накопления обломочного материала в приконцевой части ледника. От соотношения этих факторов зависит форма, состав и строение моренно-ледниковых ком-

плексов.

Изучение горно-долинных ледников Тянь-Шаня [3-5] показывает, что в процессе формирования моренно-ледниковых комплексов на этих ледниках роль фактора *Э* наиболее значительна у гигантских ледников гималайского или древовидного типа, а роль фактора *A* на этих ледниках минимальна. Обратная ситуация наблюдается на небольших простых долинных ледниках или ледниках присклонового и склонового типа. Здесь роль фактора *A* в формировании моренно-ледниковых комплексов становится максимальной, а фактор *Э* играет незначительную роль. В соответствии с изменением соотношения факторов *A* и *Э* изменяется состав и строение моренно-ледниковых комплексов. По мере увеличения роли фактора *A* с соответствующим уменьшением фактора *Э* состав и строение моренно-ледниковых комплексов постепенно

ТИПЫ МОРЕННО-ЛЕДНИКОВЫХ КОМПЛЕКСОВ, КАК КРИТЕРИЙ РЕГРЕССИИ ГОРНО-ДОЛИННОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ ТЯНЬ-ШАНЯ

усложняется. В этом процессе прослеживается ряд стадий, каждой из которых соответствует свой тип моренно-ледниковых комплексов. Можно выделить шесть стадий и соответствующих им шесть типов моренно-ледниковых комплексов (рис.1).

Первый тип (рис.1-1) представляют моренно-ледниковые комплексы гималайского или древовидного типа (ледники-гиганты Иныльчек, Каинды, Мушкетова). Водность этих ледников и энергия потоков талых ледниковых вод настолько велика, что весь обломочный материал, приносимый ледником, уносится за пределы зоны моренообразования. Поэтому моренно-ледниковые комплексы первого типа представлены маломощными чехлами мореного материала на склонах троговой долины, а также останцами береговых морен.

Второй тип (рис.1-2) формируется на ледниках, где потоки талых вод размывают только центральную часть зоны моренообразования, а в прибортовых частях складываются благоприятные условия для формирования валов береговых морен, между которыми располагается флювиогляциальное зандровое поле, открытое вниз по долине. Фронтальной морены нет. Такие моренно-ледниковые комплексы образовались на Зеравшанском леднике, на леднике Конурленг (северный склон Терскей-Алатоо), на леднике Тушинского (северный склон Кыргызского хребта).

Третий тип (рис.1-3) моренно-ледниковых комплексов представлен, кроме валов береговых морен, валом фронтальной морены, за которым между береговых валов формируется внутриморенная депрессия. Размывающая энергия потоков талых вод на ледниках, формирующих этот тип моренно-ледниковых комплексов, еще достаточна, чтобы промыть в вале фронтальной морены проран. Поэтому внутриморенная депрессия на них открыта через проран вниз в долину. Примерами могут служить комплексы на ледниках Давыдова (до начала работ рудника Кумтор), Наливкина в хребте Кокшалтау, Южный Карасай на горном массиве Акшийрак.

Моренно-ледниковые комплексы четвертого типа (рис.1-4) образуются на ледниках, у которых энергии потоков талых вод не хватает для размыва прорана в вале фронтальной морены и формирования в нем прорана. Поэтому внутриморенная депрессия на этих комплексах полностью замкнута и на её днище обычно формируется озеро. Примерами являются комплексы на ледниках Петрова и Главный Каянды на горном массиве Акшийрак, Сарытор, Карабаткак, Тургенбаксу на северном склоне Терскей-Алатоо, на леднике Дугова на Алайском хребте, Джардыкаинды на Кыргызском хребте.

Пятый тип моренно-ледниковых комплексов (рис.1-5) формируется в условиях, когда количество обломочного материала, поступающего в приконцевую часть ледника, настолько превышает энергию размыва, что береговые и фронтальная морены сливаются в единый конечно-моренный язык, который благодаря высокому содержанию в нем погребенных льдов движется вниз по долине самостоятельно. На его поверхности появляются валы сползания. Между конечно-моренным языком и языком ледника образуется депрессия, в которой формируется озеро. В качестве примеров можно привести комплексы забронированных ледников северного склона Кыргызского хребта: Кентор, Салык, Ашутор, Чонкурчак, Кургактор, Кольтор и др.

Энергия размыва на моренно-ледниковых комплексах шестого типа (рис.1-6) настолько низка, что моренный язык ледника сползает вниз в долину и может продвигаться на несколько километров. Вдоль его осевой линии вытягивается внутриморенная депрессия, превращаясь в узкую извилистую ложбину, которая постепенно выклинивается в теле конечно-моренного языка. Моренно-ледниковых комплексов такого типа много на забронированных ледниках в долине Быты (бассейн р.Иссыката), в других долинах Кыргызского хребта, в долинах Терскей и Кунгей Алатоо.

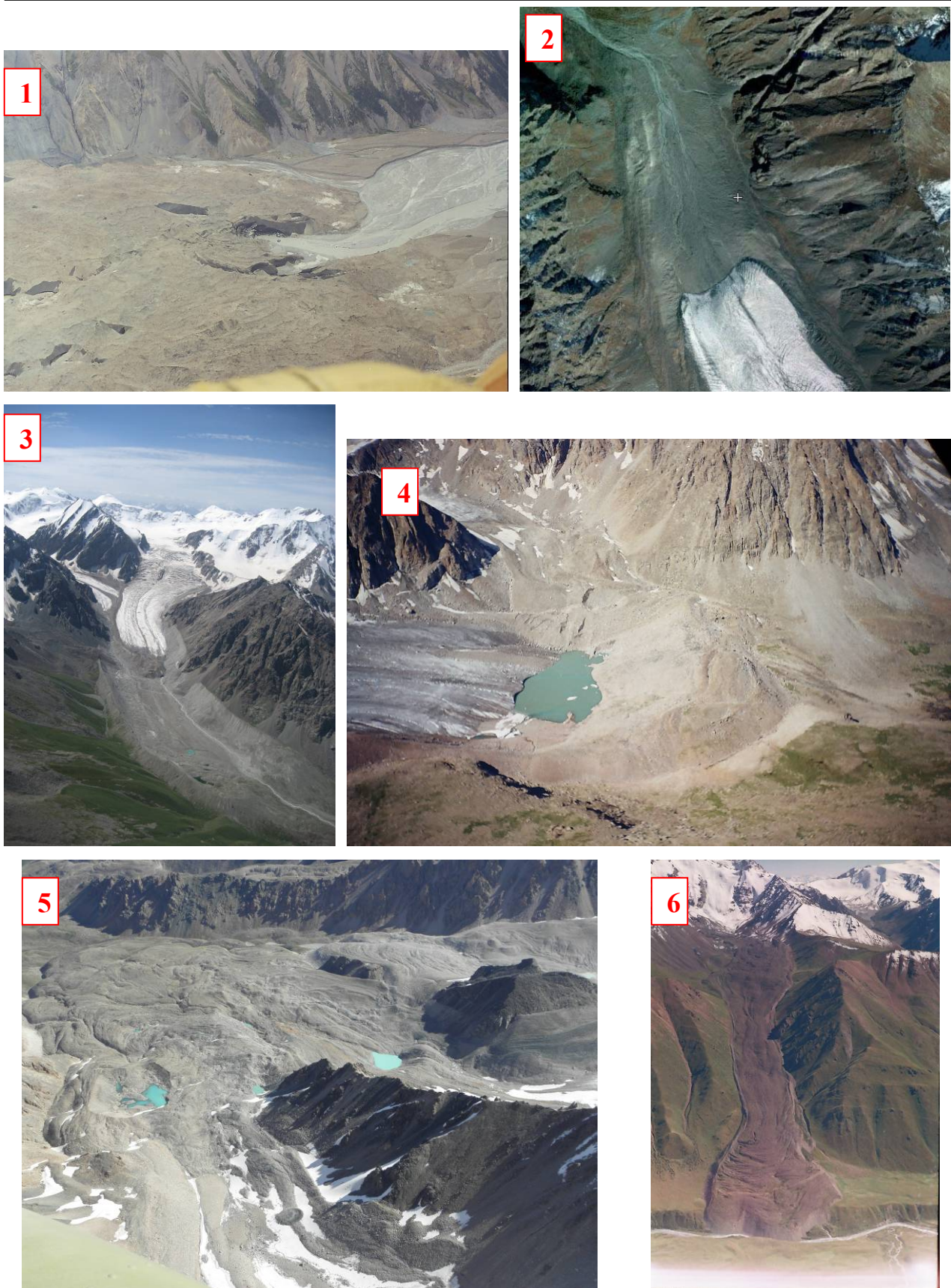


Рис 1. Моренно-ледниковые комплексы разных типов

ТИПЫ МОРЕННО-ЛЕДНИКОВЫХ КОМПЛЕКСОВ, КАК КРИТЕРИЙ РЕГРЕССИИ ГОРНО-ДОЛИННОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ ТЯНЬ-ШАНЯ

Каждый из шести описанных типов моренно-ледниковых комплексов отражает определенный этап периода деградации формирующих их ледников. По типу моренно-ледникового комплекса определяется стадия регрессии (деградации) формирующего его ледника. Таким образом, тип моренно-ледникового комплекса является своеобразным критерием, по которому можно определить, на какой стадии деградации находится ледник.

Шесть типов моренно-ледниковых комплексов определяет столько же стадий регрессии горно-долинных ледников, закономерность которых следующая:

– в процессе деградации ледник все больше насыщается обломочным материалом и покрывается чехлом поверхностной морены,

который бронирует ледник и замедляет его таяние;

– процесс регрессии, хоть и имеет общие для всех ледников признаки, характерные для каждой стадии, протекает на каждом леднике своеобразно. Это обусловлено отличиями в морфологии и геологии тех горных долин, в которых развиваются ледники. Поэтому разные по размерам и даже типам ледники могут находиться на одной стадии регресса. Например, сложнодолинный ледник Петрова длиной 11 км и сравнительно простой горнодолинный ледник Карабаткак длиной 3,5 км находятся на четвертой стадии регресса;

– продолжительность каждой стадии регресса горнодолинных ледников зависит от своеобразия условий их развития.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Предлагаемая стадийность горнодолинных ледников позволяет классифицировать их по степени регресса. В процессе своей деградации ледники проходят шесть стадий. Ледники, находящиеся в настоящее

время на одной стадии регресса, могут быть сгруппированы в один класс. На Тянь-Шане выделяется 6 классов. Классификация ледников по степени их деградации позволит прогнозировать их дальнейшее развитие.

Литература

1. Теоретические основы инженерной геологии. Под редакцией Е.М.Сергеева. «Недра», 1985, 332с.
2. Герасимов Ю.В. Малая ледниковая эпоха Тянь-Шаня. /Сб. "Гляциологические исследования в Центральном Тянь-Шане". "Илим", Фрунзе, 1984, с.83-99.
3. Erochin S.A., Mamatkanov D., Tuzova T.V. Monitoring of Kirgiz Lakes at Risk of Outburst Floods //International Simposium on Floods and Modern Methods of Control Measures, Tbilisi, Georgia, GWMI-80, 2009, pp130-147.
4. Erochin S.A., Cerny M. Monitoring of Outbursting Lakes of Kirgizstan // Mitigation of natural hazards in mountain areas //Materials of International Conference. Bishkek: Salam, 2009, pp. 30-35.
5. Valyaev A.N., Erochin S.A., Tusova T.V. Processes under outbursts of mountain lakes and model for risk assessment. In Book: "Proceedings CHAOS2008 Editor: H. Skiadas, Published House: World Scientific, 2009, pp. 350-363.
6. Valyaev A.N., Erochin S.A., Tusova T.V. Assessments and decreasing of risks and damages from outbursts of Tien-Shan high mountains lakes. In Book: Uranium, Mining and Hydrogeology. Published House: Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 819-826.
7. Mamatkanov D., Erochin S.A., Tuzova T.V. Risk evaluation of water breakout from high mountain lakes in Tien-Shan //Стимулирование потенциала общества, науки и неправительственных организаций к сохранению биоразнообразия и охраны окружающей среды //Сб. Тезисов докладов международной конференции, Душанбе: АН Республики Таджикистан, с.13.

გზის გაჭრის შედეგად მიღებულ ტექნოგენურ ფერდობთან და დამხმარე გრუნტის გზების მშენებლობასთან. ასეთ ფერდობზე უმეტეს შემთხვევაში მთლიანადაა განადგურებული ნიადაგი და ბალახეული საფარი, არაა მოწყობილი წყალამრიდი საშუალებები, ხშირად მათი ქანობი ბუნებრივს არ შეესაბამება, რაც ქანების ჩამოშვებას და/ან ზედაპირზე ეროზიული ნაღვარელების (ხშირად ხრამების) წარმოქმნას იწვევს.

ცალკე აღნიშვნის ღირსია ტრასის მიმდებარე ფართობები, რომლებიც მნიშვნელოვნად დაზიანდა სათადარიგო და მისასვლელი გზების გაყვანის და ექსპლუატაციის დროს. ისინი ყოველგვარი წესებისა და ნორმების დაცვის გარეშეა გაჭრილი ფერდობებზე და ხშირად ტყის მასივებშიც, რასაც შემდგომში ნიადაგების დეგრადაცია და მათი დაზარალება მოჰყვება. ასეთი უბნები „ტრასეპას“ გავლენის ზონაში მრავლადაა და ეკოსისტემაზე მეტად უარყოფით ზეგავლენას ახდენს.

ასეთი ტიპის ტექნოგენური ფერდობი ძირითადად აგებულია დელუვიური ან ელუვიურ-დელუვიური გენეზისის თიხნარებით სხვადასხვა ზომის ნატეხებისა და ღორღის ჩანართებით (იხ. გრანულომეტრული შემადგენლობის ცხრილი №1).

ცხრილი 1

გრანულომეტრული შედგენილობა			
ფრაქციის ზომა მმ			
თიხა	მტვერი	ქვიშა	უხეშ-ნატეხოვანი
<0,002%	0,002-0,05%	0,05-1,0%	>1.0%
31	30	7	32
36	29	3	32
31	36	3	30
12	52	11	25
27	55	10	8
29	56	8	7

ეს ქანები კონსისტენციის მიხედვით მყარ და ნახევრად მყარ გრუნტებს განეკუთვნება $I_L \geq 0$. პლასტიკურობის რიცხვი 10-13 შორის მერყეობს, სიმკვრივე დაახლოებით 1.84-1.95 გ/სმ³, საშუალო ტენიანობა 14-21%, ფორია-

ნობის კოეფიციენტი დაბალია 0.69-0.89. ქანების სიმტკიცის მახასიათებლები შემდეგია: შინაგანი ხახუნის კუთხე, $\phi^0=22-23^0$, შეჭიდულობა $C=0.022-0.025$ მპა (ს.ნ. და წ. 2.02.01-83-დან. ცხრ. 2).

ცხრ. 2-ში მოყვანილია იმ ქანების ლაბორატორიული კვლევების მონაცემები, რომლებიც ტიპურია ტექნოგენური ფერდობისთვის. ამ მონაცემებზე დაყრდნობით შესაძლებელია გამოიყოს თიხნარი ქანების ორი ჯგუფი: დელუვიური გენეზისის (dQIV) და ელუვიურ-დელუვიური გენეზისის (edQIV). ჩვენმა დაკვირვებებმა ცხადყო, რომ პირველი მათგანი ეროზიული პროცესებისადმი შედარებით მდგრადია და მისი გავრცელების არეალში ეროზიულობის კოეფიციენტი (ცალკეული უბნებისთვის) 0,21 მ/მ²-ზე არ აღემატება. იგივე მანვენებელი ელუვიურ-დელუვიური გენეზისის გავრცელების ქანების არეალში მნიშვნელოვნად აღემატება მას და 0,38 მ/მ²-ზე აღწევს. თუმცა აქვე უნდა ითქვას, რომ ტექნოგენურ ფერდობზე მიმდინარე ეროზიული პროცესების განვითარებაზე გადამწყვეტ როლს მთავრად არსებული მცენარეული საფარი და რელიეფის მორფოლოგიური თავისებურებები თამაშობს (ფერდობის სიმაღლე, დახრა, წყალშემკრები ფართობი და სხვა).

სულ სხვა სახის პრობლემები იჩენს თავს, როდესაც საქმე ეხება ტექნოგენური გრუნტის დასაწყობების ფართობებს. გზის მიმდებარე ტერიტორიები, უმეტესად ძველი ხეები და რელიეფის ჩადაბლებული ფორმები, ხშირად გამოყენებულია მშენებლობის დროს მოჭრილი გრუნტის სანაყარებად. სანაყარებს გზის გასწვრივ საკმაოდ დიდი ადგილი უკავია. ისინი ძირითადად დაუხარისხებელი, სხვადასხვა ზომის – მსხვილი-უხეშ-ნატეხოვანი, ქვიშა-ღორღოვანი და თიხური მასალისგან შედგება. ნაყარი გრუნტი არაკონსოლიდირებულია, თავისთავად ფერდობზე ადვილად იხრამება და შვავდება, წარბას გაყოლებით კი უმეტეს შემთხვევაში დამეწყვრის ახალგაზრდა ბზარებია წარმოშობილი. ყველაფერი ეს ამ გრუნტების დიდ ფართობებზე გადაადგილებას და გავრცელებას უწყობს ხელს. გარდა ამისა უნდა აღინიშნოს, რომ ჩატარებული სამშენებლო სამუშაოების შედეგად ბუნებრივმა რელიეფმა

ზურაბ ვარაზაშვილი, გოგა ჩახაია, სოფიკო მოდებაძე, ირინა ხუბულავა

კორექტივები განიცადა – ფერდობებიდან ჩამონადენი მცირე და საშუალო ხეობების განტვირთვის არეები შეიცვალა და ისინი ზოგიერთ შემთხვევაში სანაყარეების განთავსების ადგილებს ემთხვევა, რაც შესაძლოა დვარცოფული მოვლენების წარმოშობის მიზეზად იქცეს.

ნაყარი გრუნტის ფიზიკური და მექანიკური თვისებები საკმაოდ ცვალებადია და ეს მონაცემები ფართო ინტერვალში მერყეობს, თუმცა ზოგიერთი მათგანი შესაძლოა მოყვანილ იქნეს ცხრილი 3-ის სახით.

ცხრილი 2

№	ფიზიკური თვისებები											ქანის სიმტკიცის მაჩვენებლები		ფერდოს დახრა
	პლასტიკურობა			სიმკვრივე			ტენიანობა W	ფორიანობა, n	ფორიანობის კოეფიციენტი, e	ტენიანობის ხარისხი, S_r	დენადობის მაჩვენებელი, I_L	შინაგანი ხახუნის კოეფიციენტი ϕ^0 (ს.ნ. და წ. 2.02.01-83. დან-1. ცხრ. 2)	შეჭიდულობა, C (ს.ნ. და წ. 2.02.01-83. დან-1. ცხ.2)	
	ტენიანობა დენადობის ზღვარზე W_d	ტენიანობა პლასტიკურობის ზღვარზე W_p	პლასტიკურობის რიცხვი I_p	გრუნტის ნაწილაკების ρ_s	ბუნებრივი ρ	გრუნტის ჩონჩხის ρ_h								
	ბ.ბ.	ბ.ბ.	%	გ/სმ ³	გ/სმ ³	გ/სმ ³	ბ.ბ.	ბ.ბ.	ბ.ბ.	ბ.ბ.	ბ.ბ.	გრად.	მპა	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.30	0.18	12	2.72	1.92	1.63	0.18	0.47	0.89	0.552	0.00	23	0.022	>40
2	0.35	0.22	13	2.72	1.95	1.61	0.21	0.46	0.85	0.671	-0.08			
3	0.31	0.19	12	2.72	1.94	1.63	0.19	0.44	0.79	0.658	0.00			
4	0.22	0.12	10	2.70	1.84	1.61	0.14	0.43	0.75	0.501	0.20	22	0.025	>30
5	0.25	0.15	10	2.71	1.86	1.60	0.16	0.44	0.79	0.552	0.10			
6	0.25	0.14	11	2.70	1.84	1.60	0.15	0.41	0.69	0.589	0.09			

ცხრილი 3

გრანულომეტრული შედგენილობა					ფიზიკური თვისებები		ფერდოს დახრა
ფრაქციის ზომა მმ					სიმკვრივე	ტენიანობა W	
თისა <0,002%	მტვერი 0,002-0,05%	ქვიშა 0,05-1,0%	უხეშნატე-სოვანი >1.0%	სხვა ჩანარები	გ/სმ ³	%	გრად.
1	2	3	4	5	6	7	10
34	14	23	21	8	1.72	25	>45
12	24	47	16	1	1.65	14	
22	21	10	37	10	1.77	28	
30	30	22	15	5	1.75	24	
23	17	30	10	20	1.68	14	
26	10	28	25	11	1.70	13	

ცხრილი 4

სენსიტიური უბნები მათი მოწყვლადობის ხასიათის მიხედვით	სენსიტიური უბნების მიერ დაკავებული ფართობი/ მოცულობა (ჰა/მ ³)	სენსიტიურ უბნებზე მიმდინარე ძირითადი გეოდინამიკური პროცესები	ნიადაგის და მცენარეული საფარის გავრცელება %	ჩასატარებელი ღონისძიებები
გზის მშენებლობის შედეგად წარმოშობილი ტექნოგენური ფერდობები	2.3	ეროზია, შვავი	5-10	წყალამრიდი საშუალებებისა და გაბიონების მოწყობა, გამწვანება ეროზიის საწინააღმდეგო გეოსხალიჩების გამოყენებით (ნესფილდე; სეკუმატი.)
გზის მშენებლობის პერიოდში მოჭრილი გრუნტების სანაყარეები	11.5/550000	ეროზია (ფართობული დახრამვა), შვავი, დაჭაობება, არსებობს ღვარცოფული ნაკადების წარმოშობის საშიშროება.	0	წყალგადამტეხი არხების, აკვედუკების და სადრენაჟო სისტემების მოწყობა, გაბიონების მშენებლობა, გამწვანება ეროზიის საწინააღმდეგო გეოსხალიჩების გამოყენებით (ნესფილდე; სეკუმატი.)
მისასვლელი და სათადარიგო გზები და მათთან დაკავშირებული ფართობები	1.1	ეროზია (დახრამვები, ფართობული გადარეცხვა)	1-2	სატრანსპორტო მიმოსვლის შეზღუდვა, ხრამების ამოვსება, წყალამრიდების მოწყობა, გზების ფუნქციონალური მონაკვეთების მოშანდაკება-მოკირწყვლა.
დროებითი სამეურნეოსასაწყობე ფართობები.	1.6	ფართობული ეროზია; სხვადასხვა სახის დაბინძურება მათ შორის ნავთობ-პროდუქტებით, სამშენებლო და საწარმოო ნარჩენებით.	2-3	ტერიტორიის გასუფთავება საწარმოო და სამშენებლო ნარჩენებისგან, ადდგენა-რეკულტივაცია, დაბინძურებულ უბნებზე ბიორემედიაციის საშუალების გამოყენებით.
ბეტონის და ქვანორდის დამამზადებელი საამქროებისათვის გამოყოფილი ტერიტორიები და სხვა.	1.8	ფართობული და სიღრმითი ეროზია; სხვადასხვა სახის დაბინძურება, მათ შორის ნავთობპროდუქტებით, სამშენებლო და საწარმოო ნარჩენებით.	0	ტერიტორიის გასუფთავება საწარმოო და სამშენებლო ნარჩენებისგან, ადდგენა-რეკულტივაცია, დაბინძურებულ უბნებზე ბიორემედიაციის საშუალების გამოყენებით.

ჩვენ მიერ ჩატარებული კვლევების საფუძველზე „ტრასეპას“ სატრანსპორტო დერეფნის – ბირთვის-მანგლის-წაღკის მონაკვეთზე გამოყოფილი 88 სენსიტიური უბნისთვის შედგენილია კადასტრის ტიპის მარტივი

კითხვარი (ცხრილი 4), სადაც მოყვანილია მათი მოწყვლადობის ხასიათი, დაკავებული ფართობი, იქ მიმდინარე თანამედროვე გეოდინამიკური პროცესები და განსახორციელებელი ღონისძიებები.

ზურაბ ვარაზაშვილი, გოგა ჩახაია, სოფიკო მოდებაძე, ირინა ხუბულავა

კვლევისთვის შერჩეული „ტრასეკას“ მონაკვეთი – ბირთვისი-მანგლისი-წალკა – დაახლოებით 60 კმ შეადგენს. ის ტექნოგენური ცვლილებები, რომელიც ჩვენ მიერაა

ნაჩვენები ზემოთ მოყვანილ ცხრილში 4, ვფიქრობთ რომ მრავლისმეტყველია, მით უფრო ტრასის ასეთი მცირე მონაკვეთისთვის.



ფოტო 1. მოჭრილი გრუნტის სანაყარე



ფოტო 2. ტექნოგენური ფერდო



ფოტო 3. ახლად წარმოქმნილი ნაღვარეები ტექნოგენურ ფერდოზე



ფოტო 4. ნაყარ გრუნტში წარმოშობილი მოწყვეტის ბზარი, რომელიც გზის სავალ ნაწილს მოიცავს

დასკვნა

წარმოდგენილი სტატია მიზნად ისახავს საქართველოში საფუძველი ჩაყაროს ტექნოგენური გზით წარმოშობილ თანამედროვე გეოლოგიური პროცესების აღნუსხვას (კადასტრირებას), კვლევებს, მონიტორინგს და მართვას, რათა თავიდან ავიცილოთ ან

შევიმსუბუქოთ ის მაგნე ზემოქმედებები, რომელსაც ახდენს ქვეყანაში მიმდინარე ტექნიკური პროგრესი ჩვენს გარემოზე და ეკოსისტემაზე. ამ მიმართულებით სწორად გადადგმული ნაბიჯები დაგვეხმარება შევიმუშაოთ საერთო პრევენციული ხედვები და

დონისძიებები, შევქმნათ პროექტები სენსი- ალსადგენად.
ტიურ უბნებში ეკოლოგიური კონიუნქტურის

ლიტერატურა

1. „საქგეოლოგიის“ ფონდური მასალა
2. სამშენებლო ნორმები და წესები: 1.02.07-87; IV-5-82; პნ-02.01-08 „შენობისა და ნაგებობის ფუძეები“; პნ-01.05-08 „სამშენებლო კლიმატოლოგია“
3. სახ. სტანდარტი 25100-82
4. **Ломтадзе В.Д.** Инженерная петрология, "Недра", Ленинград, 1984.
5. **Ломтадзе В.Д.** Инженерная геодинамика "Недра", Ленинград, 1977. Геология СССР, Том X

НОВЫЙ ПОДХОД К МЕТОДОЛОГИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ГРУЗИИ

Вартанов М.В.

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

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

ВВЕДЕНИЕ

Успешное решение экономических и социальных проблем аграрного сектора экономики, как и всего народнохозяйственного комплекса, в целом, в значительной мере связано с высокоэффективным использованием его ресурсного обеспечением и в первую очередь земельных ресурсов.

Следует отметить, что Грузия относится к категории малоземельных стран. Это обстоятельство делает каждый гектар страны поистине драгоценным, требующим как всемерной охраны, так и высокоинтенсивного использования. В этой связи определение величины народнохозяйственной ценности земельных ресурсов приобретает особую важ-

ность и актуальность. Отсутствие информации в этой области делает невозможным не только рачительное использование земель, но и исчисление таких рыночных показателей, как общая величина земельной ренты, созданной в сельском хозяйстве, нормативов годовой земельной ренты для земель, служащих средством производства и для земель, являющихся пространственным базисом размещения производительных сил, определение показателей платы и народнохозяйственной ценности природных ресурсов (лесных, водных, минеральных и т.д.), связанных с той или иной категорией земель.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Общая площадь территории Грузии составляет 69,5 тыс. кв.км, при этом ее исключительно сложный рельеф (горы занимают 53,6% территории, предгорья – 33,4%, равнины – 13%) в значительной мере определяют величину сельскохозяйственных угодий в размере 838 тыс. га.¹ В настоящее время на одного жителя страны приходится 0,19 га площади угодий, в том числе пашни – 0,1 га (в расчете не учтена площадь пастбищ). Столь низкая обеспеченность земельными ресурсами усугубляется тем обстоятельством, что только за период 2000 – 2008 годы

площадь сельскохозяйственных угодий уменьшилась на 365,8 тыс. га, в том числе пашни на 332,9 тыс. га, многолетних насаждений на 154,8 тыс. га. Соответственно в структуре угодий удельный вес пашни уменьшился на 11% и составил 54,8%, многолетних насаждений на 8,7% и составил 13,7%. Вместе с этим особую тревогу вызывает систематическое уменьшение площади обрабатываемой пашни, величина которой за период 2006-2008 годы уменьшилась на 1,0 тыс. га и составила 329,0 тыс. га или 71,7% от ее общих размеров.

¹ Здесь и ниже данные Государственного департамента статистики Грузии, 2009 год.

Исключительно негативная ситуация сложилась и с использованием орошаемых земель. Так, несмотря на то, что орошение, являясь долгосрочным и достаточно капиталоемким фактором повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий, в конечном счете, обеспечивает снижение значимости фактора физической ограниченности земельных ресурсов, становится все менее востребованным. То обстоятельство, что в 2008 году количество подаваемой для орошения воды составило всего 72,0 млн. куб. м говорит о том, что фактическая политая площадь не превышала 50,0 тыс. га, что по сравнению с уровнем 80-ых годов прошлого столетия меньше в 8 раз. Между тем, с точки зрения возможности развития сельского хозяйства, климатические условия республики в целом характеризуются недостатком влаги. Так, в районах Восточной Грузии, несмотря на высокую среднегодовую температуру, высокую годовую сумму полезных температур, продолжительный вегетационный период, орошение является необходимым условием эффективного функционирования сельского хозяйства. В Западной Грузии избыток почвенной влаги составляет 800-1000 мм, однако в связи с неблагоприятным распределением осадков, дефицит влаги в отдельные месяцы достигает 500-700 мм, что определяет необходимость орошения и в этой зоне страны.

С целью выявления количественной оценки влияния орошения на эффективность сельского хозяйства Грузии рассмотрена зависимость эффективности сельскохозяйственного производства от фондообеспеченности землепользователей, количества внесенных минеральных удобрений и удельного веса орошаемых сельскохозяйственных угодий в общей площади угодий хозяйства (по данным на 1990 год).

Как видно из таблицы 1, все три фактора существенны, при этом доля вклада орошения изменяется от 10% в Самегрело до 69% в Квемо Картли. Столь значительное влияние орошения на результативность сельского хозяйства подтверждается как современными

исследованиями, так многовековым опытом орошаемого земледелия Грузии [2, 3]. Между тем, практика сложившегося за последние годы землепользования показывает обратное: площадь сельскохозяйственных угодий, в том числе орошаемая из года в год сокращается. Возникает вопрос: какова реальная (внерыночная) ценность сельскохозяйственных угодий страны? Может действительно сокращение используемых в сельском хозяйстве земельных угодий является объективным требованием формирующихся рыночных отношений?

Таблица 1

Доли вклада фондообеспеченности, внесения минеральных удобрений и орошения в эффективность сельскохозяйственного производства Грузии (%)

№	Наименование региона	Доли вклада		
		фондообеспеченности	внесения минеральных удобрений	орошения
1	2	3	4	5
1	Кахети	24	31	45
2	Квемо Картли	10	21	69
3	Шида Картли	24	20	56
4	Самцхе-Джавахети	10	34	56
5	Имерети	50	27	23
6	Самегрело	79	11	10
7	Ачара	30	43	27

Следует отметить, что поиск ответа на поставленные вопросы упирается в нерешенность проблем как методического, так и информационного характера. Тем не менее, при некоторых допущениях, осуществлена попытка установить народнохозяйственную ценность сельскохозяйственных угодий страны в первом приближении.

В основу расчета положен следующий алгоритм. Исходным пунктом является определение народнохозяйственной ценности земли [4], рассчитываемой по формуле:

**НОВЫЙ ПОДХОД К МЕТОДОЛОГИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ
ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ГРУЗИИ**

$$R = \frac{jm}{SE}, \quad (1)$$

где R – народнохозяйственная ценность земель в среднем по стране, лари/га;

m – созданный в общественном производстве страны прибавочный продукт, лари/год;

S – земельный фонд страны, га;

j – коэффициент, характеризующий вклад земли как фактора производства в величину прибавочного продукта ($0 \leq j \leq 1$);

E – норматив учета фактора времени (норма дисконта), 1/год.

Для того чтобы перейти от народнохозяйственной ценности единицы площади всех земель, входящих в S , к народнохозяйственной ценности конкретных категорий земель, рассчитывается народнохозяйственная ценность относительно худших по качеству и местоположению земель сельскохозяйственного назначения. Составляются следующие балансовые уравнения:

$$\begin{aligned} S_{сху} R_{сху} + S_{np} R_{min} &= RS, \\ R_{сху} K_{min} &= R_{min}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $S_{сху}$ – площадь сельскохозяйственных угодий в стране, га;

S_{np} – площадь всех остальных категорий земель в стране, га;

S – земельный фонд страны, определяемый по формуле $S = S_{сху} + S_{np}$, га;

$R_{сху}$ – народнохозяйственная ценность сельскохозяйственных угодий страны, лари/га;

R_{min} – народнохозяйственная ценность относительно худших по качеству и местоположению земель сельскохозяйст-

венного назначения, рассчитываемая по формуле:

$$R_{min} = \frac{S}{S_{сху} + S_{np} + K_{min}}, \quad (3)$$

где K_{min} – наименьший в стране коэффициент региональной дифференциации качества сельскохозяйственных угодий, определяемый по формуле:

$$K_{min} = B / B_{min}, \quad (4)$$

где B_{min} – наименьший в стране средневзвешенный балл оценки качества сельскохозяйственных угодий;

B – средневзвешенный балл оценки качества сельскохозяйственных угодий.

Народнохозяйственная ценность земель сельскохозяйственного назначения рассчитывается по формуле:

$$R_{сх} = R_{min} + (R - R_{min}) \frac{S}{S_{сх}}, \quad (5)$$

где $R_{сх}$ – народнохозяйственная ценность земель сельскохозяйственного назначения в стране, лари/га;

$S_{сх}$ – площадь земель сельскохозяйственного назначения в стране, га.

Народнохозяйственная ценность сельскохозяйственных угодий рассчитывается по формуле:

$$R_{сху} = R + (R - R_{min}) \frac{S_{np}}{S_{сху}}, \quad (6)$$

Подставляя соответствующие значения (данные 2008 года) в формулы (1, 3, 5, 6), получаем искомые значения народнохозяйственной ценности различных категорий земель (таблица 2).

Таблица 2

Народнохозяйственная ценность земель Грузии

№	Наименование категорий земель	Площадь, га	Народнохозяйственная ценность, лари/га
1	2	3	4
1	Общая территория страны	6 949 400	2376
2	Относительно худшие по качеству и местоположению земли	6 111 400	913
3	Земли сельскохозяйственного назначения	2 632 400	4775
4	Сельскохозяйственные угодья	838 000	13045

Как видно из таблицы 2, экономическая ценность одного гектара сельскохозяйственных угодий Грузии составляет 13,0 тыс. лари, что по сравнению аналогичным показателем, рассчитанным на примере Российской Федерации больше в 15 раз [4]. Столь значительная ценность площадей угодий страны выдвигает необходимость не только их высокоэффективного использования, но и экологи-

чески безопасного, устойчивого функционирования всех отраслей национальной экономики. Что же касается сложившейся тенденции уменьшения площадей обрабатываемых угодий, то это явление, безусловно, временное, связанное с трудностями формирования рынка сельскохозяйственных продуктов в стране.

ВЫВОДЫ

В настоящее время на одного жителя страны приходится 0,19 га площади угодий, в том числе пашни – 0,1 га. Столь низкая обеспеченность земельными ресурсами усугубляется систематическим уменьшением площадей сельскохозяйственных угодий. Исключительно негативная ситуация сложилось и с использованием орошаемых земель. Так, несмотря на то, что орошение являясь долгосрочным и достаточно капиталоемким фактором повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий, в конечном счете, обеспечивает снижение значимости фактора физической ограниченности земельных ресурсов, становится все менее востребованным.

С целью выявления количественной оценки влияния орошения на эффективность

сельского хозяйства Грузии рассмотрена зависимость эффективности сельскохозяйственного производства от обеспеченности землепользователей производственными фондами, количества внесенных минеральных удобрений и удельного веса орошаемых сельскохозяйственных угодий в общей площади угодий хозяйства. Количественный анализ показал, что орошение является существенным фактором повышения результативности сельского хозяйства Грузии.

Положив в основу расчета алгоритм, исходным пунктом которого является определение народнохозяйственной ценности земли страны, была установлена народнохозяйственная ценность одного сельскохозяйственных угодий в размере 13,0 тыс. лари.

Литература

1. **Алексеев Г.А.** Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. Л., Гидрометиздат, 1971 г.
2. **ვართანოვი მ.** საქართველოს წყლის რესურსების გამოყენების ეკონომიკური ეფექტიანობა. //თბილისი, საერთაშორისო სამართლისა და მართვის ქართულ-ბრიტანული უნივერსიტეტი, სამეცნიერო შრომათა კრებული , ტ.II, 2009 წ.
3. **ვართანოვი მ., სტურუა თ.** ბუნებათსარგებლობის ეკონომიკა (მონოგრაფია). თბილისი, საქართველოს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი, 2011 წ.
4. **Рабинович Б.М.** Экономическая оценка земельных ресурсов и эффективности инвестиций. М., "Филинь", 1997 г.

მდინარე ხადის-ხევის ჰიდროლოგია და ჰიდრობრაფია

ივანე ზაკაიძე

E-mail: ivane.zakaidze@mail.ru

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

შესავალი

კავკასიონის მთავარი ქედის კალთებიდან გამომდინარე მთიულეთის (თეთრი) არაგვი გზადაგზა გუდამაყრის (შავი) არაგვის, ფშავისა და ხევსურეთის არაგვის წყლებს იერთებს. მანამდე კი მას სათავესთან არაერთი

შენაკადი ერთვის, რომლებიც პატარა ხეობებს ქმნიან. ერთ-ერთი ასეთი მარცხენა შენაკადია თორმეტოდუე კმ სიგრძის მდინარე ხადის-ხევი, რომელიც წყალუხვობით გამოირჩევა.

ძირითადი ნაწილი

მდინარე ხადის-ხევი ალპური მდელოებიდან იღებს სათავეს და სოფელ ქვეშეთთან უერთდება მთიულეთის (თეთრი) არაგვს. მისი აუზის ფართობი 18,8 კმ²-ია. გარემო მრავალფეროვანია. მდინარის მარჯვენა და მარცხენა კლდოვან ნაპირებს ალაგ-ალაგ გაშლილი ველები ენაცვლება ხვეული აღმართებით. ორივე ნაპირის ფერდობებზე სათიბებით აჭრელბული ალპური მდელოებია, რომლებიც შეიძლება ფერმერული მეურნეობებისათვის იქნეს გამოყენებული. განსაკუთრებით შთამბეჭდავია ჩრდილოეთის მხრიდან მდინარის ხეობის ჩამკეტი ქედი და მილიონას უღელტეხილი [1]. ამ უღელტეხილის კალთებიდან იღებს სათავეს მდინარე ხადის-ხევი (ნახ.1).

როგორც აღვნიშნეთ მდინარე ალპური მდელოებიდან იღებს სათავეს. ეროზიული პროცესების გამო ფერდობები დახრამული და დანაწევრებულია. აქ ზამთარში თოვლის საფარის სიმაღლე 5-6 მეტრს აღწევს და მთელი ზაფხულის განმავლობაში ვერ ასწრებს გადნობას. ამ ხეობის 80% თოვლის ზვავეების სამოქმედო ასპარეზია, რომელთაც დიდი მატერიალური ზარალი და მსხვერპლი მოაქვს მთის მოსახლეობისათვის. ბუნების ეს სტიქია არანაკლებ საშიშია, ვიდრე ქარიშხალი, წყალდიდობა, ხანძარი ან მიწისძვრა. მდინარეს ახასიათებს წყალდიდობები და წყალმოვარდნები, რომლის დროსაც ადგილი

აქვს მდინარის კალაპოტის დეფორმაციას, ნაპირების და ფერდობების გარეცხვა-ჩამონგრევას, სათესი სავარგულების დატბორვას და სხვა. რაც ძირითადად მდინარის ქვემო წელში, დაბლობ ხეობაში აღინიშნება. ამ კატასტროფული მოვლენების გამომწვევი მიზეზები ინტენსიური ატმოსფერული ნალექები და თოვლის დნობაა.

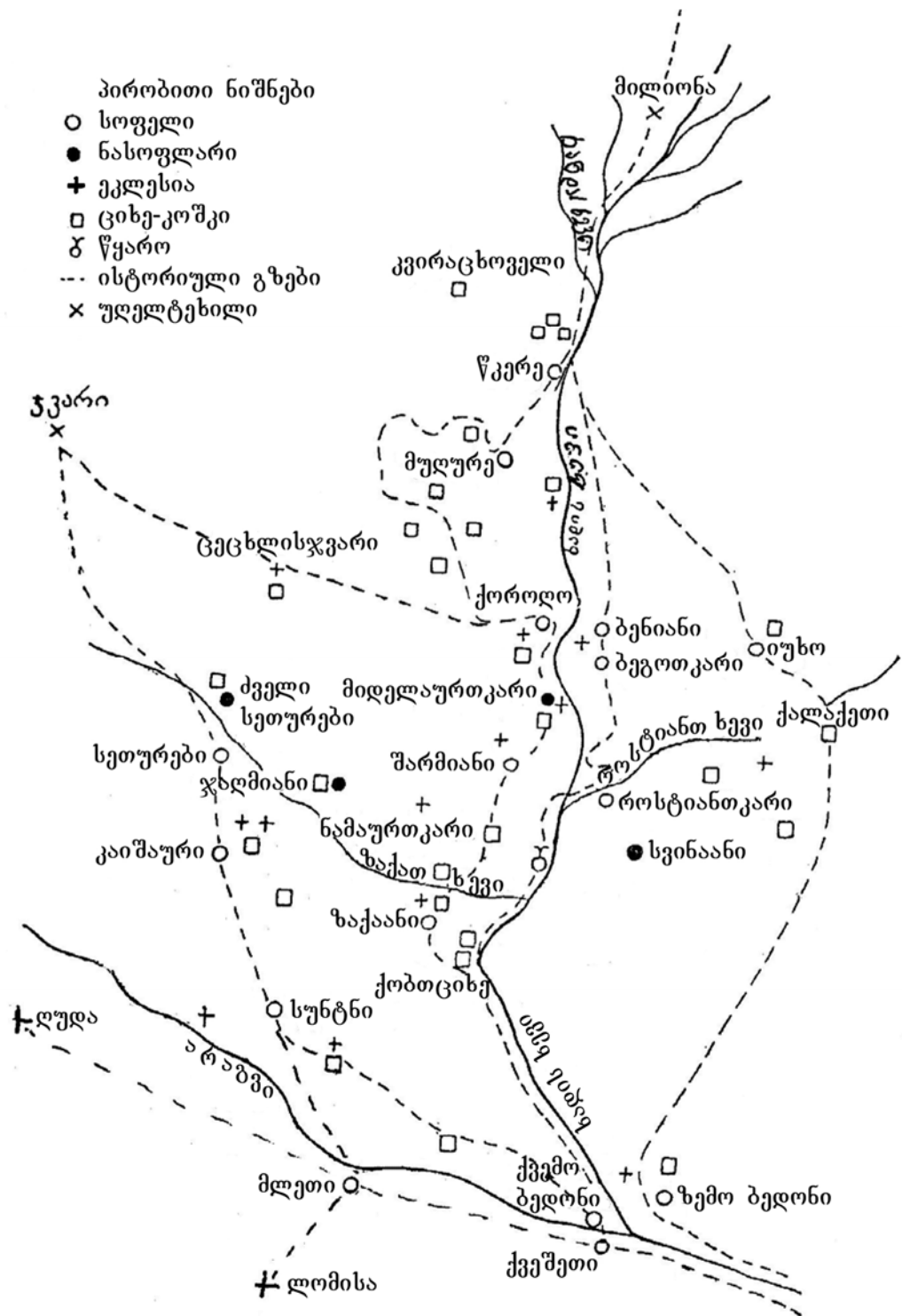
ზაფხულის პერიოდში უხვი ატმოსფერული ნალექების და თოვლის ზვავეების ინტენსიური დნობის დროს ხდება ზვავეების ჩავარდნა (ჩახერგვა) მდინარის კალაპოტში. ეს იწვევს მდინარის შეტბორვას (შეგუბებას) და წყალმოვარდნებს, რაც საფრთხეს უქმნის დასახლებულ პუნქტებს აღნიშნულ პერიოდში.

წყალდიდობებსა და წყალმოვარდნებს ზაფხულის პერიოდში მაქსიმალური ხარჯებიც ადასტურებს (ცხრ. 1). მაქსიმალურ ხარჯებს ადგილი აქვს თოვლის დნობისა და თავსხმა წვიმების დროს, განსაკუთრებით კი, როდესაც თოვლის ინტენსიურ დნობას თან სდევს ძლიერი წვიმები [2]. გარდა აღნიშნულისა მაქსიმალური ხარჯები რთული ბუნებრივი პროცესია და განიცდის აუზის ფიზიკურ-გეოგრაფიული ფაქტორების გავლენას [3], რაც შეეხება მინიმალურ ხარჯებს იგი ზამთრის პერიოდს განეკუთვნება (ცხრ.1).

მდინარის სათავიდან ორ კილომეტრში ხადის-ხევის ერთვის მარჯვენა შენაკადი-ხანდას ხევი (ნახ.1), რომელიც გამოკვეთილ

კლდოვან ქანებში მოედინება. შესართავთან ახლოს მდინარე ხადის-ხევის უღამაზესი ჩანჩქერია, შემდეგ მდინარე გაივლის სოფ. წკერას, რომელიც მდინარის მარჯვენა სანაპიროზე მდებარეობს და ხეობის ყველაზე მაღალი სოფელია. ამ სოფელში 1958 წელს მაშინდელმა ჰიდრომეტსამსახურმა გახსნა

მეტეოროლოგიური სადგური და ჩამონადენის მოედანი, სადაც ინტენსიურად მიმდინარეობდა დაკვირვებები ჰიდრომეტეოროლოგიურ ელემენტებზე. პერიოდულად ხდებოდა თოვლის საფარის სიმაღლის აგეგმვა და წყლის მარაგის განსაზღვრა წყალშეკრები აუზის თოვლის საფარში.



ნახ. 1. მდინარე ხადის - ხევის სქემა

ცხრილი 1

მდინარე ხადის ხევის საშ. წლიური, მაქსიმალური და მინიმალური ხარჯები სოფ. წკერასთან

წლები	საშ. წლიური, მ ³ /წმ	მაქსიმალური, მ ³ /წმ	მინიმალური, მ ³ /წმ
1959	1,17	8,90. 7.08	0,25. 13.02
1960	0,89	9,65. 12.07	0,35. 20.01
1961	0,65	4,20. 5.08	0,20. 28.02
1962	0,80	7,85. 2.08	0,25. 3.01
1963	0,94	4,57. 16.06	0,16. 6.12
1964	0,95	3,75. 9.07	0,14. 29.02
1965	0,50	11,4. 8.08	0,16. 30.01
1966	0,48	11,1. 9.06	0,17. 23.02
1967	1,11	12,0. 17.08	0,25. 16.01
1968	1,66	7,63. 9.09	0,43. 16.01

მეტეოსადგურმა და ჩამონადენის მოედან-მა ფუნქციონირება დიდხანს ვერ გააგრძელა – დაიხურა. დარჩა ჰიდროლოგიური საგუნდო, სადაც ხდებოდა დაკვირვებები ჰიდროლოგიურ ფაქტორებზე და რომელმაც დიდხანს ვერ იარსება.

მდინარის მარცხენა სანაპიროზე პლატოს სამხრეთით ხეუდი გზებია. ერთ-ერთ მოსახვევთან გზა ხევში ჩაფლულ პატარა სოფელთან, როსტიანთკართან გაივლის. გზასა და სოფელს შორის ხევი ჩამოდის, რომელსაც როსტიანთ ხევი ეწოდება. ეს ხევი გზის მოსახვევთან ახლოს ჩანჩქერს ქმნის (ფოტო 1).

უხვი ატმოსფერული ნალექების დროს ამ ხევეზე ხშირად ადგილი აქვს სტიქიურ და ღვარცოფულ მოვლენებს, რასაც გამოიხიდვის კონუსიც ადასტურებს.



ფოტო 1. როსტიანთ ხევის ჩანჩქერი



ფოტო 2. მდ. ხადის ხევის მინერალური წყალი



ფოტო 3. მდინარე ხადის-ხევის ხედი მინერალურ წყალთან

1967 წელს ამ ხევაზე ადგილი ჰქონდა ღვარცოფულ მოვლენას, რომელმაც გადაკეტა სავალი გზა, მთლიანად ხადის-ხევი და საფრთხე შეუქმნა თეთრი არაგვის პირას მდებარე სოფელს. საბედნიეროდ სპეციალისტების მიერ დროულად გატარებული ღონისძიებების შედეგად მსხვერპლს ადგილი არ ჰქონია.

უფრო სამხრეთით მდინარის მარჯვენა სანაპიროსთან გარდი-გარდმო გაწოლილი კლდეა, რომლის ძირში საუცხოო მინერალური წყალი გამოდის (ფოტო 2), ამ წყალს ადგილობრივი მოსახლეობა ვეძას ეძახის, რაც ძველ ქართულში ბუნებრივ მუავე წყალს ნიშნავს [1]. აქვე მოცემულია მდ. ხადის-ხევის ხედი მუავე წყალთან (ფოტო 3).

მუავე წყლის შემდეგ გზა მდინარის მარჯვენა სანაპიროზე გადის, აქ მთავრდება ალპური ზონა, აქედან მდინარე ხადის-ხევის

მარცხენა სანაპიროს ფერდობები დაბურულია ხშირი ფოთლოვანი ტყეებით, ხოლო მარჯვენა სანაპირო კლდოვანი ქანებით არის დანაწევრებული. მდინარე ვაკეზე მიედინება და კალაპოტი ფართოვდება.

მუავე წყლიდან 500 მეტრში მდინარის მარჯვენა სანაპიროზე ზაქათხევი ჩამოედინება (ნახ. 1). გამოზიდვის კონუსი მიგვანიშნებს, რომ ეს ხევიც ღვარცოფული მოვლენებით ხასიათდება.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ ალპური ზონის დამთავრების შემდეგ მდინარის კალაპოტი ფართოვდება. იგი გაივლის სოფელ ბედონს და უერთდება თეთრ არაგვს სოფელ ქვეშეთში. ეს მდინარე ტიპური მთის მდინარეა და შეიძლება გამოყენებული იქნეს მცირე ჰესების მშენებლობისათვის, რაც ადრე ენერგეტიკოსების ყურადღების ცენტრში იყო მოქცეული.

დასკვნები და რეკომენდაციები

1. მდინარე ხადის-ხევი თეთრი არაგვის მარცხენა სანაპიროს ერთ-ერთი უდიდესი შენაკადია, როლის აუზის ფართობი 18,8 კმ²-ია, ხოლო მდინარის სიგრძე თორმეტიოდე კმ-ია.
2. მდინარე შეიძლება გახდეს წყალდიდობებისა და ღვარცოფული პროცესების კვლევის ობიექტი და მოითხოვს განსაკუთრებულ

- შესწავლას, რაც დღემდე არ ხორციელდება.
3. თავისი გეოგრაფიული მდებარეობით მდინარე შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს მცირე ჰესების მშენებლობისათვის, ხოლო მდინარის ალპური ველები ფერმერული მეურნეობებისათვის

ლიტერატურა

1. გვასალია ვ., გიორგაძე მ., სურამელია-შვილი მ., ჭურღულია დ. ხადის ხეობა, თბილისი, 1989, 51 გვ.
2. მირცხულავა ც. წყალდიდობები და მასთან ბრძოლა. „ცოდნა“, თბილისი, 1987, 31 გვ

3. ცანავა ლ., დადიანი ქ. ბუნებრივი სტიქიები მდინარე არაგვის ღვარცოფულ შენაკადებზე. //წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული, №63, თბილისი, 2007, 201-207 გვ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ НА ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ МТКВАРИ ГЭС

Тевзадзе Т.В.,¹ Бахтуридзе С.Б.,² Поцхверия Д.Ш.,¹ Биланишвили Л.Б.¹

¹ Институт водного хозяйства Грузинского технического университета
пр. И.Чавчавадзе, 60, г. Тбилиси, Грузия

² ООО "Мтквари Гес"
пр. И.Чавчавадзе, 74, г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Целью исследовательских работ являлось проведение лабораторных геотехнических испытаний грунтов 5 карьеров и выявление из них наиболее перспективных, пригодных для отсыпки водонепроницаемых элементов плотины (ядро, зуб, понур).

Среднемесячная температура в районе строительства изменяется от -22°C до $20,3^{\circ}\text{C}$ и в среднем составляет $9,4^{\circ}\text{C}$, среднее количество осадков – от 25 мм до 81 мм и за год составляет 520 мм, самое раннее появление снежного покрова – 24 октября, самое позднее – 13 января, дата образования устойчивого снежного покрова – 22 ноября, а дата схода снежного покрова – 2 марта 27 апреля соответственно, средняя годовая скорость ветра 2 м/с, количество среднего числа с грозой за год – 47. Исследуемая территория района работ характеризуется двумя основными типами рельефа – предгорным и горным. Она с востока ограничена Абулсамсарским, с юга Джавахетим хребтами, с запада Ахалкалакским плато.

Территория расчленена глубокими промоинами и ущельями. Самыми значительными из них являются Куринская, Параванская и Чобаретская. Куринское ущелье разделяет территорию на две части. На исследуемой территории распространено множество сухих оврагов, которые во время дождей и таяния снегов приходят в действие. Горная часть рельефа характеризуется максимальными аб-

солютными отметками равными 1550-2000 м, а предгорная часть, в основном, находится в пределах отметок 800-1500м. Отметки рельефа уменьшаются в северо-восточном направлении.

Основной артерией гидрографической среды является р. Кура со своими притоками Паравани, Чобарети, Отасу, Чихириши, Лашис-хеви и др. Среди притоков р. Куры самым значительным является р. Паравани, которая, прорезая Ахалкалакское плато, протекает в молодых лавовых отложениях, образуя глубокое каньонообразное ущелье.

Ущелье р. Куры приурочено к глубокому тектоническому разлому, который проходит на границе сопряжения Ахалцихской плато с Ахалцихской депрессией. На этом участке ущелье р. Куры представляет глубокий каньон. В дальнейшем, ниже по течению она образует более широкую долину.

Участок строительства плотины расположен в Аспиндзском административном районе в трех километрах от с. Рустави и в 6-7 километрах от районного центра Аспиндза в ущелье р. Куры.

По тектоническому районированию территории Грузии Аспиндзский район расположен на трех структурах: Ахалцихская депрессия, Аджаро-Триалетская складчатая система и Артвино-Болнисская глыба.

Район работ характеризуется сложным геологическим строением. Здесь распространены

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ НА ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ МТКВАРИ ГЭС

самые старые – меловые и самые молодые – четвертичные породы.

На территории Аспиндзского района выделены следующие водоносные комплексы и горизонты:

– водоносный комплекс нижнечетвертичных оливиновых долеритов (βQ_4). Они встречаются на склонах ущелья р. Паравани. Характеризуются малыми дебитами 0.1-0.2 л/с, слабо минерализованы и принадлежат гидрокарбонатно-кальциево-магниевому типу;

– горизонт андезитов-базальтов и долеритов ($N_2^2 - Q_4$). На территории района эти породы представлены в виде лавовых покровов, разгрузка которых происходит в ущелье р. Куры и Паравани. Выходы этих вод в виде

родников встречаются у с. Бавра. Их дебит колеблется в пределах 1-4 л/с. Тип воды гидрокарбонатно-кальциево-магниевый;

– водоносный комплекс андезитовых, андезитно-дацитовых и липаритовых лав (dN_2^1) – кисатибская свита. Родники комплекса – среднедебитные (3-5 л/с). Их разгрузка происходит в ущелье р. Куры и Паравани; воды слабо минерализованы, тип – кальциево-гидрокарбонатно-магниевый;

– водоносный комплекс ($N_1^3 - N_2^1$). Этот комплекс распространен в Аспиндзском районе, на территории с.с. Вардзии, Хертвиси и Накалакеви. Их дебит составляет 0.2-0.7 л/с. Тип – кальциево-гидрокарбонатно-магниевый.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Глинистые грунты, предназначенные для укладки в противофильтрационных элементах (ядро, зуб и т.д.) плотины, распространены в карьерах №1, №2 и №3. Их добыча целесообразно, как в количественном, так и в качественном отношении из карьеров №1 и №2. Однако следует отметить, что глинистые грунты карьера №3 характеризуются с большим количеством (40-50%) включений обломочно-глыбового материала вулканогенных пород, размеры которых, при обработке карьера требует выборочной экскавации, что значительно усложнит и удорожит добычу. Материал с такими негабаритными включениями ($d = 0,5 \div 1,2$ м) неприемлем для укладки и уплотнения грунтов тела плотины [1÷6]. По данным полевых инженерно-геологических исследований (скважина 1-10) глинистые грунты карьера №1 имеют мощность 4,7-18 м и в среднем составляют 9,5 м, а на карьере №2 по данным скважин №№11÷16 и шурфов №№1÷9 – 3,0 м.

Ниже представлены данные расчетных показателей результатов геотехнических исследований глинистых грунтов карьера №1 и №2.

Карьер №1

Глины темно-коричневого, желтоватого, реже желтовато-сероватого цвета, пылеватые

маловлажные, твердой консистенции, с включением щебня и дресвы, в некоторых скважинах у подошвы (до 0,5-1,0 м) загипсованы. Ниже приводятся геотехнические показатели:

- В естественном состоянии:

– влажность W^p %, при условии обеспечения α :

$$\alpha = 0,85 \quad W^p = 13,44 - 12,16;$$

$$\alpha = 0,95 \quad W^p = 13,32 - 11,77;$$

$$\alpha = 0,99 \quad W^p = 14,46 - 11,3;$$

– плотность минеральных частиц ρ_s^p г/см³, при условии обеспечения α :

$$\alpha = 0,85 \quad \rho_s^p = 2,71 - 2,70;$$

$$\alpha = 0,95 \quad \rho_s^p = 2,714 - 2,705;$$

$$\alpha = 0,85 \quad \rho_s^p = 2,71 - 2,70;$$

– Плотность скелета ρ_d^p г/см³, при условии обеспечения α :

$$\alpha = 0,85 \quad \rho_d^p = 1,71 - 1,70;$$

$$\alpha = 0,95 \quad \rho_d^p = 1,74 - 1,69;$$

$$\alpha = 0,99 \quad \rho_d^p = 1,76 - 1,69.$$

- При максимальной плотности:

– влажность W_{opt}^p %, при условии обеспечения α :

$$\alpha = 0,85 \quad W_{opt}^p = 20,88 - 19,5;$$

$$\alpha = 0,95 \quad W_{opt}^p = 21,37 - 19,02;$$

$$\alpha = 0,99 \quad W_{opt}^p = 22,05 - 18,34.$$

– плотность скелета ρ_d^{\max} г/см³, при условии обеспеченности α :

$$\alpha = 0,85 \quad \rho_d^{\max} = 1,74 - 1,69;$$

$$\alpha = 0,95 \quad \rho_d^{\max} = 1,76 - 1,67;$$

$$\alpha = 0,99 \quad \rho_d^{\max} = 1,78 - 1,65.$$

– Модуль деформации с учетом коэффициента m_k , на участке компрессионной кривой $\rho = 1-2$ кгс/см², при условии обеспеченности α :

а) при оптимальной плотности-влажности, E_{opt}^p – кгс/см²

$$\alpha = 0,85 \quad E_{opt}^p = 248,6 - 191,40;$$

$$\alpha = 0,95 \quad E_{opt}^p = 270,6 - 169,40;$$

$$\alpha = 0,99 \quad E_{opt}^p = 169,4 - 138,60.$$

б) то же в водонасыщенном состоянии:

$$\alpha = 0,85 \quad E_w^p = 162,7 - 125,2;$$

$$\alpha = 0,95 \quad E_w^p = 177,1 - 112,3;$$

$$\alpha = 0,99 \quad E_w^p = 197,2 - 90,7.$$

• Прочностные показатели:

– угол внутреннего трения, в градусах:

а) при оптимальной плотности-влажности, φ_{opt}^0 – 18°42′,

б) то же в водонасыщенном состоянии, φ_w^0 – 10°45′.

– Сцепление, кгс/см²

а) при оптимальной плотности-влажности, $C_{opt}^p = 0,866$ кгс/см²,

б) то же в водонасыщенном состоянии, $C_w^p = 0,24$ кгс/см²,

– Расчетное сопротивление грунта, R_0 при показателе консистенции $J_L = 1$ и коэффициенте пористости $e = 0,581$, $R_0 = 3,0$ кгс/см².

– Содержание солей, в %:

легкорастворимых – 0,358,

среднерастворимых (гипс) – 1,046.

– Максимально допустимое заложение откоса выемки – $m = 1:0,75$.

– Категория грунтов по сейсмическим свойствам – II.

– Сейсмичность стройплощадки, с учетом сейсмичности района – 9 баллов.

– Категория разработки грунта должна быть подобрана согласно СНиП – II-2-28.

Карьер №2

Глины темно-коричневые, белесоватым оттенком, маловлажные, со щебнем и дресвой, твердой консистенции.

• В естественном состоянии:

– влажность W^p % при условии обеспеченности α :

$$\alpha = 0,85 \quad W^p = 11,84 - 10,55;$$

$$\alpha = 0,95 \quad W^p = 12,33 - 10,06;$$

$$\alpha = 0,99 \quad W^p = 13,10 - 9,29.$$

– Плотность минеральных частиц ρ_s^p г/см³, при условии обеспеченности α :

$$\alpha = 0,85 \quad \rho_s^p = 2,69 - 2,68;$$

$$\alpha = 0,95 \quad \rho_s^p = 2,69 - 2,68;$$

$$\alpha = 0,99 \quad \rho_s^p = 2,70 - 2,67.$$

– Плотность скелета ρ_d^p г/см³, при условии обеспеченности α :

$$\alpha = 0,85 \quad \rho_d^p = 1,70 - 1,66;$$

$$\alpha = 0,95 \quad \rho_d^p = 1,71 - 1,65;$$

$$\alpha = 0,99 \quad \rho_d^p = 1,74 - 1,62.$$

• При максимальной плотности:

– влажность W_{opt}^p %, при условии обеспеченности α :

$$\alpha = 0,85 \quad W_{opt}^p = 20,88 - 19,50;$$

$$\alpha = 0,95 \quad W_{opt}^p = 21,37 - 19,02;$$

$$\alpha = 0,99 \quad W_{opt}^p = 22,05 - 18,34.$$

– Плотность скелета ρ_d^{\max} г/см³, при условии обеспеченности α :

$$\alpha = 0,85 \quad \rho_d^{\max} = 1,74 - 1,69;$$

$$\alpha = 0,95 \quad \rho_d^{\max} = 1,76 - 1,67;$$

$$\alpha = 0,99 \quad \rho_d^{\max} = 1,78 - 1,65.$$

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ НА ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ
СТРОИТЕЛЬСТВА ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ МТКВАРИ ГЭС**

– Модуль деформации с учетом коэффициента m_k , на участке компрессионной кривой $p = 1-2$ кгс/см², при условии обеспеченности α :

а) при оптимальной плотности-влажности, E_{opt}^p – кгс/см²:

$$\alpha = 0.85 \quad E_{opt}^p = 248.6 - 191.40,$$

$$\alpha = 0.95 \quad E_{opt}^p = 270.6 - 169.4,$$

$$\alpha = 0.99 \quad E_{opt}^p = 169.4 - 138.6.$$

б) то же в водонасыщенном состоянии E_w^p – кгс/см²:

$$\alpha = 0,85 \quad E_w^p = 162,7 - 125,2;$$

$$\alpha = 0,95 \quad E_w^p = 177,1 - 112,3;$$

$$\alpha = 0,99 \quad E_w^p = 197,2 - 90,7.$$

– Расчетное сопротивление грунта, R_0 при показателе консистенции $J_L = 1$ и коэффициенте пористости $e = 0,601$, $R_0 = 3$ кгс/см² [4; 5].

– Содержание солей, в %:

легкорастворимых – 0,437,

среднерастворимых (гипс) – 1,215.

Максимально допустимое заложение откоса выемки – $m = 1:075$.

Исследования грунтов осуществлены на трех карьерах (карьер №1; №2; №3).

Исследования показали;

– на карьере №1 мощность полезного слоя глины находится в пределах 6,8-18,2 м и в среднем составляет $\approx 9,5$ м. Общий объем составляет 1035500 м³;

– геотехнические характеристики глинистых грунтов карьера №1 показывают, что они характеризуются: содержанием глинистой фракции 39,7%, дресвяно-щебенистых включений 6,32%, природной плотностью – 12,3%, плотностью минеральных частиц – 2,72 г/см², плотностью скелета – 1,72 г/см², числом пластичности – 18,8, твердой консистенцией, быстрой размокаемостью, деформацией свободного набухания 11,16% (средненабухающий) [4].

Их оптимальная влажность составляют 20,2%, а максимальная плотность скелета 1,72 г/см³. Деформационные характеристики

грунтов оптимальной плотности – влажности при вертикальных нагрузках $\rho = 0.5-0.6$ кгс/см² – 2,05 - составляет:

– относительная деформация, $\varepsilon_p = 0,011-0.06$,

– коэффициент уплотнения, $\alpha = 0,035-0,011$ см²/кгс⁻¹,

– лабораторный модуль деформации, $E_{лаб} = 19,5 - 82,8$ кгс/см²,

– модуль деформации с учетом коэффициента m_k в интервале нагрузки $\rho = 1-2$ кгс/см², – $E_{mk} = 220$ кгс/см².

В водонасыщенном состоянии эти показатели соответственно составляют:

– относительная деформация, $\varepsilon_p = 0.015-0.075$,

– коэффициент уплотнения, $\alpha = 0.046-0.011$ см²/кгс⁻¹,

– лабораторный модуль деформации, $E_{лаб} = 16,0 - 76,8$ кгс/см²,

– модуль деформации с учетом коэффициента m_k в интервале нагрузки $\rho = 1-2$ кгс/см², – $E_{mk} = 144$ кгс/см².

– Угол внутреннего трения, в градусах

$$\varphi_{opt}^{pac} = 18^\circ 42',$$

– то же в водонасыщенном состоянии,

$$\varphi_w^{pac} = 10^\circ 48',$$

– сцепление, $C^{pac} = 0,866$ кгс/см²,

– то же в водонасыщенном состоянии,

$$C_w^{pac} = 0.24 \text{ кгс/см}^2.$$

– коэффициент фильтрации K :

а) – $6,80 \cdot 10^{-7}$ см/с,

б) – $5,87 \cdot 10^{-4}$ м/сут.

– загипсованность и содержание легко растворимых солей не превышает 5%.

Согласно СНиП 2,06-05,84 "Плотины из грунтовых материалов" эти грунты допустимы для отсыпки в тело противифльтрационных элементов плотины [6].

– На карьере №2 по данным горных выработок мощности полезного слоя глинистых грунтов в среднем составляет – 3.0 м. Общий объем карьера глинистых грунтов составляет 235100 м³.

– Геотехнические характеристики глинистых грунтов карьера №2 характеризуются содержанием глинистой фракции – 30,79%,

дресвянно-щебнистых включений – 19,3%, природной влажностью 11,1%, плотностью минеральных частиц – 2,69 г/см³, плотностью скелета - 1,68 г/см³, числом пластичности – 19,3, твердой консистенцией, быстрой и очень быстрой размокаемостью, величиной свободного набухания – 0,8%. Их оптимальная влажность составляют 18%, а максимальная плотность скелета 1,73 г/см³. Деформационные характеристики грунтов оптимальной плотности – влажности при вертикальных нагрузках $\rho=0.5-0.6$ кгс/см² составляют:

- относительная деформация, $\varepsilon_p=0,012-0,065$,
- коэффициент уплотнения, $\alpha=0,037-0,007$ см²/кгс⁻¹,
- лабораторный модуль деформации, $E_{\text{лаб}} = 1860 - 9662$ кгс/см²,
- модуль деформации с учетом коэффициента m_k в интервале нагрузки $\rho=0,5-0,6$ кгс/см², – $E_{mk} = 174$ кгс/см².

В водонасыщенном состоянии эти показатели соответственно составляют:

- относительная деформация, $\varepsilon_p=0,015-0,076$;
- коэффициент уплотнения, $\alpha=0,046-0,008$ см²/кгс⁻¹;
- лабораторный модуль деформации, $E_{\text{лаб}} = 13,7 - 91,3$ кгс/см²;
- модуль деформации с учетом коэффициента m_k в интервале нагрузки $\rho=1-2$ кгс/см²,

– $E_{mk} = 162$ кгс/см²;

– угол внутреннего трения, в градусах $\varphi^{pac} = 14^{\circ}36'$;

– то же в водонасыщенном состоянии, $\varphi_w^{pac} = 13^{\circ}10'$;

– сцепление, $C^{pac} = 0,66$ кгс/см²

– то же в водонасыщенном состоянии, $C_w^{pac} = 0,158$ кгс/см²

– коэффициент фильтрации K :

а) – $8,85 \cdot 10^{-7}$ см/с,

б) – $7,64 \cdot 10^{-4}$ м/сут

– Карьер №3 был разведан шурфами по всему параметру распространения глинистых грунтов. Следует отметить, что глинистые грунты характеризуются с большим количеством (40-50%) включением обломочно-глыбового материала и вулканогенных пород, размеры которых, при обработке карьера требует выборочной экскавации. Материалы с такими негабаритными включениями ($d = 0,5-1,2$ м) неприемлемы для укладки и уплотнения грунтов тела плотины.

– Исследование гравенисто-галечниковых грунтов, предназначенных для укладки в упорные призмы и переходящие зоны тела плотины, маломощные (до 1,0 м) и не могут удовлетворить требуемые объемы.

РЕКОМЕНДАЦИИ

– Результаты исследований глинистых грунтов карьера №1 показали, что количество и объемы этого месторождения полностью удовлетворяют потребности для отсыпки противофильтрационных элементов (ядро, зуб) тела плотины. Одновременно с этим он наиболее близко расположен к месту строительства, груженная возка будет осуществляться по склону, выгодны и рельефные условия для разработки карьера[6].

– Природная влажность карьерных грунтов составляет $W_{\text{прир}}=12,8\%$, а оптимальная влажность $W_{\text{прир}}=20,2\%$. С целью обеспечения качественной укладки грунтов в тело со-

оружения, при строительстве методом послойной укатки, необходимо их доувлажнение. Это может быть исключено при укладке грунтов методом отсыпки в воду [3, 6].

– Началу строительства по отсыпке грунтов в тело плотины должно предшествовать разработка технической инструкции по производству работ.

– Для выбора любого метода строительства и разработки технологических элементов необходимо осуществить опытную (желательно в пределах контура) отсыпку [2].

– На строительстве необходимо создание геотехнической службы, выполняющую

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ НА ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ МТКВАРИ ГЭС

проверку обеспечения тех величин характеристик (состава, физических, деформационных, прочностных и фильтрационных) грун-

тов, которые были приняты в расчетах проектирования плотины в соответствии с технологией строительства [2].

Литература

1. Отчет. О.О.О. "Геотех" по детальному исследованию карьеров стройматериалов, предназначенных для отсыпки в тело плотины „Мтквари ГЭС“, Тбилиси, 2016.
2. Руководство по контролю качества возведения плотины из грунтовых материалов, П-42-75 ВНИИГ, Ленинград, 1971.
3. Пособие к проектированию основания зданий и сооружений (СНиП 2.0201-83).
4. Грунты, ГОСТ 25100-82.
5. Грунты. Метод местной обработки результатов определения характеристик. ГОСТ 20.522-73.
6. Плотины из грунтовых материалов. СНиП 2.06.05-84.
7. **Тевзадзе Т.** Качественно–количественная оценка геотехнических характеристик грунтов земляного гидротехнического сооружения. //Труды международной конференции по русловым проблемам, гидравлике трубопроводного транспорта, гидротехнических сооружений и вопросам гидроэнергетики (РП СТГ), Тбилиси, 2000.

УСТАНОВЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ И ОПТИМАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ГАЛЕЧНИКОВ ПУТЕМ ИХ ОПЫТНОЙ ОТСЫПКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОДОСБОРНОЙ ПЛОТИНЫ МТКВАРИ ГЭС

Тевзадзе Т.В.,¹ Бахтуридзе С.Б.,² Канделаки С.К.,³ Поцхверия Д.Ш.,¹
Омсарашвили Г.Г.,¹ Биланишвили Л.Б.¹

E-mail: goomsarashvili@mail.ru

¹ Институт водного хозяйства Грузинского технического университета
пр. И.Чавчавадзе, 60, г. Тбилиси, Грузия

² ООО "Мтквари Гес"
пр. И.Чавчавадзе, 74, г. Тбилиси, Грузия

³ ООО "Геол-сервис плюс"
ул. Вашадзе 43, г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Пробы грунтов, предназначенных отсыпке в упорные призмы водоподпорной плотины Мтквари ГЭС, отобраны из правобережной террасы р. Мтквари, расположенной в непосредственной близости от строительства.

Характеристики состава установлены ситовым методом, природная плотность в есте-

ственном состоянии – методом лунки, расчетные показатели максимальной плотности – оптимальной влажности по Британскому стандарту BS 1377, ч.4.1990. Уплотнение грунтов осуществлялось в приборе ручным молотом, весом 4,5 кг, в три слоя, при 5 градациях влажности, по 27 ударов на каждый слой.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Результаты анализов гранулометрического состава проб галечников с правобережной террасы р. Мтквари показывают, что содержание валунов составляет – 18.46%, гальки – 61.51%, гравия – 10.27%, песка – 6.25%, пыли – 1.80%, глины – 1.2%. Общее содержание крупнообломочной фракции (валуны, галька, гравий) равно 90,76%, а мелкодисперсной (песок, пыль, глина) – 9.24%. Главенствующую роль по содержанию частиц заполнителя 67.6% играет песок, поэтому, согласно ГОСТ 25100-82, исследуемый грунт классифицируется как галечник с валунами с песчаным заполнителем.

Природная влажность грунтов в карьере колеблется в пределах 3.83-6.19% и в среднем составляет $W_{\text{прир}} = 5.03\%$, плотность

минеральных частиц $\rho_s = 2,65 \text{ г/см}^3$, плотность влажного грунта $\rho = 2.01 \div 2.05$ (в среднем 2.03) г/см^3 , плотность скелета $\rho_d = 1.92 \div 1.93$ (в среднем 1.93) г/см^3 , пористость $n = 27.1\%$, коэффициент пористости $e = 0.373$, степень водонасыщения $S_r = 0.36$.

Плотность влажного грунта в разрыхленном состоянии $\rho^{\text{разр}} \approx 1.90 \text{ г/см}^3$, плотность скелета в разрыхленном состоянии $\rho_d^{\text{разр}} \approx 1.81 \text{ г/см}^3$, коэффициент разрыхления карьерного грунта при экскавации рассчитан по формуле:

$$K_{\text{РАЗР}} = \frac{\rho^{\text{разр.}}}{\rho^{\text{прир.}}}, \quad (1)$$

где $\rho^{\text{разр}}$ и $\rho^{\text{прир.}}$ – плотности грунта в

**УСТАНОВЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ И ОПТИМАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ
АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ГАЛЕЧНИКОВ ПУТЕМ ИХ ОПЫТНОЙ ОТСЫПКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
ВОДОСБОРНОЙ ПЛОТИНЫ МТКВАРИ ГЭС**

разрыхленном и в природном состояниях:

$$K_{разр.} = \frac{1.90}{2.03} = 0.93$$

Коэффициент уплотнения разрыхленного грунта при экскавации до проектной плотности рассчитан по формуле:

$$K_{упл} = \frac{\rho^{max}}{\rho^{разр}}, \quad (2)$$

где ρ^{max} – максимальная плотность грунта при оптимальной влажности.

$$K_{упл} = \frac{2.23}{1.90} = 1.17$$

Результаты обработки основных экспериментальных показателей физических характеристик методом вариационной статистики ГОСТ 20522-75, показывают, что природная влажность W при обеспеченности α доверительной вероятности составляет:

$$\alpha = 0.85 \quad W = 5.43 - 4.63$$

$$\alpha = 0.95 \quad W = 5.73 - 4.32$$

$$\alpha = 0.99 \quad W = 6.18 - 3.84$$

Плотность влажного грунта ρ_r при обеспеченности α доверительной вероятности составляет:

$$\alpha = 0.85 \quad \rho = 2.03 - 2.03$$

$$\alpha = 0.95 \quad \rho = 2.03 - 2.02$$

$$\alpha = 0.99 \quad \rho = 2.04 - 2.02$$

Установление максимальной плотности – оптимальной влажности галечников выполнено согласно Британскому стандарту BS 1377, часть 4 1990. Уплотнение осуществлялось в форме СБР тремя слоями, ручным молотом 4.5 кг по 27 ударов на слое. Результаты этих испытаний показывают, что оптимальная влажность меняется в пределах $W_{опт} = 4.14-5.0$ (в среднем 4.4) %, максимальная плотность $\rho_{опт} = 2.21-2.25$ (в среднем 2.23) г/см³. Максимальная плотность скелета 2.11-2.15 (в среднем 2.136) г/см³, пористость $n = 18.5-20.3$ (в среднем 19.4) %, коэффициент пористости 0.232-0.256 (в среднем 0.241), степень водонасыщения 0.46-0.53 (в среднем 0.48).

Согласно данным результатов обработки

основных геотехнических характеристик образцов оптимальной плотности – влажности методом вариационной статистики (ГОСТ 20522-75) расчетная оптимальная влажность при доверительной вероятности $\alpha=0.95$ составляет $W_{опт}^p = 4.60 - 4.11\%$. Максимальная плотность влажного грунта при доверительной вероятности $\alpha = 0.95$ равна $\rho_{донн}^p = 2.24-2.22$ г/см³. Максимальная плотность скелета $\rho_d^p = 2.15-2.12$ г/см³; коэффициент пористости $e^p = 0.242-0.240$.

Опытная отсыпка галечниковых грунтов осуществлялась из правобережной террасы р. Мтквари. Обработка грунта в карьере и погрузка выполнялась экскаваторами, а доставка автосамосвалами Торо 50+, с последующим выравниванием слоя до проектируемой толщины, бульдозером С-100. Уплотнение слоя осуществлялось вышеупомянутыми автосамосвалами, груженный вес которых составлял 70-75 тонн. Толщина слоев перед уплотнением составляло 0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7 м.

Количество проходки груженных самосвалов корректировалось данными геотехнических исследований качества динамики плотности. Документация динамики плотности основывалась на установлении веса грунта, изъятый из лунки и определении объема с помощью тонкой водонепроницаемой пленки и воды.

Каждый уплотненный слой документировался как минимум шестью лунками. Например, слой толщиной 0.3 м насчитывает 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 проходов, после каждого прохода осуществлялось 6 опробований, т.е. 42 определений плотности – влажности грунтов отсыпаемого слоя. К такому же опробованию подвергался слой толщиной 0.4 м. Слой толщиной 0.5-0.6 м подвергался по 48 опробования, а слой $H = 0.7$ м – $n = 54$ опробования.

Результаты этих опробований иллюстрируется графиком 8.

Слой толщиной 0.3 м уплотнялся 2-8 проходами. Средняя плотность, достигаемая 2-я проходами, составляет 2.14 г/см³, третья – 2.15 г/см³,

четырьмя проходами – 2.178 г/см³, пятью проходами - 2.19 г/см³, шестью проходами - 2.21 г/см³, семью проходами - 2.22 г/см³.

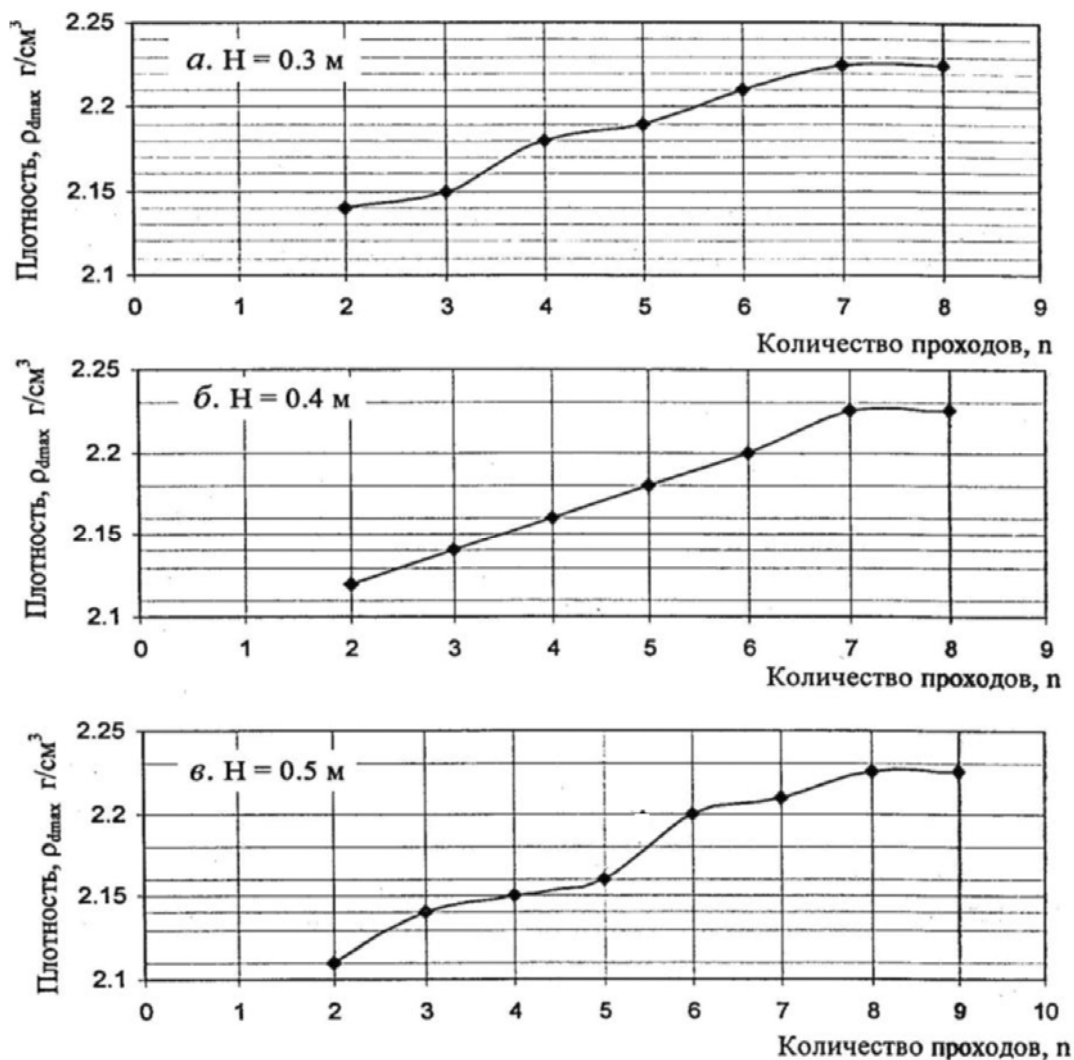
После восьмого прохода плотность не изменяется и составляет 2.22 г/см³. Данные этих опробований иллюстрируется графиком 8а. Как видно из этого графика максимальная плотность достигается при семи проходах и составляет $\rho=2.22$ г/см³.

Дальнейшее уплотнение не дает соответствующего эффекта. Материалы обработки основных экспериментальных и геотехнических показателей методом вариационной статистики (ГОСТ 20522-75) показывают также, что достижение результатов максимального уплотнения достигается при 7 проходах.

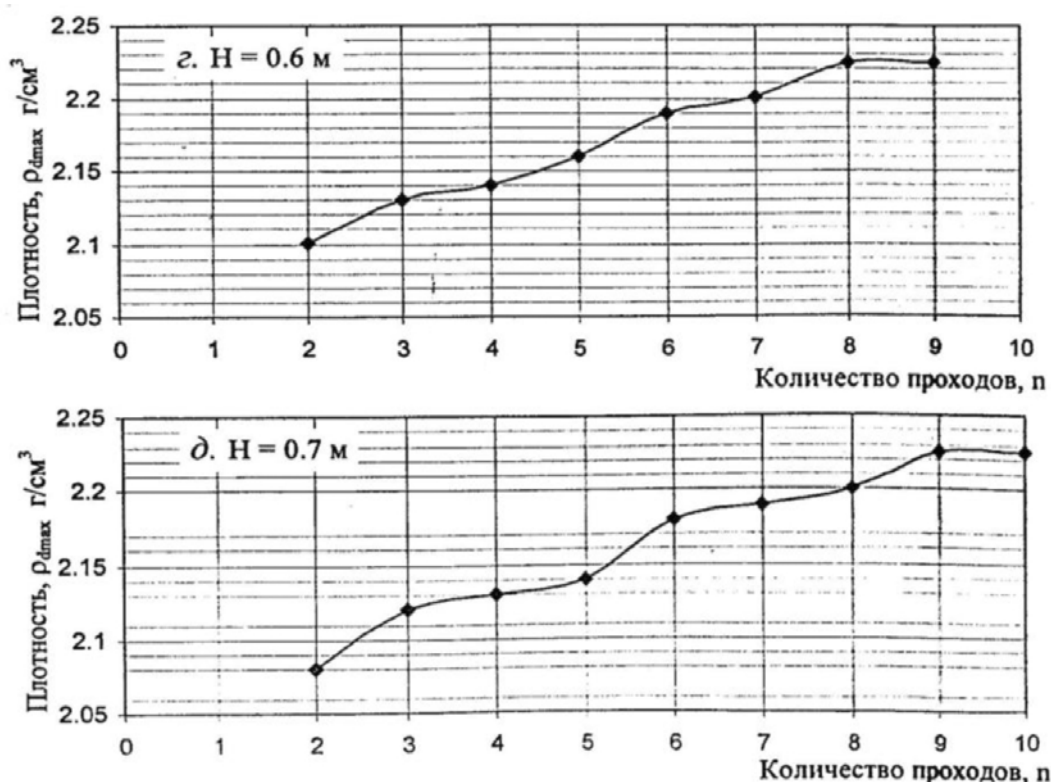
Аналогичные расчеты проведены для слоев (№2 Н = 0.4 м; №3 Н = 0.5 м; №4 Н = 0.6 м;

№5 Н = 0.7 м). Графические материалы динамики уплотнения этих слоев отражены на графиках 8б, 8в, 8г, 8д, согласно которым максимальная плотность $\rho_{\text{макс}}=2.22$ г/см³ в слое мощностью 0.4 м достигается семью проходами, в слое №3 – мощностью 0.5 м – семью проходами, в слое №4 мощностью 0.6 м также семью проходами, а в слое №5 мощностью 0.7 м – девятью проходами.

Учитывая потребность повышения темпа строительства в отсыпке упорных призм, экономичность строительства по минимизации проходов, для экономии горючесмазочных материалов и экономии людских ресурсов, для достижения проектной плотности следует принимать толщину слоя $h = 0.5-0.6$ м, а количество проходов $n = 7-8$.



**УСТАНОВЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ И ОПТИМАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ
АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ГАЛЕЧНИКОВ ПУТЕМ ИХ ОПЫТНОЙ ОТСЫПКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
ВОДОСБОРНОЙ ПЛОТИНЫ МТКВАРИ ГЭС**



**График 1. Графики динамики плотности разнотолщинных слоев
от воздействия уплотняющих механизмов**

ЗАКЛЮЧЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

– Максимальная плотность, достигаемая в лаборатории, после стандартного уплотнения (BS 1377 Part 4. 1990) при оптимальной влажности $\rho = 2.23 \text{ г/см}^3$.

– Максимальная плотность, достигаемая строителями при опытной отсыпке существующими уплотняющими средствами (Торо 50+), составляет 2.22 г/см^3 , при этом в слоях толщиной 0.3 м и 0.4 м она достигается после 7 проходов, в слоях толщиной 0.5-0.6 м – 8 проходами, а в слое толщиной 0.7 м – 9 проходами.

– В процессе опытной отсыпки валуны размерами $d > 0.3 \text{ м}$ изымались с территории карты уплотнения.

– При долговременном складировании в промежуточные кавальеры галечниковые грунты с песчаным заполнителем претерпевают высушивание, уплотнение которых затрудняется.

– Влажность карьерных грунтов близка к значениям оптимальной влажности.

– Нормативные характеристики образцов максимальной плотности, оптимальной влажности:

- Модуль деформации, $E_{опт}^H = 500 \text{ кгс/см}^2$;
- Угол внутреннего трения, $\phi_{опт}^H = 43^\circ$;
- Коэффициент трения, $tg\phi_{опт}^H = 0.9325$;
- Сцепление, $C_{опт}^H = 0.02 \text{ кгс/см}^2$;
- Тоже в водонасыщенном состоянии:
- Модуль деформации, $E_w^H = 450 \text{ кгс/см}^2$;
- Угол внутреннего трения, $\phi_w^H = 40^\circ$;
- Коэффициент трения, $tg\phi_w^H = 0.8392$;
- Сцепление, $C_w^H = 0.018 \text{ кгс/см}^2$.

– Расчетные показатели образцов максимальной плотности – оптимальной влажности:

- Модуль деформации, $E_{ОПТ}^{рас} = 450 \text{ кгс/см}^2$;
- Угол внутреннего трения, $\phi_{ОПТ}^{рас} = 35^\circ$;
- Коэффициент трения, $tg\phi_{ОПТ}^{рас} = 0.7293$;
- Сцепление, $C_{ОПТ}^{рас} = 0.012 \text{ кгс/см}^2$;
- Коэффициент фильтрации К:
 - см/с – $0.054 (5.4 \cdot 10^{-2})$;
 - м/сут – 50.11.
- Расчетное сопротивление $R_0 = 6 \text{ кгс/см}^2$.
- Категория грунта по сейсмическим свойствам – II.
- Сейсмичность площадки строительства по сейсмичности района – 8 баллов.

РЕКОМЕНДАЦИИ

Исходя из результатов анализа отсыпки оптимальную толщину слоя следует принять равной 0.5-0.6 м, а необходимое количество проходов уплотняющих механизмов (груженых Торо 50+), $n = 8$.

- За максимальную плотность принимается $\rho_{мак} = 2.23 \text{ г/см}^3$.
- Задержка (складывание) грунта в промежуточные кавалеры на долгое время не рекомендуется.
- При отсыпке слоя должны быть поставлены ограничительные знаки и знаки указания о толщине слоя Н.

- Приведенные выше толщины слоя (Н), максимальная плотность ($\rho^{мак}$) и число груженых проходов автосамосвалов Торо 50+($n = 8$), относятся только к грунтам исследуемого карьера.
- для отсыпки тела плотины на строительстве должна быть организована специальная контрольная геотехническая служба, которая будет осуществлять работы по соответствию характеристик отсыпаемых слоев с проектными показателями. Функционирование службы начинается с началом строительства до его окончания.

Литература

1. Руководство по контролю возведения плотины из грунтовых материалов. ВНИИГ П.42-75, Ленинград, 1976.
2. СНиП 2.06.05-85 Плотины из грунтовых материалов, Москва, 1985.
3. Отчет ООО Гэосервис "По опытной отсыпке галечниковых грунтов с правобережной террасы р. Мтквари на стройплощадке плотины Мтквари ГЭС".

АНАЛИЗ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ БАСЕЙНА РЕК НАРЫНСКОЙ ОБЛАСТИ КЫРГЫЗСТАНА С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Иванова Н.И., Ершова Н.В.

E-mail: *n.ivanova@istc.kg*
natasha-er@yandex.ru

Кыргызско-Российский Славянский университет (КРСУ) им. Б.Н. Ельцина
Кыргызская Республика, 720000 г. Бишкек, ул. Киевская 44

ВВЕДЕНИЕ

В течение последних 15 лет в Кыргызской Республике (КР) реализованы десятки Международных проектов, программы которых в той или иной степени предусматривали повышение знаний местных специалистов и расширение доступа к прогрессивным технологиям управления, природопользования и эксплуатации водохозяйственных комплексов. Вследствие этого уже получены ощутимые позитивные результаты.

В 2010 году началась работа по водному компоненту в рамках Проекта "Устойчивое управление водными и пастбищными ресурсами в водоразделе рек Джергетал и Он-Арча", реализуемого САМР Алатоо при поддержке Германского общества по техническому сотрудничеству (GTZ).

Основной задачей проекта является внедрение интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР) в бассейне рек Нарынской области КР.

Начиная с 1983 г. мелиоративной службой КР ведется контроль за мелиоративным состоянием орошаемых земель Нарынской области [1÷4]. Из 24779 га орошаемых с/угодий (по данным Земельного кадастра на 1.01.10 г.) 16541 га находится в хорошем мелиоративном состоянии, 3169 га – в удовлетворительном и 5069 га – в неудовлетворительном. В том числе по причине заболачи-

вания территории –100 га, по причине засоления почв – 4969 га. Для соответствующего мониторинга за мелиоративным состоянием орошаемых с/угодий, планирования мелиоративных мероприятий по его улучшению и обеспечения процессов ИУВР необходимо разработать основы нового управления водными ресурсами для ирригационных систем Нарынской области. Для этого, прежде всего, необходимо оценить общий запас имеющихся и потенциально возможных к использованию водных ресурсов (ВР).

С целью оценки ВР в бассейнах рек Нарынской области КР требуется детальное изучение и анализ климатических характеристик. Исходя из поставленной цели, вытекают следующие задачи данной работы, являющейся первым этапом базовых исследований Проекта:

1. Сбор климатических данных с метеостанций (МС) и гидрометрических постов (ГП) проектной и близлежащих территорий.

2. Построение карт распределения осадков (за год, по сезонам), распределения температуры воздуха (за год, по месяцам), распределения испаряемости (за год, по месяцам) и распределения климатического дефицита влагообеспеченности (за год, по сезонам) в цифровом формате (масштаб 1:50000).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследований являлся бассейн рек Джергетал и Он-Арча Тянь-Шанского района Нарынской области КР. В этой области накопилось немало проблем – наблюдается деградация пастбищ на фоне неуклонного роста поголовья скота у населения, а также нерационального использования неэффективного управления ВР, что характеризуется большими потерями воды из оросительных каналов, их низкими техническими и технологическими показателями. Этот факт по-

служил основной причиной при выборе региона для осуществления пилотного проекта, реализуемого ОФ САМР Алатоо.

Основным методом исследований при расчете климатических характеристик рек бассейна являлся метод статистического анализа, на основании которого рассчитаны и обработаны данные по осадкам и другим климатическим параметрам для построения карт в цифровом формате с использованием программных ГИС-комплексов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Физико-географические и климатические условия бассейнов рек Джергетал и Он-Арча. Бассейны рек Джергетал и Он-Арча по физико-географическому делению относятся к внутреннему Тянь-Шаню. Границами внутреннего Тянь-Шаня служат гребни хребтов: на севере – Терской-Алатоо, Киргизского, Таласского; на западе – Ферганского; на юге – Кокшаала. Восточная граница совпадает с водоразделом бассейнов рек Нарына и Сарыджаза. Площадь 69,7 тыс. км². Прежде всего, надо отметить значительную приподнятость области в целом. Правда, самая низкая точка имеет высоту 801 м в Кетмень-Тюбинской котловине. Однако большая часть котловин имеет отметки свыше 2000 м. Высоты горных хребтов местами достигают 6000 м. В бассейнах рек Джергетал и Он-Арча максимальная высота составляет 4500 м.

Область замкнута высокими горными хребтами, окружающими ее со всех сторон. Горные хребты и межгорные котловины чередуются между собой, образуя полосы широтно-вытянутых поднятий и понижений, часто прерываемые перемычками. В целом наблюдается общее понижение области к западу.

В формировании климата Внутреннего Тянь-Шаня большую роль имеют его приподнятость и замкнутость. Увлажненные, идущие с севера, северо-запада и запада воздушные массы, встречают на своем пути вы-

сокие горные цепи и отдают большую часть своей влаги на противоположных склонах.

Общая замкнутость и долинно-котловинный характер рельефа обуславливает особенности местной циркуляции воздушных масс, обычно принимающей характер горно-долинных ветров, дующих днем сверху вниз, а ночью наоборот. Наиболее выражены они летом, зимой они почти не наблюдаются. Общими чертами климата области в целом являются: значительная инсоляция, жаркое лето, суровая зима, малое количество выпадающих осадков, сухость воздуха.

Летний тепловой режим котловин Внутреннего Тянь-Шаня различен и изменяется с запада на восток. Кочкорская, Нарынская, Атбашинская – относятся к зоне с теплым климатом; Сусамырская – с прохладным; Арпинская, Чатыр-Кельская, Аксайская, Сон-Кульская и большая часть сыртов – с холодным; самый крайний восток – с очень холодным летом [5].

В таблице 1 приведена характеристика метеостанций, данные которых использовались для выполнения климатических исследований. Всего было использовано 9 метеорологических станций (МС), действовавших в разные периоды (таблица 1), при этом за МС и ГМП сохранены те названия, под которыми они приведены в климатических справочниках [6].

Характеристика метеостанций Нарынской области

Станция	Высота, м	Координаты (широта; долгота)	Период работы	Расположение
Внутренний Тянь-Шань				
Казарман	1266	41°24' 74°02'	1958-1998	Тогуз-Тороусская котловина
Кочкорка	1810	42°13' 75°44'	1885-1999	Кочкорская котловина
Нарын	2040	41°26' 75°59'	1926-2000	Средне-Нарынская котловина
Суусамыр	2061	42°09' 74°01'	1934-2000	Суусамырская котловина
Кара-Куджур	2800	41°56' 76°18'	1935-1999	Долина р. Кара-Куджур
Долон	3040	41°51' 75°45'	1909-1999	Перевал Долон, хр. Байдула
Ак-Сай	3135	40°52' 76°20'	1951-1998	Аксайская котловина

Увлажнение на территории Внутреннего Тянь-Шаня в целом незначительное. Это объясняется малым количеством осадков и значительной инсоляцией, усиливающей испарение.

Максимум осадков приходится большей частью на первую половину лета: май — июнь месяцы. Минимум осадков падает на декабрь — февраль. Снеговой покров, как правило, маломощный. Обычно он держится с ноября по апрель месяцы. Количество выпадаемых осадков из года в год сильно колеблется [7, 8].

Осадки являются одним из самых изменчивых параметров. Распределение осадков носит сложный характер. Это тем более справедливо для горных регионов, где сказывается влияние орографии.

Изучение распределения осадков было проведено на основании данных наблюдений, полученных на государственной сети метеорологических станций и постов.

Полученные данные распространяются на всю территорию исследуемого бассейна. Сгладить недостаток данных можно косвен-

ными методами, выявляя закономерности распределения осадков от факторов их формирующих, к которым относятся высота местности, ориентация склонов и доступность влагонесущим потокам. При изучении распределения осадков на рассматриваемой территории приоритетным был выбран фактор высотной зависимости осадков.

Для того чтобы охарактеризовать распределение осадков в выбранном регионе, можно использовать известную закономерность, характерную для горной местности: увеличение количества осадков с высотой [8].

Зависимость норм месячных сумм осадков y от высоты x представлена в виде линейной регрессионной модели:

$$\tilde{y}_i = b_1 x_i \pm \sigma_i, \quad (1)$$

где σ_i — случайная ошибка модели.

Угловым коэффициентом b_1 (мм/м) в полученных уравнениях регрессий характеризует скорость изменения количества осадков с высотой. Для удобства принято вместо b_1 использовать плювиометрический градиент $\gamma = 100 \cdot b_1$ (мм/100м). Знак γ указывает на

направление зависимости: знак "+" означает, что регрессия – прямо пропорциональная зависимость, и количество осадков с высотой возрастает, если знак "-", то связь обратная и количество осадков с высотой убывает.

По рисунку 1 видно, что максимум осадков приходится на июнь, а минимум на январь. Для двух станций Казарман и Суусамыр наблюдается два максимума, один происходящий на июнь, а второй на ноябрь, но он незначителен. Для остальных МС график внутригодового распределение количества осадков имеет форму синусоиды.

В таблице 2 приведены значения плевометрического градиента γ для всех месяцев года, рассчитанные на основе данных МС.

Знак градиента γ указывает на то, что с апреля по август средние месячные суммы осадков с высотой возрастают. В остальные же месяцы отмечается обратная зависимость осадков от высоты. Модуль градиента γ показывает, что возрастание и убывание осадков с высотой происходит с различной интенсив-

ностью, что наглядно видно на рисунке 2. Так, наибольшие градиенты осадков соответствуют периоду с мая по июль ($\gamma = 0,012 \dots 0,019$) с максимумом в июле.

Таким образом, в течение года можно выделить 3 группы месяцев с различным видом высотного распределения:

1 группа – характеризуется увеличением месячных сумм осадков с высотой, включает месяцы теплого периода (май-сентябрь);

2 группа – характеризуется уменьшением месячных сумм осадков с высотой, включает месяцы холодного периода (ноябрь-февраль);

3 группа – характеризуется отсутствием значимого линейного изменения месячных сумм осадков с высотой, включает два переходных периода (март-апрель и октябрь).

На рисунке 3 приведены графики высотного распределения осадков для месяцев, являющихся представителями выделенных нами групп и для года в целом.

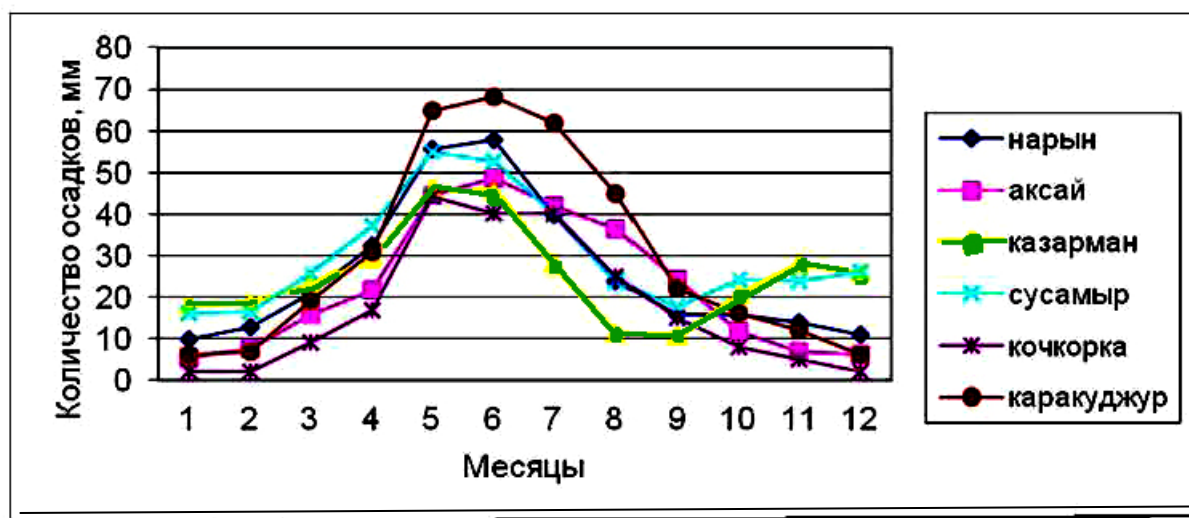


Рис. 1. Внутригодовое распределение количества осадков для МС Наринской области

Таблица 2

Плевометрические градиенты, рассчитанные для средних месячных сумм осадков

Месяцы	Янв	Фев	Март	Апр	Май	Июнь	Июль	Авг	Сент	Окт	Нояб	Дек
γ , мм/100м	0,004	0,001	0,001	0,008	0,012	0,017	0,019	0,008	0,001	0,007	0,008	0,004

**АНАЛИЗ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ БАСЕЙНА РЕК НАРЫНСКОЙ ОБЛАСТИ
КЫРГЫЗСТАНА С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

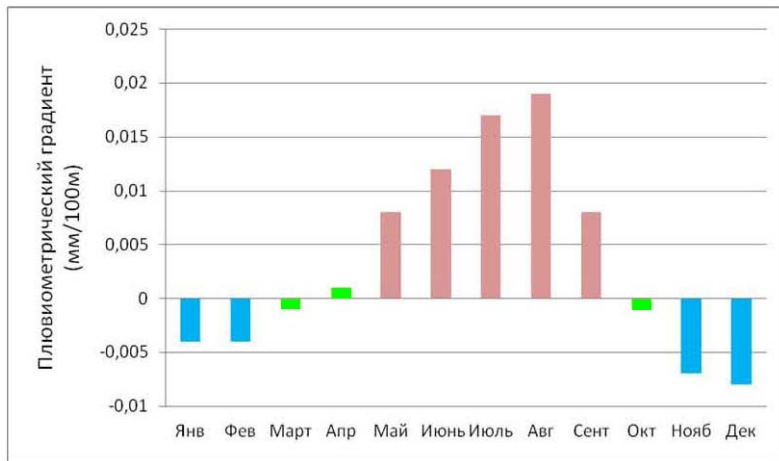


Рисунок 2 – Плювиометрические градиенты по месяцам года

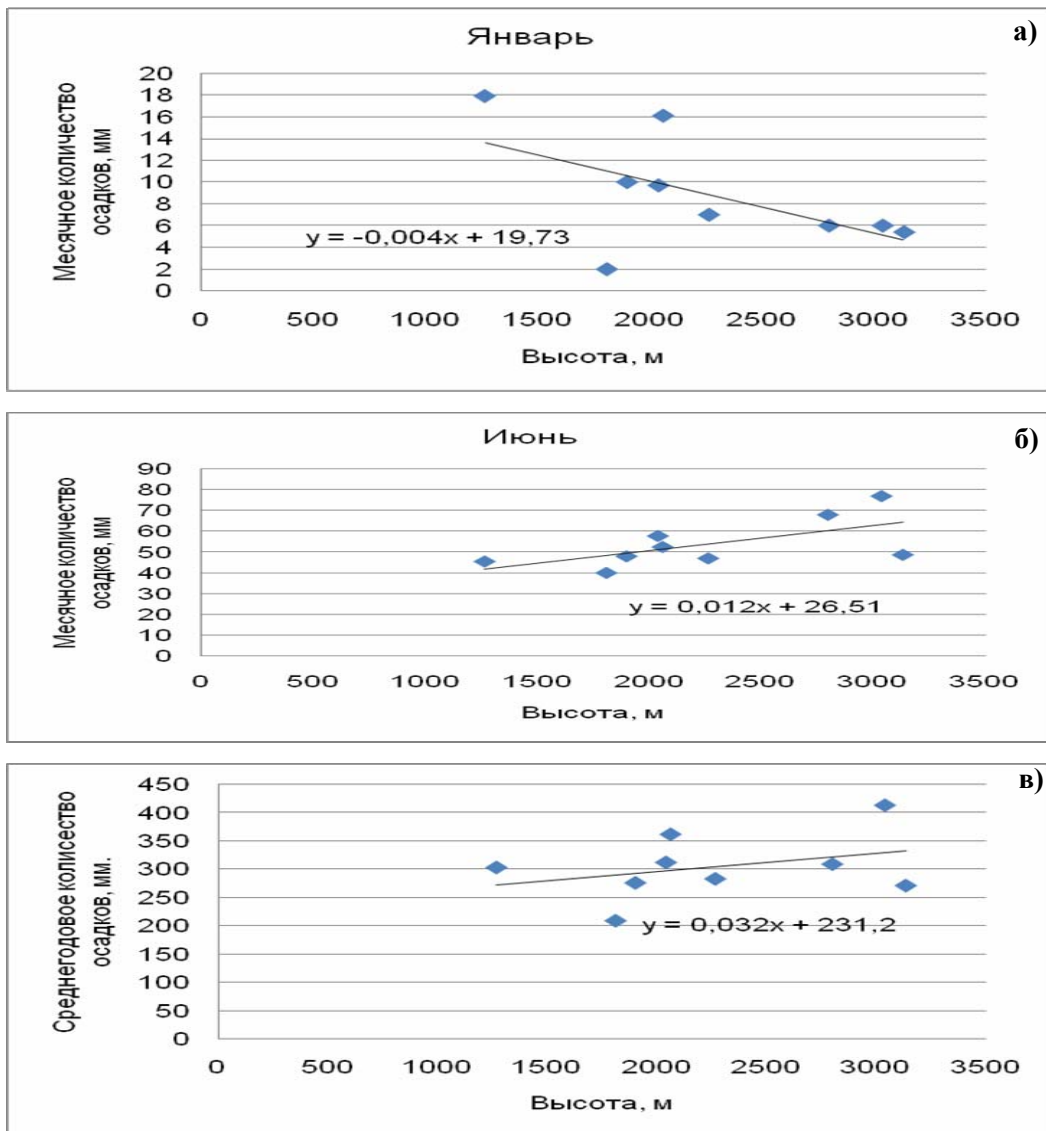


Рис. 3. Зависимость сумм осадков от высоты для: а) января, б) июня, в) среднегодового распределение сумм осадков

Таблица 3

Сумма осадков в бассейнах рек Джергетал и Он-Арча

Высота, м	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
2000	11,73	12,79	20,22	27,85	49,96	50,51	38,07	24,70	14,69	16,05	17,83	14,18	295,20
2250	10,73	11,79	19,97	28,10	51,96	53,51	42,32	29,45	16,69	15,80	16,08	12,18	303,20
2500	9,73	10,79	19,72	28,35	53,96	56,51	46,57	34,20	18,69	15,55	14,33	10,18	311,20
2750	8,73	9,79	19,47	28,60	55,96	59,51	50,82	38,95	20,69	15,30	12,58	8,18	319,20
3000	7,73	8,79	19,22	28,85	57,96	62,51	55,07	43,70	22,69	15,05	10,83	6,18	327,20
3250	6,73	7,79	18,97	29,10	59,96	65,51	59,32	48,45	24,69	14,80	9,08	4,18	335,20
3500	5,73	6,79	18,72	29,35	61,96	68,51	63,57	53,20	26,69	14,55	7,33	2,18	343,20
3750	4,73	5,79	18,47	29,60	63,96	71,51	67,82	57,95	28,69	14,30	5,58	0,18	351,20
4000	3,73	4,79	18,22	29,85	65,96	74,51	72,07	62,70	30,69	14,05	3,83	0,00	359,20
4250	2,73	3,79	17,97	30,10	67,96	77,51	76,32	67,45	32,69	13,80	2,08	0,00	367,20
4500	1,73	2,79	17,72	30,35	69,96	80,51	80,57	72,20	34,69	13,55	0,33	0,00	375,20

Внутригодовое распределение осадков для различных высотных зон представлено на рис. 4.

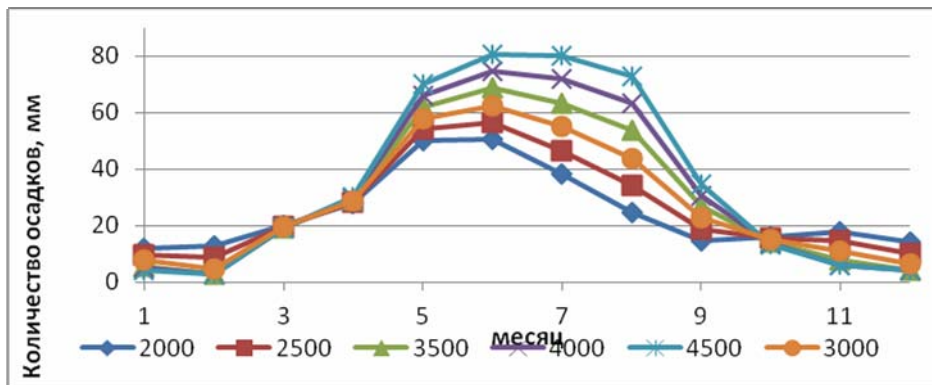


Рис. 4. Внутригодовое распределение осадков для различных высотных зон

На основе расчетных градиентов были построены карты годовых и месячных сумм осадков в программном комплексе ArcView 3.3 [9]. На рисунках 5 и 6 представлены карты годовых сумм осадков, а также карты сумм осадков июля для бассейна реки Джергетал. Аналогичные карты построены для бассейна реки Он - Арча.

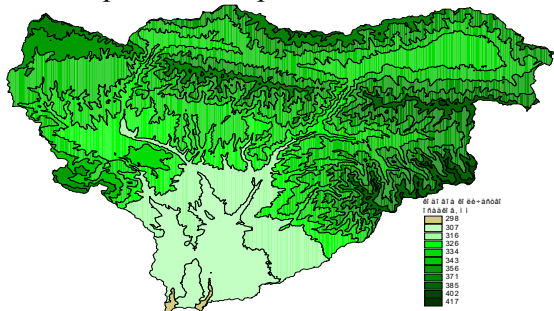


Рис. 5. Карта годового количества осадков для бассейна реки Джергетал

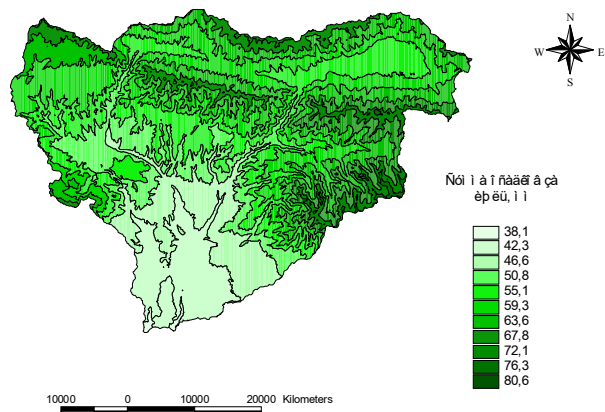


Рис. 6. Карта осадков для бассейна реки Джергетал за июль месяц

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что режим осадков в Нарынской области Кыргызстана характеризуется:

– незначительным годовым количеством осадков;

– во внутригодовом распределении осадков максимум приходится на летние месяцы, а минимум – на зимние месяцы;

– увеличением количества осадков с высотой местности отмечается в период с апреля по сентябрь, и уменьшение его – с октября по март.

Представленные в статье результаты но-

сят теоретический и практический характер и могут быть использованы в орошаемом земледелии и управлении водными ресурсами в бассейне рек Джергетал и Он-Арча как на межхозяйственном уровне, так и в низовом звене оросительных систем. Полученные результаты могут быть также использованы при прогнозировании климатического дефицита водопотребления и стока рек, что позволит повысить информированность местного населения о фактических запасах водных ресурсов, а также принимать соответствующие решения при разработке стратегии и устойчивом управлении ВР в бассейне рек.

Литература

1. **Костюк В.И., Таянова К.Ш., Иванова Н.И.** Использование статистических характеристик ряда агрометеорологических параметров для прогнозирования водопотребления в бассейне р. Чу. // Сб. науч. труд. ВНПО «Союзводоавтоматика». – Фрунзе, 1979. с. 159–165.
2. **Иванова Н.И., Баратова Б.Ш.** Агрометеорологический способ оценки водопотребления. //Казахский национальный аграрный университет. Исследования, результаты. №3. Алматы, 2008. с.146 – 148.
3. **Иванова Н.И.** Рациональное водораспределение на оросительных системах – потенциал устойчивого социально-экономического развития Кыргызстана. //Труды Межд. науч.-практ. семинара "Мелиорация: прошлое, настоящее и будущее". Тараз, 2010. с.72–81.
4. **Maselli D., Arynova N., Ershova N., Ivanova N., Bilenko V, Liniger H.** Managing Water in a Dynamic Setting: The Challenges of Change in Central Asia. //Global Change and Sustainable Development. Synthesis of Regional Experiences from Research Partnerships. Perspective Volume 5 pp. 223-241.
5. **Большаков М.Н., Выходцев И.В.** Природа Киргизии. Фрунзе, 1962. 115 с.
6. История и физико-географическое описание метеостанций и постов Кыргызстана. Бишкек, 2003. 307 с.
7. **Геткер М.И., Глазырин Г.Е., Емельянов Ю.Н.** Влияние некоторых элементов орографии на распределение осадков в горных бассейнах. Водный баланс территории Средней Азии. //Труды САНИГМИ, 1972. 187 с.
8. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Части 1–6. Выпуск 32. Киргизская ССР.- Л.: Гидрометеиздат, 1989. 240с.
9. **Ershova N., Ivanova N.** Using Remote Sensing and GIS Technologies for Hydrological Modeling. //30-th EARSeL Symposium "Remote Sensing for Science, Education, and Natural and Cultural Heritage", UNESCO, Paris (France), 31 May – 3 June, 2010. p. 231.

**АНАЛИЗ ИСПАРЯЕМОСТИ И ДЕФИЦИТА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ
БАСЕЙНА РЕК НАРЫНСКОЙ ОБЛАСТИ КЫРГЫЗСТАНА
С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

Иванова Н.И., Ершова Н.В.

**E-mail: *n.ivanova@istc.kg*
*natasha-er@yandex.ru***

Кыргызско-Российский Славянский университет (КРСУ) им. Б.Н. Ельцина
Кыргызская Республика, 720000 г. Бишкек, ул. Киевская 44

ВВЕДЕНИЕ

В 2010 году в Кыргызстане началась работа по водному компоненту в рамках Проекта "Устойчивое управление водными и пастбищными ресурсами в водоразделе рек Джергетал и Он-Арча, реализуемого САМР Алатоо при поддержке Германского общества по техническому сотрудничеству (GTZ).

Основной задачей проекта является внедрение интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР) в бассейне рек Нарынской области Кыргызской Республики (КР).

Для соответствующего мониторинга за мелиоративным состоянием орошаемых с/угодий, планирования мелиоративных мероприятий по его улучшению и обеспечения процессов ИУВР необходимо разработать основы нового управления водными ресурсами для ирригационных систем Нарынской области. Для этого, прежде всего, необходимо оценить общий запас имеющихся и потенциально возможных к использованию

водных ресурсов (ВР).

С целью оценки ВР в бассейнах рек Нарынской области КР требуется детальное изучение и анализ климатических характеристик. Исходя из поставленной цели, вытекают следующие задачи данной работы, являющейся первым этапом базовых исследований Проекта:

1. Сбор климатических данных с метеостанций (МС) и гидрометрических постов (ГП) проектной и близлежащих территорий.

2. Построение карт распределения осадков (за год, по сезонам), распределения температуры воздуха (за год, по месяцам), распределения испаряемости (за год, по месяцам) и распределения климатического дефицита влагообеспеченности (за год, по сезонам) в цифровом формате (масштаб 1:50000).

Анализ атмосферных осадков бассейна рек Нарынской области Кыргызстана с целью оценки водных ресурсов приведен в [1].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследований являлся бассейн рек Джергетал и Он-Арча Тянь-Шанского района Нарынской области КР. Физико-географические и климатические условия бассейнов рек Джергетал и Он-Арча приведены в [1]. Основным методом исследований при расчете климатических характеристик

рек бассейна являлся метод статистического анализа, на основании которого рассчитаны и обработаны данные по осадкам и другим климатическим параметрам для построения карт в цифровом формате с использованием программных ГИС-комплексов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ И ОБСУЖДЕНИЕ
РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Метеорологическая оснащенность позволяет удовлетворительно изучить погодноклиматические условия региона. Ориентация горных хребтов в бассейне рек Джергетал и Он-Арча свидетельствует о том, что местный климат в бассейне будет соответствовать общим климатическим условиям предгорий и горной зоны Внутреннего Тянь-Шаня [2,3,4].

Температурный режим. Характерными особенностями температурного режима являются четко выраженные закономерные изменения температурных характеристик с высотой места, большая амплитуда межгодовых, годовых и суточных ее колебаний (рис.1). Так, среднегодовая температура понижается с высотой с градиентом $-0,005^{\circ}\text{C}/\text{м}$ по регрессии [6]:

$$T_{\text{год}} = -0,005z + 12,04, \quad (1)$$

где z – высота местности над уровнем моря места в метрах.

В таблице 1 приведены значения температуры самого холодного и самого теплого месяцев, среднегодовая температура,

абсолютный максимум, абсолютный минимум и годовая амплитуда температуры над Центральным Тянь-Шанем.

Годовые амплитуды рассматриваемой территории значительны от 77°C (МС Казарман) до 30°C (МС Долон), что наглядно представлено на рисунке 2.

Уравнения регрессии (рис. 3) позволили создать карту в цифровом формате пространственного распределения температуры воздуха как в годовом разрезе (рис. 4), так и по месяцам. Карты в цифровом формате создавались при помощи ГИС комплекса ArcView3.3 [8]. При построении карт на первом этапе были выделены высотные зоны через 250 м по высоте на основе цифровой модели рельефа с разрешением 15 м. Вторым этапом являлся расчет температуры для высотных зон по уравнениям регрессии. Заключительным этапом являлось присвоение соответствующим высотным зонам расчетных температур воздуха в атрибутивных таблицах и оформление карты.

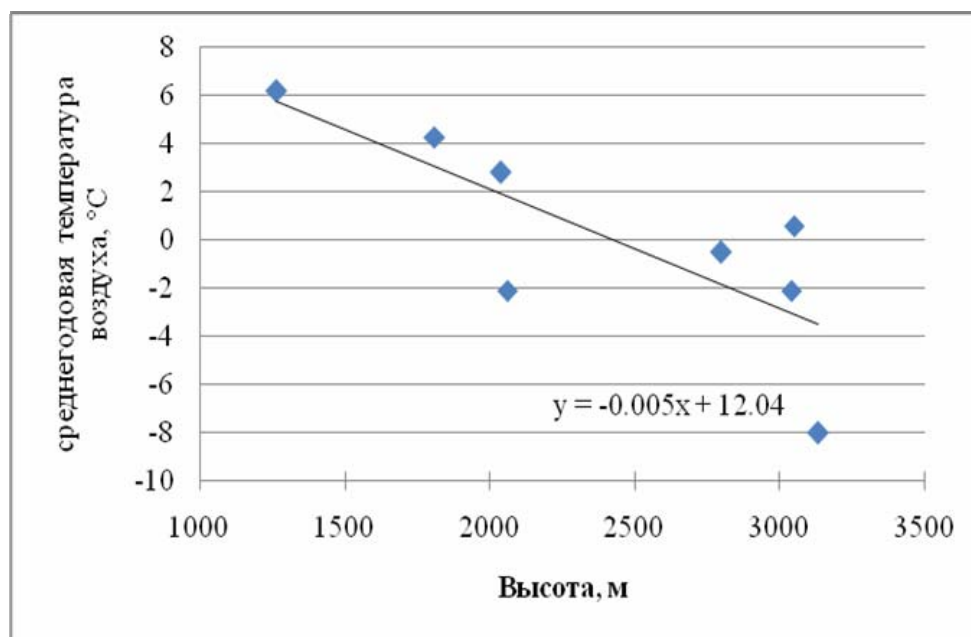


Рис. 1. Изменение среднегодовой температуры воздуха

Таблица 1

Температурный режим по данным МС Нарынской области [4.5]

Станция	Высота, м	Температура воздуха, °С					
		I	VII	год	абс.мин	абс.макс	год.амп.
Казарман	1266	-16,9	21,6	6,2	-40	37	77
Кочкорка	1810	-10,2	15,8	4,3	-36	30	66
Нарын	2040	-17,1	17,2	2,8	-38	30	68
Суусамыр	2061	-22,3	13,5	-2,1	-49	29	78
Кара-Куджур	2800	-12,3	10,0	-0,5	-33	23	56
Долон, перевал	3040	-14,2	8,8	-2,1	-20	10	30
Ат-Ойнок	3050	-11,3	11,4	0,6	-26	23	49
Ак-Сай	3135	-29,1	8,2	-8,0	-35	12	47

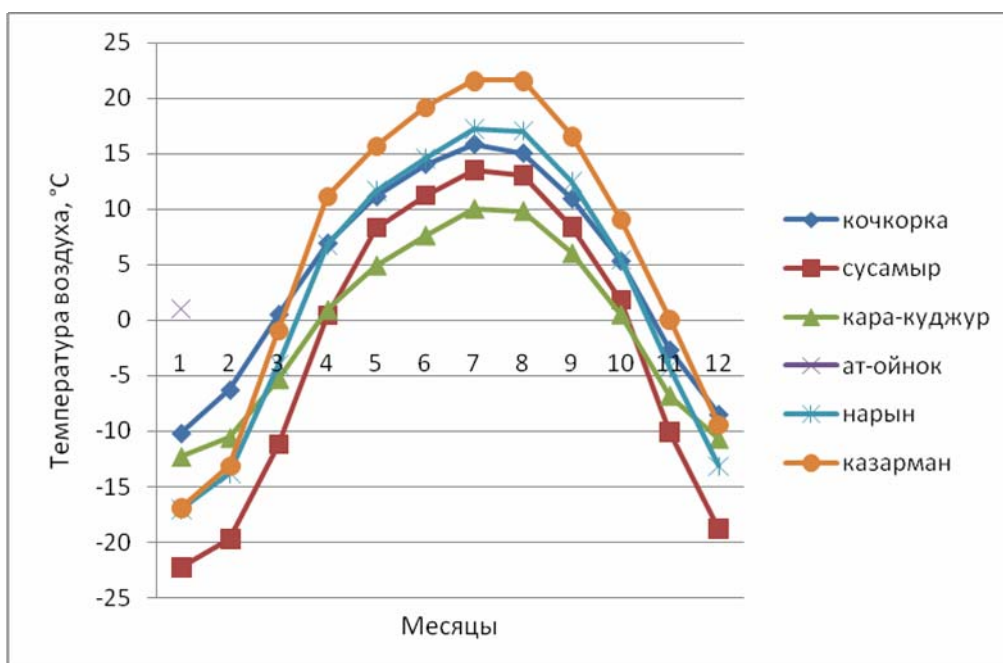


Рис. 2. Внутригодовое распределение температуры для МС Нарынской области

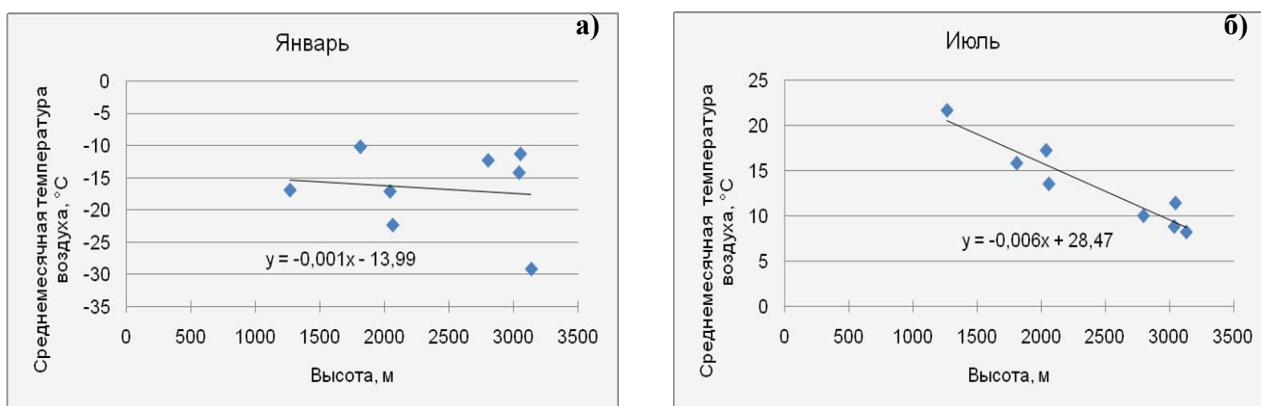


Рис. 3. Среднемесячная температура воздуха, линии тренда температуры с высотой и уравнения регрессии: а) январь; б) июль

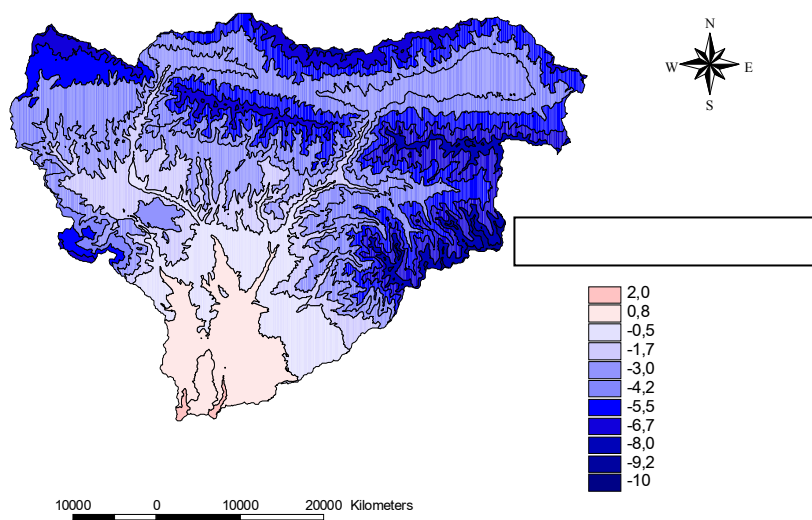


Рис. 4. Карта среднегодовой температуры воздуха в бассейнах рек Джергетал и Он-Арча

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что температурный режим рассматриваемой территории характеризуется:

- уменьшением температуры с высотой местности;
- значительными годовыми амплитудами температуры воздуха.

По данным температурного режима, относительной влажности воздуха [3÷5] и количества осадков в бассейнах рек Джергетал и Он-Арча по формуле Н.Н. Иванова была рассчитана среднемесячная испаряемость, мм:

$$E_0 = 0.0018 \cdot (25 + t)^2 \cdot (100 - a) \cdot \sigma, \quad (2)$$

- где E_0 – испаряемость за месяц, мм;
- t – среднемесячная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$;
- a – среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

При проведении подсчетов испаряемости по формуле (2) в нее вводится поправка на давление атмосферы, которая значительно изменяется с высотой местности (табл.2).

В формулу Н.Н. Иванова вводится коэффициент, равный:

$$\sigma = \frac{P_0}{P_1}, \quad (3)$$

где P_0 – давление на уровне моря, равное 1013 мб,

P_1 – давление в рассматриваемой точке.

**Таблица 2
Среднегодовое давление воздуха на разных высотах**

Высота над уровнем моря, м	Давление воздуха, мб
500	957
1000	902
1500	850
2000	800
2500	750
3000	700

По полученным расчетным данным построен график внутригодового распределения испаряемости для различных высотных зон (рис. 5) и карта годового количества испаряемости (рис. 6).

Таким образом, во внутригодовом распределении испаряемости максимум приходится на летние месяцы, а минимум на зимние месяцы. В декабре и январе испаряемость увеличивается с высотой, в остальные же месяцы с высотой местности испарение уменьшается.

Другой важной характеристикой для сельского хозяйства является дефицит влагообеспеченности, представляющий собой разность между осадками и испаряемостью. Если испаряемость превышает количество осадков, то присутствует дефицит влагообеспеченности и требуется проводить орошение.

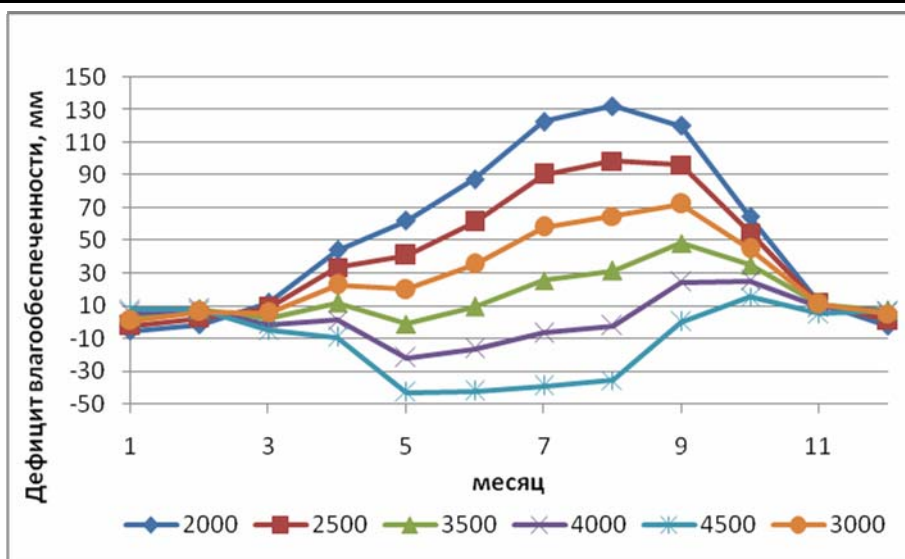


Рис. 7. Внутригодовое распределение дефицита влагообеспеченности для различных высотных зон

Ниже приведены соответствующие карты в цифровом формате (рис. 8, 9).

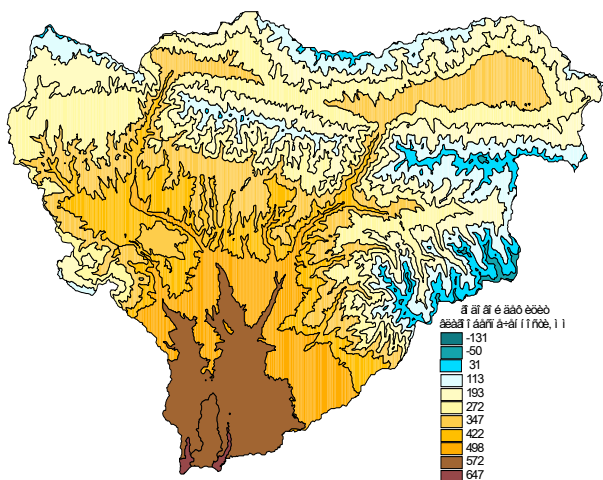


Рис. 8. Карта годового дефицита влагообеспеченности

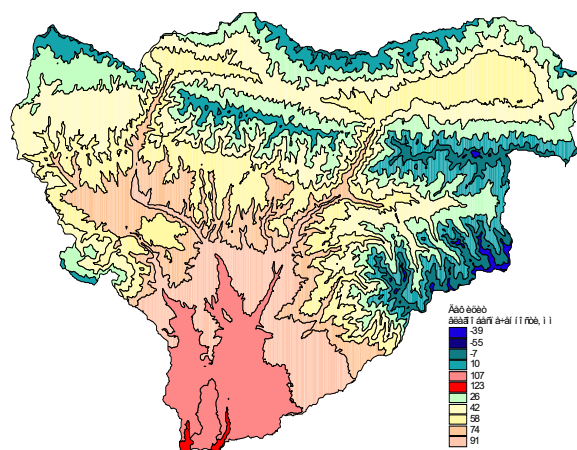


Рис. 9. Карта дефицита влагообеспеченности за июль месяц

Как видно из рисунка 8 дефицит влагообеспеченности для нижней зоны (от 2000 до 3500 м) наблюдается с марта по октябрь, наибольшие дефициты приходятся на июль и составляют 70 - 130 мм за месяц. Для верхней зоны (4000 - 4500 м) дефицит влагообеспеченности в течение года отрицателен за исключением холодного периода года. В целом

дефицит влагообеспеченности с высотой уменьшается, кроме зимних месяцев. Таким образом, нижнюю зону бассейна необходимо орошать, а в верхней зоне дефицит влагообеспеченности не наблюдается, что свидетельствует, что эта зона участвует в формировании стока р. Он-Арча.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что дефицит влагообеспеченности характеризуется уменьшением с

высотой местности в летние месяцы и увеличением в зимние месяцы, что характерно в целом для аридной зоны. Полученные в

статье результаты носят практический характер и могут быть использованы в орошаемом земледелии при управлении водными ресурсами в бассейне рек Джергетал и Он-Арча как на межхозяйственном уровне, так и в ни-

зовом звене оросительных систем. Полученные результаты могут быть также использованы при прогнозировании климатического дефицита водопотребления и стока рек.

Литература

1. **Иванова Н.И., Ершова Н.В.** Анализ атмосферных осадков бассейна рек Нарынской области Кыргызстана с целью оценки водных ресурсов. // Данный сборник.
2. **Большаков М.Н., Выходцев И.В.** Природа Киргизии. Фрунзе, 1962. 115 с.
3. История и физико-географическое описание метеостанций и постов Кыргызстана. Бишкек, 2003. 307 с.
4. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Части 1–6. Выпуск 32. Киргизская ССР.-Л.: Гидрометеиздат, 1989. 240 с.
5. **Костюк В.И., Таянова К.Ш., Иванова Н.И.** Использование статистических характеристик ряда агрометеорологических параметров для прогнозирования водопотребления в бассейне р. Чу. // Сб. науч. труд. ВНИО «Союзводавтоматика». – Фрунзе, 1979. с. 159–165.
6. **Иванова Н.И., Баратова Б.Ш.** Агрометеорологический способ оценки водопотребления. //Казахский национальный аграрный университет. Исследования, результаты. №3. Алматы, 2008. с.146–148.
7. **Иванова Н.И.** Рациональное водораспределение на оросительных системах – потенциал устойчивого социально-экономического развития Кыргызстана. //Труды Межд. науч.-практ. семинара "Мелиорация: прошлое, настоящее и будущее". Тараз, 2010. с.72–81.
8. **Maselli D., Arynova N., Ershova N., Ivanova N., Bilenko V, Liniger H.** Managing Water in a Dynamic Setting: The Challenges of Change in Central Asia. //Global Change and Sustainable Development. Synthesis of Regional Experiences from Research Partnerships. Perspective Volume 5 pp. 223-241.
9. **Ershova N., Ivanova N.** Using Remote Sensing and GIS Technologies for Hydrological Modeling. // 30-th EARSeL Symposium «Remote Sensing for Science, Education, and Natural and Cultural Heritage», UNESCO, Paris (France), 31 May – 3 June, 2010. – p. 231.

**РАСЧЕТ МИНИМАЛЬНОГО СТОКА НЕИЗУЧЕННЫХ
ГОРНЫХ РЕК АЗЕРБАЙДЖАНА**

Иманов Ф. А., Гулиева А.А.

E-mail: farda@azdata.net

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

ВВЕДЕНИЕ

Минимальный сток рек относится к категории основных гидрологических характеристик, используемых при решении различных задач водохозяйственного проектирования.

В настоящее время в исследованиях минимального стока рек основным является вероятностно-статистический подход. В рамках этого подхода в зависимости от разнообразия физико-географических условий рассматриваемой территории, размера реки и масштаба работ, в практике гидрологических расчетов для оценки обеспеченных величин минимального стока при отсутствии наблюдений используются два метода:

1. Метод переходных коэффициентов;
2. Метод параметризации.

Метод переходных коэффициентов был предложен А.М. Владимировым [1] и предусматривает обобщение значений минимального стока опорной обеспеченности (чаще всего 80%-ной) и использование переходных коэффициентов к расчетной обеспеченности. Метод параметризации требует обобщения параметров функции распределений вероятностей минимального стока: нормы, коэффициента вариации и асимметрии. Основная задача сводится к разработке способов определения параметров указанных методов расчета минимального стока. Результаты обобщений этих параметров представляются в виде карт или расчетных зависимостей.

Если сравнить эти два метода, то следует отметить, что метод переходных коэффициентов является более простым, поскольку обобщению подлежат всего два параметра: значения минимальных расходов воды опорной обеспеченности ($Q_{\text{мин}80\%}$ или $q_{\text{мин}80\%}$) и переходных коэффициентов ($\lambda_{p\%}$). Однако по этому методу устанавливаются лишь значения минимального стока в зоне больших обеспеченностей, что связано с требованиями строительного проектирования.

Для применения метода параметризации необходимо разрабатывать расчетную схему по определению уже трех параметров. В этом случае могут быть установлены значения минимального стока любой обеспеченности. Но применительно к минимальному стоку рек Азербайджана и многих других горных регионов нет большого опыта по обобщению значений коэффициентов вариации (C_v) и асимметрии (C_s), а также их отношений (C_s/C_v) [2].

В настоящее время в практике гидрологических расчетов Российской Федерации согласно СП 33-101-2003 [3] применяется только метод переходных коэффициентов. По мнению В.М. Евстигнеева и А.В. Христофорова [4], при расчетах минимального стока неизученных рек, наиболее подходящей основой для региональных обобщений является метод параметризации. Однако по ряду причин (генетическая неоднородность рядов, различная

интенсивность истощения и степень инерционности подземных вод водоносных горизонтов, находящихся в относительной близости к дневной поверхности и сравнительно глубоко и др.) эмпирические кривые обеспеченности (ЭКО) части рек имеют сложную форму и подобрать к ним аналитическую кривую не всегда удается. Учитывая результаты анализа эмпирических кривых обеспеченности минимальных расходов воды рек Азербай-

джана и то, что метод параметризации имеет хорошую перспективу применения, особенно в увлажненных районах исследуемого региона, в данной работе были обобщены все параметры минимального стока (Q_{\min} , q_{\min} , $q_{\min 80\%}$, C_v , C_s/C_v и $\lambda_p\%$). К тому же использование двух, практически независимых методов позволит контролировать полученные результаты и избежать крупных ошибок.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Методы расчета параметров минимального стока неизученных рек были разработаны для 22-х однородных гидрологических районов, выделенных на исследуемой территории.

Вначале остановимся на результатах анализа зависимости нормы минимального стока от основных физико-географических факторов.

Физическое обоснование зависимости минимальных расходов воды (Q_{\min}) от площади водосбора (F) дано А.М.Владимировым и ее аналитическое выражение имеет следующий вид [5]:

$$Q_{\min} = a(F \pm f_0)^n, \quad (1)$$

где a , n и f_0 -районные параметры, характеризующие условия формирования минимального стока.

Анализ зависимости $Q_{\min} = f(F)$ показал, что она обнаруживается практически во всех районах исследуемого региона (рис.1). Так из 22-х районов, выделенных на территории Азербайджана, в 14 погрешности вычисления средней многолетней величины минимального стока не превышает 20-25%.

Для всех районов, отдельно для зимнего и летне-осеннего минимального стока установлены значения параметров уравнения (1).

Практически для всех районов, на графиках связи $Q_{\min} = f(F)$ имеются несколько (от 1 до 3) точек, которые резко отклоняются от общей линии связи. Как правило, эти точки соответствуют рекам с $F < 50$ км², что обусловлено влиянием сугубо местных факторов.

К числу недостатков связи

$Q_{\min} = f(F)$ следует отнести большую дробность районирования. Так, для некоторых районов значения параметров f и n определены для двух различных диапазонов площадей из-за изменения характера связи $Q_{\min} = f(F)$. Это обусловлено тем, что в условиях горных районов с ростом площади водосбора реки уменьшаются средние высоты водосборов, следовательно, выпадает меньшее количество атмосферных осадков и увеличиваются потери на испарения.

Довольно часто, использование традиционной для горных районов зависимости $q_{\min} = f(H)$ позволяет избежать указанного дробления районов. Наличие подобных зависимостей обусловлено закономерным изменением климатических факторов минимального стока с высотой местности. Это свидетельствует о том, что в условиях горных районов, в силу ряда объективных причин, средняя высота водосбора является более мощным интегральным показателем условий формирования минимального стока, чем площадь водосбора.

При построении зависимости $q_{\min} = f(H)$ используются данные по минимальному стоку не только малых, но и средних рек. Привлечение к анализу дополнительных стокowych данных по средним рекам позволяет получить более обоснованные и надежные зависимости. В условиях Азербайджана, повсеместно минимальный летне-осенний сток с высотой водосбора возрастает (рис.2).

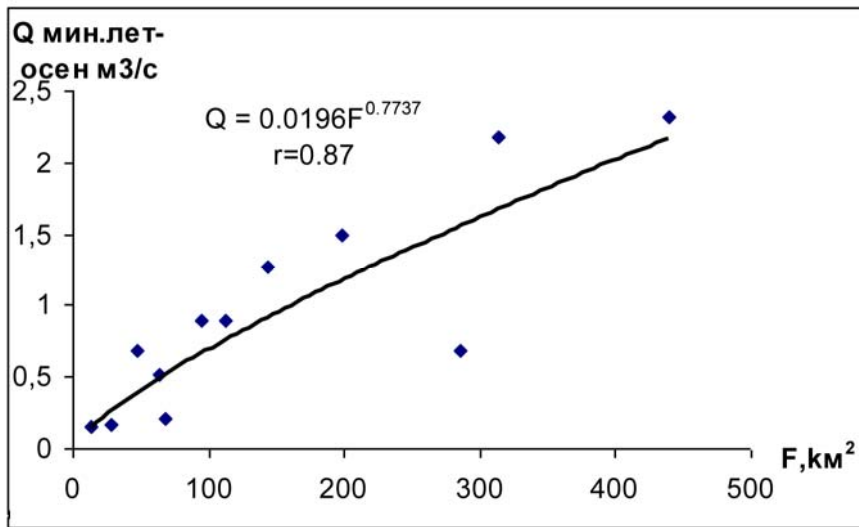


Рис. 1. Зависимость минимального летне-осеннего расхода воды от площади бассейна реки

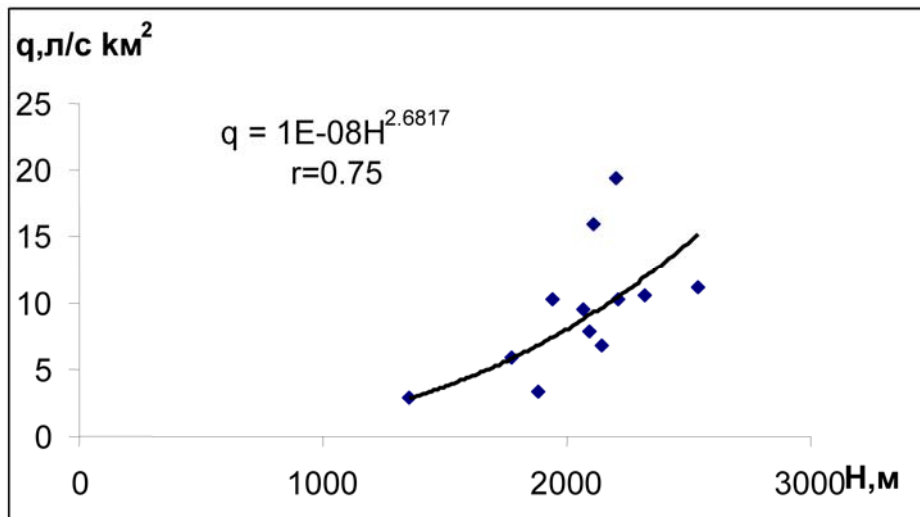


Рис. 2. Зависимость минимального летне-осеннего стока от средней высоты водосбора

Подобный характер зависимости $q_{\text{мин}} = f(H)$ характерен и для минимального зимнего стока рек подавляющего большинства гидрологических районов. Лишь в Ленкоранской природной области минимальный зимний сток рек с высотой уменьшается, что обусловлено инверсией осадков, т.е. уменьшением количества выпадающих осадков с высотой в холодный период года. Следует отметить, что в этом районе и другие характеристики речного стока распределяются аналогично.

Для большинства районов зависимость минимального стока от средней высоты во-

досбора является расчетной [6].

Из-за многофакторности процесса формирования минимального стока использование лишь одного фактора (средняя высота водосбора или его площадь и др.) при расчетах минимального стока неизученных рек не всегда обеспечивает необходимую точность расчетов. Усовершенствование метода расчета можно осуществить, например, путем уточнения параметра a в формуле (1). При использовании этой формулы, величина параметра a принимается постоянной в пределах однородного гидрологического района.

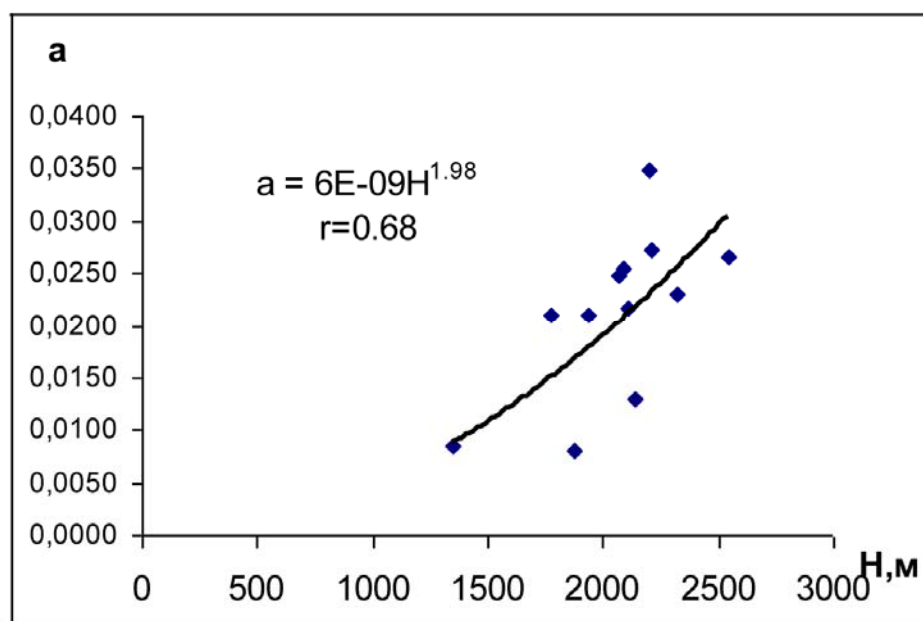


Рис. 3. Зависимости параметра a от средней высоты водосбора

Однако установлено, что для рек Азербайджана подобное допущение не всегда правомерно: довольно часто для различных рек одного и того же района значения a отличаются от средней районной величины в 2-3 раза и более.

По физическому смыслу параметр a схож с модулем минимального стока:

$$a = Q / F^n, \quad (2)$$

$$q_{\min} = Q \cdot \frac{10^3}{F} \quad (3)$$

При $n = 1$, $a = q \cdot 10^{-3}$, т.е. между значениями a и q_{\min} существует однозначная связь. Поэтому исследованы зависимости a от средней высоты водосбора.

Для половины выделенных районов установлены достаточно тесные связи $a = f(H)$ (рис.3), которые аппроксимируются линейными или же параболическими уравнениями. Для расчета минимального летне-осеннего стока неизученных рек этих районов могут быть использованы формулы вида:

$$Q_{\min} = b \cdot H^m \cdot F^n \quad (4)$$

где H – средняя высота водосбора, м;

m, n и b – районные параметры.

По сравнению с формулой (1) применение

уравнения (4) уменьшает относительные ошибки расчетов нормы минимального стока в среднем на 16 %.

Аналогичные зависимости получены для минимального стока 80%-ной обеспеченности, а также для нормы летне-осеннего и зимнего меженного стока.

Для исследования географических закономерностей пространственного распределения значений коэффициента вариации минимального стока проанализирована его зависимость от средней высоты и площади водосбора, а также нормы минимального стока.

Для большинства районов установлены связи коэффициента вариации с указанными факторами. Для каждого из выделенных районов выявлена наиболее тесная расчетная связь.

Среди анализируемых связей наибольший интерес представляет $C_v = f(H)$, которая является расчетной для половины выделенных районов. С увеличением средней высоты водосбора изменчивость минимального стока уменьшается. Эта закономерность обусловлена уменьшением изменчивости климатических элементов с повышением высоты местности.

Имеется ряд районов, где зависимость коэффициента вариации от рассмотренных факторов практически не выражена. В этих районах флуктуации значений коэффициентов вариации могут быть объяснены случайными факторами, и для них принято среднее расчетное значение коэффициента вариации, отклонения от которого не превышает 25%.

Среднее отклонение фактических значений коэффициента вариации от рассчитанных изменяется от 9 до 26%. Для отдельных пунктов ошибка оценок коэффициента вариации превышает 40%.

При отсутствии данных наблюдений, точность расчета характеристик асимметрии C_s и C_s/C_v может быть повышена путем установления закономерностей изменения их значений по территории. Однако, это сложная задача. Во-первых, как известно коэффициенты C_s вычисляются с недостаточной для практических целей точностью. Во-вторых, практически неизвестны факторы, влияющие на величину C_s [7].

Имеются работы, авторы которых получили связь между выборочными оценками коэффициентов вариации и асимметрии различных стоковых рядов [8÷11].

На основании выполненных исследований А.В.Сахарюк приходит к выводу, что коэффициент вариации является единственным известным параметром, который влияет на C_s и рекомендует использовать зависимости $C_s = f(C_v)$ для определения C_s при наличии, недостаточности и отсутствии данных наблюдений [7].

Однако, учитывая, что между коэффициентами C_s и C_v все же существует связь, изучение закономерностей территориального распределения характеристик асимметрии можно выполнять применительно к районам, выделенным при анализе пространственных изменений коэффициента вариации. Такой подход может облегчить задачу географического обобщения характеристик асимметрии минимального стока, поскольку конкретизируются границы "гидрологически однородного района" [11].

С увеличением средней высоты водосбора величина C_s минимального летне-осеннего и зимнего стока уменьшается. Эта закономерность хорошо согласуется с уменьшением значений C_v в указанном направлении.

В районах, где была обнаружена зависимость $C_s = f(H)$, существует также связь $C_s/C_v = f(H)$. Подобные связи могут быть использованы для уточнения оценок C_s/C_v минимального стока рек. М.А.Мамедов [10] также отмечает, что в бассейне р. Самур изменение отношения C_s/C_v максимального стока подчиняется закону высотной поясности. Наличие зависимостей $C_s = f(H)$ и $C_s/C_v = f(H)$ косвенно подтверждает выводы Е.Г. Блохинова [9], Г.П. Калинина [8], А.В. Рождественского [12] о том, что случайные погрешности оценок C_s и C_s/C_v в действительности существенно меньше, чем их соответствующие значения, полученные по известным формулам С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля [13].

Ранее, на примере рек Восточного Кавказа проанализированы связи минимальных летне-осенних и зимних расходов воды 85%-ной обеспеченности с площадью водосбора ($Q_{\min 85\%} = f(F)$) и со средней многолетней величиной минимального стока ($Q_{\min 85\%} = f(Q_{\min})$). В качестве опорной величины были приняты минимальные 10-суточные расходы воды 85%-ной обеспеченности ($Q_{10,85\%}$).

Анализ графиков связей $Q_{10,85\%} = f(Q_{10})$, построенных для всех районов показал, что переходный коэффициент от среднего многолетнего минимального 10-суточного расхода воды к его величине 85%-ной обеспеченности для всей территории Восточного Кавказа, за исключением Ленкоранской природной области, изменяется в незначительных пределах и составляет 0,68–0,75 для летне-осеннего сезона и 0,66–0,72 для зимнего сезона. Учитывая небольшую изменчивость переходного коэффициента по территории, все районы, за исключением Ленкоранской природной области, были объединены в один

РАСЧЕТ МИНИМАЛЬНОГО СТОКА НЕИЗУЧЕННЫХ ГОРНЫХ РЕК АЗЕРБАЙДЖАНА

обширный регион. Связи $Q_{10,85\%} = f(Q_{10})$ являются достаточно тесными и отклонение подавляющего большинства точек от линии связи находится в пределах 15%. Однако на графиках связи для многих районов имеются точки, для которых характерны сравнительно большие отклонения. Поскольку одним из основных факторов, определяющих величину переходного коэффициента, является увлажненность территории, которая в условиях горных районов закономерно изменяется с высотой, рассмотрена зависимость переходного коэффициента от средней высоты речного водосбора. Анализ этой зависимости для основной части территории Восточного Кавказа показал, что для рек со средними высотами водосборов меньше 1800 м величину переходного коэффициента можно принять равным 0,44, а больше 1800 м - 0,70, которые одинаковы для обоих маловодных сезонов.

Для пересыхающих рек Ленкорани величина указанного коэффициента в зимний и летне-осенний сезоны составляет 0,45 и 0,49 соответственно. Для этих рек в оба маловодные сезона был принят общий переходный коэффициент, равный 0,47.

Осуществлена сравнительная оценка точности определения обеспеченных значений минимальных расходов воды, рассчитанных по методам переходных коэффициентов и параметризации. Эта работа выполнена на примере рек северо-восточного склона Малого Кавказа.

Оценка точности расчетов минимальных расходов воды 75, 80, 90, 95 и 97%-ной обеспеченности осуществлена по методике Г.А.Алексеева и В.В.Адерихина [14]. Суть методики, в данном случае, заключается в следующем: для анализируемых пунктов, отдельно по каждому из двух методов – параметризации и переходных коэффициентов – вычислялись значения минимальных расходов воды указанных обеспеченностей и определялись их относительные ошибки (в %) по соответствующим наблюдаемым значениям.

Последние снимались с эмпирических кривых обеспеченностей минимального стока. Далее, используя данные по относительным ошибкам, на всех пунктах строились эмпирические кривые пространственной обеспеченности.

Установлено, что при расчетах минимальных расходов воды рек Малого Кавказа обеспеченностью 75, 80, 90 и 95% возможности применения сравниваемых методов могут быть оценены одинаково. Только для расходов воды 97%-ной обеспеченности, преимущество метода переходных коэффициентов очевидно. Это связано с особенностями эмпирических кривых обеспеченностей ряда рек: при $P > 95\%$ наблюдается изгиб кривых. Поэтому, не случайно, что применение метода переходных коэффициентов повышает точность расчетов минимальных расходов воды 97%-ной обеспеченности. Очевидно, что подобная картина будет наблюдаться для любых расходов при $P \geq 97\%$.

Практически для каждой второй реки северо-восточного склона Малого Кавказа значение относительной ошибки определения обеспеченных величин минимального стока не превышает 20%.

В заключении, следует отметить, что оба метода – переходных коэффициентов и параметризации, могут быть с успехом применены в расчетах минимального стока неизученных горных рек Азербайджана. В случае, когда эмпирические кривые обеспеченности имеют сложную форму, например в засушливых районах, для расчета обеспеченных величин минимального стока может быть использован только метод переходных коэффициентов. В увлажненных же районах, где эмпирические кривые обеспеченности обычно хорошо согласуются с теоретическими кривыми, при наличии достаточно густой сети гидрометрических пунктов наблюдений возможности этих методов практически одинаковы.

ВЫВОДЫ

В результате выполненных исследований получены следующие основные выводы:

1. При расчетах минимального стока неизученных горных рек Азербайджана наряду с методом переходных коэффициентов с успехом может быть применен метод параметризации;
2. Для оценки среднегодовой величины

минимального стока рек одновременный учет площади водосбора реки и его средней высоты позволяет повысить надежность полученных результатов;

3. При определении обеспеченных величин минимальных расходов воды значения переходных коэффициентов могут быть уточнены с учетом средней высоты водосбора.

Литература

1. **Владимиров А.М.** Минимальный сток рек СССР.- Л.: Гидрометеоздат, 1970, 214 с.
2. **Иманов Ф.А., Гулиева А.А.** Комплексный анализ меженных периодов на реках Малого Кавказа. //Научная конференция "175 лет Гидрометслужбы России-научные проблемы и пути их решения" с участием НГМС стран СНГ, 26-27 мая 2009, г. Москва.
3. Определение основных расчетных гидрологических характеристик СП 33-101-2003: М.: Стройиздат, 2004. 72 с.
4. **Евстигнеев В.М., Христофоров А.В.** О возможных подходах к географическому обобщению данных по минимальному стоку //Вест. МГУ, геогр.1981, №4, с.41-47.
5. **Владимиров А.М., Иманов Ф.А., Сакович В.М.** Сравнительный анализ методов расчета минимального стока //Вопросы экологии и гидрологические расчеты. СПб., изд. РГТМИ, 1994, вып. 116, с.54-62.
6. **Иманов Ф.А.** О расчете минимального зимнего стока рек Кавказа с ледниковым питанием. //Материалы гляциологических исследований – Москва, 1992, Вып. 75, с. 98-102.
7. **Сахарюк А.В.** Оценка коэффициентов асимметрии и автокорреляции на примере расчетов по рядам годового и минимального стока рек Дальнего Востока //Труды V ВГС.Л.: Гидрометеоздат, 1989, Т.6, с. 140-147.
8. **Калинин Г.П.** Проблемы глобальной гидрологии. Л.: Гидрометеоздат, 1968, 378 с.
9. **Блохинов Е.Г.** Распределение вероятностей величин речного стока. М.: Наука, 1974,170 с.
10. **Мамедов М.А.** Расчеты максимальных расходов воды горных рек. Л.: Гидрометеоздат, 1989, 184 с.
11. **Иманов Ф.А.** Минимальный сток рек Кавказа. "Нафта-пресс", Баку-2000, 298 с.
12. **Рождественский А.В.** Оценка точности кривых распределения гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеоздат, 1977, 270 с.
13. **Крицкий С.Н., Менкель М.Ф.** Гидрологические основы управления речным стоком. М.:Наука, 1981, 255 с.
14. **Алексеев Г.А., Адерихин В.В.** Методы и примеры объективной сравнительной оценки качества и точности формул для расчета гидрологических характеристик//Метеорология и гидрология.1987, №12, с.84-95.

საქართველოს მთის წყალსაცავებში სელიმენტაციური პროცესების
ეკოლოგიური საიმედოობის შეფასება*)

ირინა იორდანიშვილი, კონსტანტინე იორდანიშვილი,
ზემფირა ჭარბაძე, ლატავრა ჯავახიშვილი
Email: IrinaIord48@mail.ru

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

შესავალი

საქართველოს წყალსაცავების სელიმენტაციური პროცესების (დალექვისა და დაღამვის) შეფასების საკითხები მეტად მნიშვნელოვანია, რადგან ეს ობიექტები გასული საუკუნის შუა წლებშია შექმნილი და უკვე „დაბერების“ (დაძველების), ანუ მათი ფუნქციონირების საიმედოობის შემცირების სტადიაშია. წყალსაცავებში შეიმჩნევა დალექილი ნატანის მოცულობის სწრაფი გაზრდა, რის გამოც მცირდება წყლის მოცულობა წყალსაცავში და იგი კარგავს

თავის მთავარ დანიშნულებას – წყლის დაგროვება და რეგულირება.

მთის წყალსაცავების სპეციფიკის გამო (გეომორფოლოგიური, რეგიონალური, შიდა წყალსატევური თავისებურებები, გახშირებული წყალდიდობები), უკვე მწვავედ დგას მათი დალექვისა და დაღამვის პროგნოსტიკული გაანგარიშების აუცილებლობა.

საქართველო მთაგორიანი ქვეყანაა და მის ტერიტორიაზე არსებული წყალსაცავები მთის ტიპის წყალსაცავებს მიეკუთვნება [1, 2].

ძირითადი ნაწილი

მთის წყალსაცავების დალექვის პროგნოზირებისათვის საჭიროა რიგი ფაქტორების გათვალისწინება, როგორცაა წყალსაცავის სრული ($V_{სრ}$) და სასარგებლო ($V_{სს}$) მოცულობები; წყალსაცავში მდინარეების წყლის საშუალო წლიური გაზრდილი ჩამონადენი, რომელიც აღინიშნება ბოლო წლებში გლობალური დათბობის ფონზე ($W_{საშ}$ **) (და არა საშუალო წლიური); ნატანის საშუალო

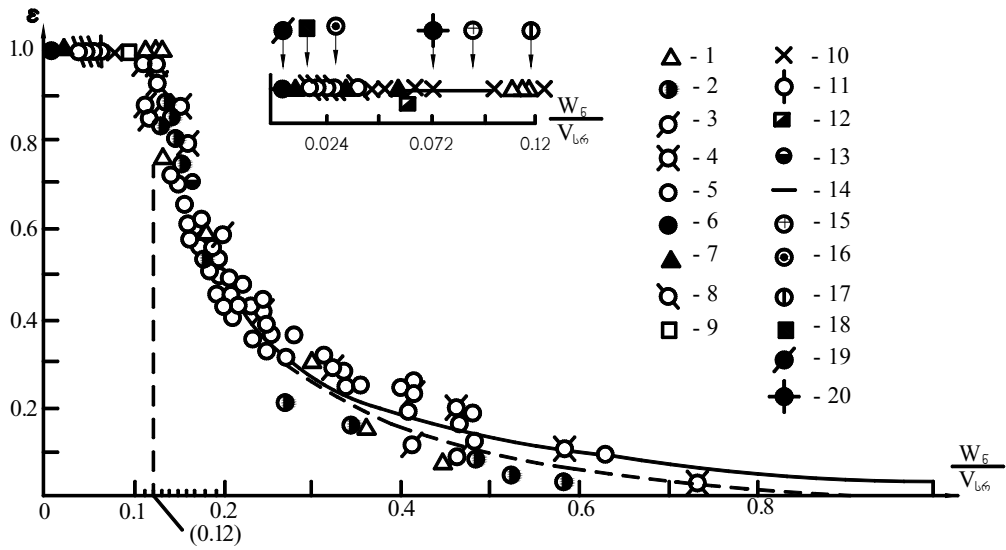
წლიური ჯამური ჩამონადენი (W_6); წყალსაცავის დალექვის მოცულობა პირველ (W_6') და მეორე (W_6'') სტადიაში.

რუსეთის, აშშ-ს, უზბეკეთისა და საქართველოს მთის წყალსაცავებზე ჩატარებული კვლევების თანახმად, წყალსაცავის „ამღვრევის“*** ცვლილების ხარისხი შეიძლება გაიყოს ორ სტადიად [2, 3] (ნახ. 1).

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

**) გლობალური დათბობისა და გახშირებული წყალდიდობების გამო მითითებული მაჩვენებლის პროგნოზირება აუცილებელია ჩატარდეს არა მრავალწლიური საშუალო წლიური ჩამონადენის გაანგარიშებით, არამედ ბოლო 15 წლის აღნიშნული მდინარეების საშუალო წლიური წყლის ჩამონადენის და ამ პერიოდისათვის შესაბამისი ნატანის ჩამონადენის საშუალო წლიური მნიშვნელობის გათვალისწინებით

***) აქ და შემდგომ ტერმინი „ამღვრევა“, ჩვენი აზრით, უფრო შეესაბამება განსახილველ მოვლენას, ვიდრე ტერმინი „ჩაწმენდა“ (осветление), რომელიც მიღებულია რიგი კვლევარების მიერ



ნახ. 1. წყალსაცავის დაღეჭვის პროცესის გრაფიკი პირველ და მეორე სტადიაში

1. ფარხადის ბიეფი, 1949 წ.; 2. იგივე, 1951 წ.; 3. იგივე, 1952 წ.; 4. ხიშრაუსის ბიეფი, 1958 წ.;
5. ლაბორატორიული მონაცემები; 6. ყარა-ყუმის წყალსაცავი; 7. ტაშკერპრინის წყალსაცავი (1939-1961 წწ.); 8. ტეჯენის წყალსაცავი (1950-1959 წწ.); 9. ბოზ-სუისის ბიეფი; 10. ლაბორატორიული ბიეფი №1; 11. ოსტინის წყალსაცავი (აშშ); 12. ბოსენი (აშშ); 13. უჩკურგანის პესის ბიეფი;
14. ფორმულა (4); 15. სიონის წყალსაცავი (2011წ.); 16. თბილისის წყალსაცავი, 2011 წ.; 17. ჟინვალის წყალსაცავი (2011); 18. ხრამის წყალსაცავი (2011 წ.); 19. შაორის წყალსაცავი (2011წ.); 20 ალგეთის წყალსაცავი (2011წ.)

– პირველ სტადიაში ამღვრევის ხარისხი მუდმივი რჩება და 1-ის ტოლია ($\epsilon = W_{\text{საანგ.}} / W_6$);

– მეორე სტადიაში, იმის მიხედვით, თუ როგორ იზრდება $W_6 / V_{\text{სრ.}}$, ამღვრევის ხარისხი მცირდება 1-დან 0-მდე. თუ არ გავითვალისწინებთ ჩარეცხვებს ზედა ბიეფიდან, მაშინ პირველ სტადიაში ხდება ნატანის სრული დაღეჭვა და, ე.ი. $\epsilon = 1$.

მეორე სტადიაში გადასვლისას იწყება შეტივტივებული ნატანის ქვედა ბიეფში გამოტანა. ნატანის დაღეჭვის პირველი სტადიიდან მეორე სტადიაში გადასვლის მაჩვენებელია [1÷3], ნახ. 1:

$$W_6 / V_{\text{სრ.}} \leq 0.12 \quad (1)$$

ანუ,

$$V_{\text{სრ.}} \geq 8.22 W_6 \quad (2)$$

მაშინ, წყალსაცავის დაღეჭვის პერიოდი (T) პირველი სტადიის განმავლობაში იქნება:

$$T = V_{\text{სრ.}} / Q_6, \quad (3)$$

სადაც Q_6 – ნატანის საშუალო წლიური ხარჯია.

წყალსაცავის დაღეჭვის მეორე სტადიაში (კრიტიკულ სტადიაში) ამღვრევის ხარისხის (ϵ) ცვლილება შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით:

$$\epsilon = 0,041 (W_{\text{საანგ.}} / W_6)^{-1,5} \quad (4)$$

რომელიც წარმოდგენილია ნახ. 1-ზე უწყვეტი წილით.

მეორე სტადიის დაღეჭვის პერიოდი (t'') იქნება:

$$t'' = \frac{48,8 W_{\sigma}^{1,5}}{Q_{\sigma}} \left(\frac{1}{\sqrt{W'_{\sigma} - W''_{\sigma}}} - \frac{1}{\sqrt{W'_6}} \right) \quad (5)$$

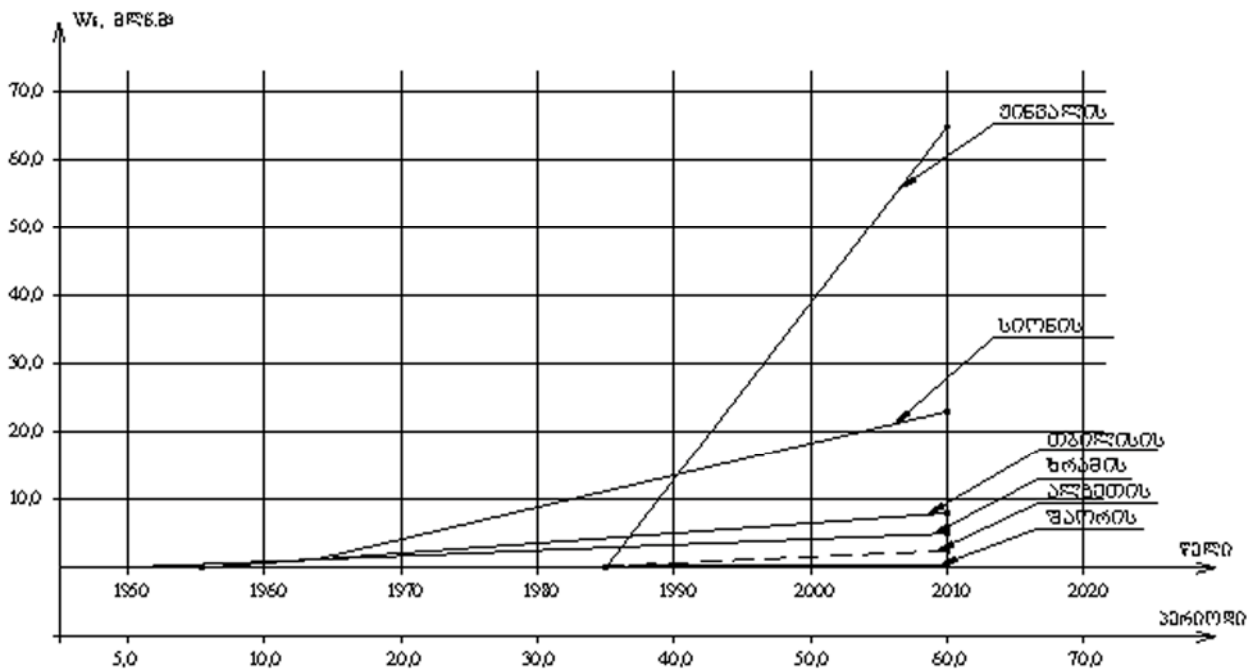
შესაბამისად, დანაღეჭის მოცულობა იქნება:

$$W''_{\sigma} = W'_{\sigma} - \frac{1}{\left(\frac{t Q_{\sigma}}{48,8 W_{\text{საანგ.}}^{1,5}} + \frac{1}{W'_{\sigma}} \right)} \quad (6)$$

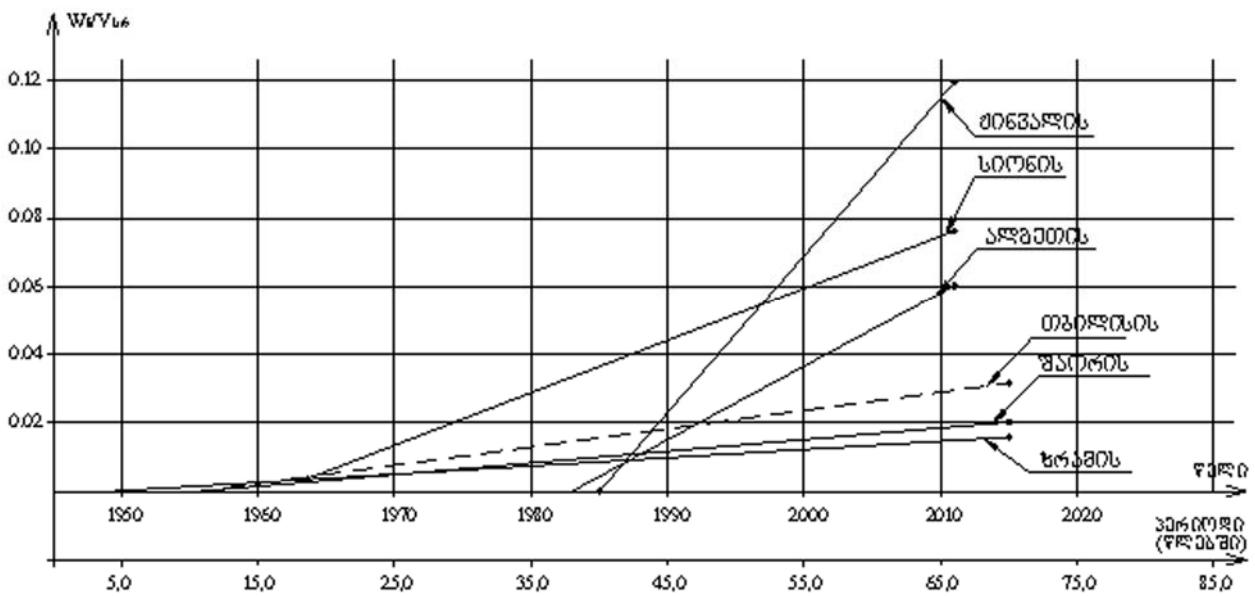
ჟინვალის, თბილისის, სიონის, შაორის, ალგეთის და ხრამის (წალკის) წყალსაცავებზე ჩატარებული კვლევების შედეგები მოყვანილია ცხრ. 1, ნახ. 2, 3.

მითის წყალსაცავების დაღეჭვის ძირითადი მაჩვენებლები (2011 წლისთვის)

№	წყალსაცავის დასახელება	სრული მოცულობა (V _{სრ}), მლნ მ ³	ექსპლუატაციაში შესვლის წელი	ნ.შ.დ. ნიშნული, მ	$\frac{L}{B}$ სიგრძე (L), კმ სიგანე (B), კმ	მაქს. სიღრმე (H), მ	სარკის ფართობი (F), კმ ²	დაგროვილი ნატანის მოცულობა 1995 წლამდე, მლნ მ ³	ნატანის დაგროვების ინტენსივობა ექსპლუატაციის დაწყებიდან-1995 წლამდე (W _წ), მლნმ ³ /წელი	ნატანის მოცულობა 1995-2011წწ. (W _წ), მლნმ ³	ნატანის დაგროვების ინტენსივობა 1995-2011წწ. (W _წ), მლნმ ³ /წელი	დაგროვილი ნატანის ჯამური მოცულობა (W _წ), მლნმ ³ 2011 წლამდე	$\frac{W}{V_{სრ}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	ქინვალის	520.0	1985	810.0	$\frac{12.0}{1.0}$	98.0	11.52	22.0	0.22	41.0	2.5	65.0	0.12
2	სიონის	325.0	1963	1068.0	$\frac{11.5}{2.0}$	68.0	11.4	13.09	0.41	11.66	0.77	24.75	0.077
3	ხრამის	312.0	1949	1512.0	$\frac{14.0}{3.5}$	25.0	34.0	3.90	0.08	3.0	0.20	6.2	0.019
4	თბილისის	215.0	1956	548.0	$\frac{9.0}{2.0}$	45.0	11.8	3.80	0.09	2.7	0.20	6.5	0.03
5	შაორის	71.0	1955	1132.0	$\frac{7.5}{3.0}$	12.3	13.2	0.80	0.02	0.8	0.05	1.6	0.02
6	ალგეთის	65.0	1983	792.5	$\frac{4.2}{1.2}$	72.0						3.7	0.06



ნახ. 2. მითის წყალსაცავების დაღეჭვის მოცულობა



ნახ. 3. მთის წყალსაცავების დაღეჭვის ინტენსივობა

საქართველოს რიგ წყალსაცავებზე ექსპედიციების დროს სამეცნიერო ჯგუფის მიერ შეგროვილი მასალის და აღრიხდელი მონაცემების ბაზაზე გაანალიზებისას [1, 2] დადგინდა, რომ: სიონის წყალსაცავის (საპროექტო მოცულობა 325 მლნ მ³) ექსპლუატაციის დასაწყისიდან 47 წლის მანძილზე (1963÷2010წწ.) მის ტაფობში დაგროვდა სულ $W_{\text{გაქ}} = 24.75$ მლნ მ³ მოცულობის ნატანი. აქედან, ექსპლუატაციის პირველი 32 წლის მანძილზე (1963÷1995წწ.) დაგროვდა 13.09 მლნ მ³ მოცულობის ნატანი (წელიწადში – 0.41 მლნ მ³), ხოლო ბოლო 16 წლის მანძილზე (1995÷2011წწ.) დაგროვდა 11.66 მლნ მ³ მოცულობის ნატანი (წელიწადში 0.77 მლნ მ³), (ნახ. 2, ცხრ. 1). ცხადია, რომ ნატანის მოცულობის 1.6-ჯერ ზრდა გამოწვეულია ბოლო წლებში გახშირებული წყალდიდობებით. პირობა (1)-ის მიხედვით სიონის წყალსაცავის დაღეჭვის პროცესი ჯერ პირველ სტადიაში იმყოფება $W_6 / V_{\text{ს6}} = 24.75:325.0 \approx 0.077 < 0.12$.

დალამის პროცესი ძირითადად, მიმდინარეობს კაშხალთან, თუმცა ლამოვან დანალექებში (20 მ სისქის) გეხვდება ცალკეული ქვები დიამეტრით 0.3 მ-მდე, რომლებიც ჩამოტანილია წყალსაცავში წყალდიდობების დროს ახლომდებარე ხრამებიდან; წყალსაცავის ზედა ნაწილში მიმდინარეობს დაღეჭვის პროცესები. 2011 წლისათვის სიონის

წყალსაცავის ტაფობში წყლის მოცულობა შემცირდა 7%-ით და იგი შეადგენს $325.0 - 24.75 = 300.25$ მლნ მ³.

თბილისის, ხრამის, ალგეთის და შაორის წყალსაცავებზე ჩატარებული კვლევების შედეგების ანალოგიური ანალიზის საფუძველზე დადგინდა, რომ ამ წყალსაცავებში სელიმენტაციური პროცესები დაღეჭვის ჯერ პირველ სტადიაშია, ხოლო უინვალის წყალსაცავი უკვე დაღეჭვის მეორე სტადიის დასაწყისშია, რაც საჭიროებს დაუყოვნებლივი ღონისძიებების ჩატარებას: ტაფობის გაწმენდას და ტაფობამდე ნატანის ჩატანის საწინააღმდეგო ღონისძიებებს.

საქართველოს მთის წყალსაცავების უმეტესუნო მუშაობის საიმედოობის დასადგენად ჩატარდა ანგარიში, რომელიც ეფუძნება წყალსაცავების გაწმენდის იმ საიმედოობის (P_w) დადგენას, რომლის დროსაც წყალსაცავს არ დასჭირდება გაწმენდა 5 წლის მანძილზე თუნდაც 2 ჯერ [4]:

$$P_w = P_{(b=k)} = \frac{e^{-a}}{k!} a^k, \quad (7)$$

სადაც $a = 2$ – პუასონის განაწილების პარამეტრია;

$k=5$ – შემთხვევითი სიდიდეა, რომლის განაწილების დისპერსია ექვემდებარება ამ შემთხვევაში – პუასონის განაწილებას;

e – ნეპერის რიცხვია.

მაგალითი. თუ მივიღებთ, რომ წყალსაცავის გაწმენდის რაოდენობა ექვემდებარება პუასონის განაწილების კანონს, მაშინ $a = 2$, $k = 5$. მაშინ (7) თანახმად იმის ალბათობა, რომ 5 წლის მანძილზე წყალსაცავს არ დასჭირდება გაწმენდა 2-ჯერ მეტად მაინც, იქნება:

$$P_{(k=5)} = \frac{2^5 \cdot e^{-2}}{5!} = 0.0361 \quad (8)$$

საიდანაც ჩანს, რომ წყალსაცავს 5 წლის მანძილზე არ სჭირდება 2-ზე მეტი გაწმენდა

შემდეგი ალბათობით: $P = 1 - 0.0361 = 0.9639$.

მაშასადამე, წყალსაცავის უმტყუნო მუშაობისათვის საჭიროა, რომ მისი საიმედოობა იყოს საკმარის მაღალი. ცხადია, რომ წყალსაცავის ექსპლუატაციის ვადის გაზრდისათვის აუცილებელია მექანიკური და ჰიდრავლიკური რეგულარული გაწმენდა, ტყის მასივების აღდგენა და ახალი მასივების შექმნა, მდინარეების კალაპოტების ეროზიული პროცესების სტაბილიზაცია და ა.შ.

#

დასკვნები

წყალსაცავებზე ჩატარებულმა კვლევებმა გვიჩვენა, რომ თბილისის, სიონის, ხრამის, შაორის და ალგეთის წყალსაცავებში სედიმენტაციური პროცესები დალექვის ჯერ პირველ სტადიაშია, ხოლო ქინვალის წყალ-

საცავი უკვე დალექვის მეორე სტადიაშია.

წყალსაცავების უმტყუნო მუშაობისათვის საჭიროა მათი საიმედოობის მაღალი მნიშვნელობა.

ლიტერატურა

1. **ვარაშვილი ნ.გ., გობეჩია გ.ნ.** Инженерно-экологические проблемы создания и эксплуатации водохозяйственных систем с водохранилищами в горных регионах. "Мецниереба", Тбилиси, 2002 г., 512 с.
2. **იორდანიშვილი ი.კ., იორდანიშვილი კ.თ.** საქართველოს მთის წყალსაცავები და მათი ზემოქმედება გარემოზე. "უნივერსა-

- ლი", თბილისი, 2010წ., 340 გვ.
3. **სკრულინიკოვი ვ.ა.** Расчет заиления водохранилищ. //Гидротехническое строительство, №8, М., 1988г., с.30-33.
4. **მირცხულავა ც.ე.** Опасности и риски на некоторых водных и других системах. "Мецниереба", Тбилиси, 2003 г., 537 с.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОЛН
С БЕРЕГОВЫМИ ОТКОСАМИ, УКРЕПЛЕННЫМИ
КАМЕННОЙ НАБРОСКОЙ И ФАСОННЫМИ МАССИВАМИ**

**Иорданишвили И.К., Вартанов М.В., Иорданишвили К.Т.,
Иремашвили И.Р., Хосрошвили Е.З.**

Email: Irinaiord48@mail.ru

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

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы моделирования гидродинамических процессов на гладких откосах до прибойной зоны изучены достаточно полно. Что касается моделирования волновых процессов на откосах в зоне обрушения и в прибойной

зоне, укрепленной каменной наброской и фасонными массивами, то они изучены недостаточно. Поэтому исследование волновых процессов в указанной зоне является весьма важной задачей.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В практике гидро-инженерного строительства каменная наброска и фасонные массивы являются самыми распространенными типами крепления. Основным достоинством указанных типов крепления является значительная волногасящая способность и приспособление к деформациям откоса [1, 2].

До настоящего времени действующие нормативные указания не отвечают требованиям проектируемых и реабилитируемых берегоукрепительных сооружений. Поэтому для установления параметров и эффективности работы таких сооружений требуется постановка лабораторных экспериментов на стендах разного масштаба.

Для изучения в лабораторных условиях гидротехнических сооружений, находящихся под воздействием регулярных волн зыби, ветровых волн и ветра, необходимо соблюдение закона механического подобия, предпо-

лагающего наличие геометрического, кинематического и динамического подобий, а также одинаковых граничных и начальных условий. Используя способ анализа размерностей [3,4], выделим характерные параметры, определяющие физику процесса:

– параметры, характеризующие механическую систему: L (м) – геометрические размеры, M (кг·сек²·м⁻¹) – масса, K (кг·м⁻¹) – коэффициенты жесткости;

– параметры, характеризующие среду: ρ (кг·сек²·м⁻⁴) – массовая плотность, g (м·сек⁻²) – ускорение силы тяжести, ν (м²·сек⁻¹) – коэффициент кинематической вязкости, H (м) – глубина воды;

– параметры, характеризующие возмущение: t (сек) – период возмущающей силы, δA (м) – линейные амплитуды вынужденных колебаний, v (м·сек⁻¹) – максимальные скорости частиц жидкости при волнении.

^{*)} Проект выполнен с помощью финансовой поддержки национального научного фонда Грузии (проект GNSF/STO9-622-7-105). В публикации освещенные проблемы принадлежат авторам и не отражают мнение национального научного фонда Грузии.

Если для двух одинаковых физических процессов, отличающихся только численными значениями вышеперечисленных параметров, будут совпадать их безразмерные комбинации:

$$\frac{v}{\sqrt{gL}}; \frac{vL}{\nu}; \frac{vt}{L}; \frac{K}{\rho v^2 L}; \frac{M}{\rho L^3}; \frac{\delta A}{L}; \frac{H}{L}, \quad (1)$$

то согласно третьей теореме подобия эти процессы будут подобными, и тогда один из них может рассматриваться как «натура», а другой – как «модель».

Согласно π теореме [3,4,5], безразмерные искомые величины будут зависеть от безразмерных комбинаций, составленных из общего числа определяющих параметров:

Фруда
$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}} = idem, \quad (2)$$

Рейнольдса
$$Re = \frac{vL}{\nu} = idem, \quad (3)$$

Ньютона
$$Ne = \frac{K}{\rho v^2 L} = idem, \quad (4)$$

гомохронности (в нашем случае соответствует числу Струхаля)

$$Sh = \frac{vt}{L} = idem, \quad (5)$$

Коши
$$Ch = \frac{M}{\rho L^3} = \frac{\rho v^2}{E} = idem, \quad (6)$$

где E (кг·см⁻²) – модуль упругости материала.

В рассматриваемом случае, когда исследования проводятся в тяжелой несжимаемой жидкости, силы инерции играют существенную роль, а силы вязкости пренебрежимо малы, критерий (4) может быть заменен числом Эйлера:

$$E_u = p/\rho v^2 = idem, \quad (7)$$

где p (кг·см⁻²) - перепад давлений.

Если известен линейный масштаб исследований (a_L), то формулы пересчета натуральных измеряемых параметров могут быть представлены безразмерными соотношениями:

$$\begin{aligned} L_{нат}/L_{мод} &= a_L, t_{нат}/t_{мод} = a_t, v_{нат}/v_{мод} = a_v, \\ M_{нат}/M_{мод} &= a_M, F_{нат}/F_{мод} = a_F \text{ и т.д.,} \end{aligned}$$

где $a_L, a_t, a_v, a_M, a_F, a_p, a_\nu, a_{\delta A}, a_H, a_g, a_k$ – соответствующие масштабные коэффициен-

ты – линейных (L), временных (t), скоростных (v), массы (M), силы (F), массовой плотности (ρ), вязкости (ν), амплитуды колебания (δA), глубинных (H), ускорения силы тяжести (g), жесткости (K)- параметров, а индексы «нат» и «мод» отвечают значениям параметров для природы и модели.

В таблице 1 сведены масштабные множители для пересчета натуральных величин в модель. Идентичность проведения исследований с одной и той же жидкостью (водою) и одинаковыми материалами (камень, бетон) в натуре и модели обуславливает равенство масштабов моделирования ускорения силы тяжести (g), массовой плотности (ρ), кинематической вязкости (ν), модуля упругости материала (E) и упругих деформаций (ε) в рассматриваемой гидромеханической системе, значение которых всегда равно единице:

$$a_g = a_\rho = a_\nu = a_E = a_\varepsilon = 1$$

Связь между масштабными коэффициентами природы и модели представлена в виде индикаторов подобия:

$$\begin{aligned} a_v^2 / a_g a_L &= a_v a_L / a_\nu = a_v a_t / a_L = a_M / a_\rho a_v^2 a_L = \\ &= a_k / a_\rho a_L^3 = a_{\delta A} / a_L = a_H / a_L = 1 \end{aligned} \quad (8)$$

Из числа безразмерных комплексов (формулы 1-7) выделим определяющие критерии для моделирования волновых процессов на откосах, схема моделирования которых рассматривается для двух случаев: до зоны разрушения волн и в прибойной зоне.

1) Пересчет модельных гидродинамических характеристик в натуре до зоны разрушения волн. По результатам экспериментальных исследований, проведенных в разномасштабных стендах, для выявления определяющих критериев при моделировании волновых процессов до зоны обрушения волн, с достаточной для гидростроительной практики точностью, возможно производить по закону гравитационного подобия Фруда, где процессы протекают в автомодельной зоне. Тогда модельные гидродинамические характеристики с учетом линейного масштаба моделирования $a_L = h_{нат}/h_{мод} = \lambda_{нат}/\lambda_{мод} = H_{нат}/H_{мод}$

будут: $v_{мод} = v_{нат} \sqrt{a_L}$ (при этом $v = \sqrt{g\lambda / 2\pi}$)
 – линейная скорость перемещения гребня волны; $T_{мод} = T_{нат} / \sqrt{a_L}$ – временной период;
 $M_{мод} = M_{нат} / (L_L)^3$ – масса камня или фасонного блока; $W_{мод} = W_{нат} / a_L^3$ – объем камня;
 $\Omega_{мод} = \Omega_{нат} / (a_L)^2$ – площадь; $E_{мод} = E_{нат} / a_L$ – модуль упругости; $\varepsilon_{мод} = \varepsilon_{нат}$ – относительная упругая деформация; $(\varepsilon_{пор})_{мод} = (\varepsilon_{пор})_{нат}$ – коэффициент пористости; $\alpha_{мод}^o = \alpha_{нат}^o$ – угол заложения откоса; $F_{мод} = F_{нат} / (a_L)^3$ – сила; $I_{мод} = I_{нат} / (a_L)^5$ – момент инерции массы;

$K_{мод} = K_{нат} / (a_L)^2$ – коэффициент жесткости.

2) Пересчет модельных гидродинамических характеристик в натуре в прибойной зоне.

Пересчет волновых процессов на натуре по критерию Фруда в зоне разрушения и наката волн при любом масштабе приводит к значительным расхождениям [1,2]. Это несоответствие можно объяснить тем, что в натуре ветровая волна при обрушении оказывается в значительной мере азириванной, возрастает внешнее сопротивление воздушной среды, которое возникает при движении

Таблица 1

Масштабные множители для пересчета искомых величин

Условия механического подобия	Наименование физических величин	Масштабные множители	$Fr = v / \sqrt{gL}$ $g = idem$ $\rho = idem$	$Re = vL/\nu$ $\nu = idem$ $\rho = idem$	$Sh = vt / L$ $g = idem$ $\rho = idem$	$E_u = p/\rho v^2$ $g = idem$ $\rho = idem$	$Ch = \rho v^2/E$ $E = idem$ $\rho = idem$
1	2	3	4	5	6	7	8
Геометрическое подобие	Линейные размеры	a_L	a	a	a	a	a
	Площади	a_Ω	a^2	a^2	a^2	a^2	a^2
	Объемы	a_W	a^3	a^3	a^3	a^3	a^3
Кинематическое подобие	Промежутки времени, периоды	a_t	$a^{1/2}$	a^2	$a^{1/2}$	$a^{1/2}$	a
	Частоты колебания	a_σ	$a^{-1/2}$	a^{-2}	$a^{-1/2}$	$a^{-1/2}$	a^{-1}
	Линейные скорости	a_v	$a^{1/2}$	a^{-1}	$a^{1/2}$	$a^{1/2}$	1
	Линейные ускорения	a_v^*	1	a^{-3}	1	1	a^{-1}
	Углы	a_θ	1	1	1	1	1
	Угловые скорости	a_θ^*	$a^{-1/2}$	a^{-2}	$a^{-1/2}$	$a^{-1/2}$	a^{-1}
	Угловые ускорения	a_θ^{**}	a^{-1}	a^{-4}	a^{-1}	a^{-1}	a^{-2}
Динамическое подобие	Масса	a_M	a^3	a^3	a^3	a^3	a^3
	Силы	a_F	a^3	1	a^3	a^3	a^2
	Моменты инерции масс	a_I	a^5	a^5	a^5	a^5	a^5
	Коэффициенты жесткости	a_K	a^2	a^{-1}	a^2	a^2	a
	Модули упругости материала	a_E	a	a^{-2}	a	a	1
	Относительные деформации	a_ε	1	1	1	1	1

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОЛН С БЕРЕГОВЫМИ ОТКОСАМИ, УКРЕПЛЕННЫМИ КАМЕННОЙ НАБРОСКОЙ И ФАСОННЫМИ МАССИВАМИ

падающей с гребня волны струи, повышается степень турбулизации и пульсации внутреннего давления в водной среде в зоне разрушения волны.

Сложная картина явления возникает в подплитной области крепления от воздействия разрушающихся на откосе волн. Здесь на результаты исследования существенное влияние оказывают силы сцепления грунта, гидродинамическое противодействие, размер фракций фильтра и основания, вибрационные параметры системы плита-грунт и пр., что существенно усложняет задачу моделирования. Для снижения влияния вышеперечисленных факторов приходится прибегать к особо крупным моделям.

На основе исследований, проведенных в трех разномасштабных стендах Грузинского Института водного хозяйства (0,3×0,55×10,0 м; 0,75×1,5×52 м и 7,0×0,5×7,0 м), определены поправочные коэффициенты для пересчета: высоты наката волн ($K_{run up}$), максимального волнового давления (K_p) разбитой волны и диаметра каменной наброски (K_d).

Пересчет модельной высоты наката волн ($(h_{run up})_{mod}$) на натуру ($(h_{run up})_{nat}$) производится по зависимости:

$$(h_{run up})_{mod} = (h_{run up})_{nat} \cdot K_{run up} / a_L, \quad (9)$$

где a_L – линейный масштаб модели;

$K_{run up} = f(Re)$ – поправочный масштабный

коэффициент высоты наката $K_{run up} = 0,7-1,0$ (рис.1) (с точностью, достаточной для инженерных расчетов для каменной наброски $K_{run up} = 0,85$, для бетонных массивов – $K_{run up} = 0,7-0,8$ – в зависимости от типа бетонных массивов).

Пересчет модельного максимального волнового давления (P_{mod}) на откосе в натуре (P_{nat}) производится по зависимости:

$$P_{mod} = P_{nat} \times K_p / a_L, \quad (10)$$

где a_L – линейный масштаб модели; P_{nat} – максимальное волновое давление в натуре; K_p – масштабный поправочный коэффициент давления, $K_p = 0,6-1,0$ (рис.2) (с точностью, достаточной для инженерных расчетов, можно принять $K_p = 0,8$).

Пересчет модельного максимального диаметра каменной наброски (d_{mod}) на откосе в натуре (d_{nat}) производится по зависимости:

$$d_{mod} = d_{nat} \times a_L \times K_d, \quad (11)$$

где d_{mod} , d_{nat} – диаметр каменной наброски модели и натуре; a_L – линейный масштаб модели; K_d – масштабный поправочный коэффициент диаметра каменной наброски.

Значения масштабного поправочного коэффициента диаметра каменной наброски (K_d) зависят от формы камня и Re (с точностью, достаточной для инженерных расчетов, можно принять для рваного камня – $K_d = 1,4$, для окатанного – $K_d = 1,2$).

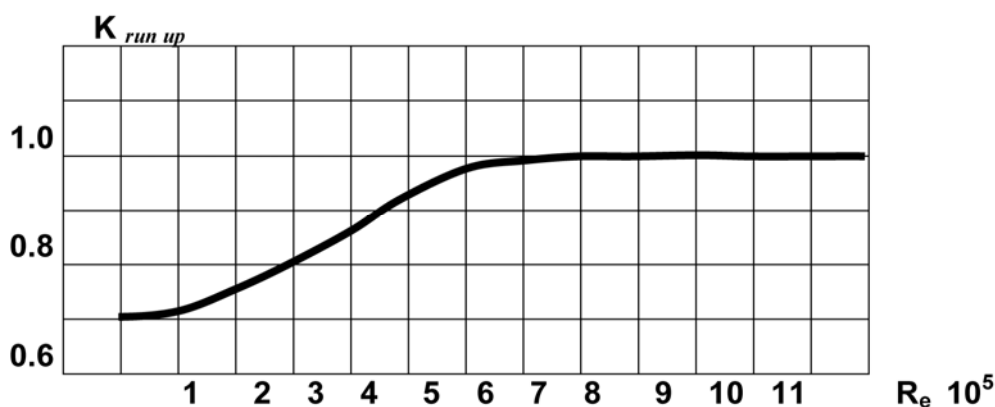


Рис. 1. Осредненный график масштабного поправочного коэффициента высоты наката волн ($K_{run up}$) при моделировании волн в прибойной зоне

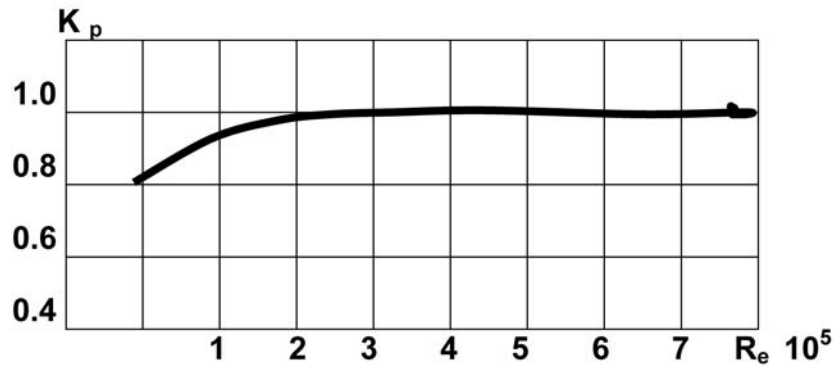


Рис. 2. Осредненный график масштабного поправочного коэффициента максимального волнового давления (K_p) при моделировании волн в зоне обрушения

Равенство значений модельной и натурной пористости наброски $(\varepsilon_{пор})_{мод} = (\varepsilon_{пор})_{нат}$ подтверждено анализом теоретического уравнения движения жидкости через пористые среды в природе и на модели [6,7]. Если в уравнение движения тяжелой несжимаемой жидкости ввести множитель $1/\varepsilon_{пор}$ ($\varepsilon_{пор}$ – отношение объема пор в массиве к общему объему) при производной проекции скоростей во времени, то оно имеет вид:

$$\frac{1}{\varepsilon_{пор}} \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \frac{1}{\rho} grad P^* + gJ = 0 \quad (12)$$

Значение P^* может быть представлено как $P^* = P + gpZ$. Тогда уравнение (12) примет вид:

$$\frac{1}{\rho} grad P^* = \frac{1}{\rho} grad P + grad gZ \quad (13)$$

или

$$\frac{1}{\varepsilon_{пор}} \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \frac{1}{\rho} grad P + gJ + grad gZ = 0 \quad (14)$$

Соответственно для модели будет:

$$\frac{1}{(\varepsilon_{пор})_{мод}} \frac{\partial \vec{V}_{мод}}{\partial t_{мод}} + \frac{1}{\rho} grad P_{мод} + gJ_{мод} + grad gZ_{мод} = 0 \quad (15)$$

При использовании однородной жидкости на модели и в натуре:

$$\frac{1}{\rho} grad P_{мод} = \frac{1}{\rho} grad P_{нат} \quad (16)$$

$$grad gZ_{мод} = a_L grad gZ_{нат}$$

Тогда для удовлетворения подобия необходимо решить два условия:

$$\frac{1}{(\varepsilon_{пор})_{нат}} \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} \right)_{нат} = \frac{1}{(\varepsilon_{пор})_{мод}} \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} \right)_{мод} \quad (17)$$

$$gJ_{нат} = gJ_{мод} \quad (18)$$

Учитывая, что согласно гравитационному закону подобия (таблица 1) $v_{мод} = a_L^{0.5} v_{нат}$ и

$$t_{мод} = a_L^{0.5} t_{нат}, \text{ будем иметь } \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} \right)_{мод} = \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} \right)_{нат}$$

и, следовательно, для удовлетворения условия (17) должно сохраняться равенство:

$$\frac{1}{(\varepsilon_{пор})_{нат}} = \frac{1}{(\varepsilon_{пор})_{мод}}$$

или

$$(\varepsilon_{пор})_{нат} = (\varepsilon_{пор})_{мод}, \quad (19)$$

т.е. достаточно, чтобы коэффициент пористости на модели и в натуре были однозначными.

Полученное в лабораторных исследованиях двухмерное волнение при пересчете в трехмерное волнение природы сопровождается несовпадением количественных характеристик. В этих условиях необходимо установить взаимосвязь между спектром элементов глубоководных трехмерных и эквивалентных им двухмерных трансформированных волн. По данным А.А. Смирнова [8] за средние эквивалентные двухмерные волны могут быть приняты те трехмерные волны, величины высот которых в открытом водоеме и на мелкой воде остаются без изменения. За таковые могут быть приняты трехмерные волны 1% -ой обеспеченности. Рекомендована зависимость, по которой может быть определена средняя

величина эквивалентной двухмерной высоты
волны по зависимости:

$$h_{\text{двухм}}^{\text{нат}} = h_{\text{трехм,1\%}}^{\text{нат}} 0,83 \quad (20)$$

ВЫВОДЫ

- Выбор линейного масштаба модели (a_L) основан на создании в бассейне максимально возможных высот волн.
- Основные параметры моделируемых волн до зоны их обрушения подбираются из условия принятых размеров волн природы и масштаба моделирования по правилам гидравлического по-

добия Фруда $Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}}$.

- В прибойной зоне пересчет модельных значений волновых характеристик производится с помощью поправочных масштабных коэффициентов.

Литература

1. **Иорданишвили И.К.** Динамика внутриводоемных процессов горных водохранилищ Грузии. "Мецниереба", Тбилиси, 2004г., 194 с.
2. **იორდანიშვილი ი.კ., იორდანიშვილი კ.თ.** მთის წყალსაცავები და მათი ზემოქმედება გარემოზე. „უნივერსალი“, თბილისი, 2010, 340 გვ.
3. **Ногид Л.М.** Теория подобия и размерностей, Судпромгиз, 1967г.
4. **Седов Л.И.** Методы подобия и размерности в механике, Гостехиздат, 1957г.
5. **Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В.** Теоретическая гидромеханика, Ч.1, М., 1955г.
6. **Аравин В.С., Нумеров С.Н.** Теория движения жидкостей и газов в неоднородной пористой среде. М., 1953г.
7. **Кристен Н.И.** Подземная гидравлика, Ч.1 и II, 1961 г.
8. **Смирнов А.А.** Трансформация волн на пологом склоне //Гидротехника и мелиорация, №1, 1960.

**ქვათაცვენის საწინააღმდეგო ღონისძიებები საქართველოს
საავტომობილო და სარკინიბზო სატრანსპორტო დერეფანში *)**

ინგა ირემაშვილი, ირაკლი ფირცხალაიშვილი

Email: ingairema@yahoo.com

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

შეშავალი

კლიმატის შეუქცევადი ცვლილებების გამო იმატა ქვათაცვენით გამოწვეულმა კატასტროფებმა, რასაც მიყვავართ დიდ ფინანსურ დანაკარგებამდე და აგრეთვე არის ადამიანების დაღუპვის შემთხვევები. უმეტესწილად ქვათაცვენის გამომწვევი მიზეზებია, როგორც **ბუნებრივი, ასევე ტექნოგენური ფაქტორები:**

ქარისმიერი ეროზია – კლდოვანი უბნების ეროზია წარმოიქმნება ქარის ზემოქმედებით და ასევე წვიმის დროს (**წვიმისმიერი ეროზია**) ქანების ნაწილაკების გამორეცხვით, სეზონური ტემპერატურული მერყეობის გამო ეს პროცესი ჩქარდება.

ვიბრაცია – დამაჩქარებელი ფაქტორია ასევე სატრანსპორტო მაგისტრალზე სხვადასხვა სახეობის ტრანსპორტის მოძრაობის შედეგად წარმოქმნილი ვიბრაცია, რაც აჩქარებს ქანების დეფორმაციას და ნაპრალების გაზრდას.

მიწისძვრა – მთიანი მასივების ყველაზე მძლავრი და დამანგრეველი ზემოქმედებაა.

თოვლის ზეგავები – წარმოიქმნება მთის ფერდობზე თოვლის ჭარბი რაოდენობის დაგროვების შედეგად. მზით გამთბარი ჰაერის თბილი ნაკადი იწვევს მთის ფერდობის ზედაპირზე თოვლის გადნობას, მის ნაპრალებში ჩადინებას, ხოლო ღამით ტემპერატურის ვარდნისას, იგი იყინება და წარმოიქმნება ყინულოვანი ქერქი. თუ თოვლის სისქე აღემატება 12 სანტიმეტრს, იზრდება თოვლის მასის სიმკვრივე, ხდება მისი მოწყვეტა და ხშირ შემთხვევაში, კლდოვან მასასთან ერთად ჩამოცურება მთის ფერდობებიდან.

ლაბორატორიული კვლევების შედეგად დგინდება გრუნტის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები, რაც საშუალებას იძლევა სწორად შეირჩეს ფერდობის გასამაგრებელი სამუშაოების ტიპი.

ტექნიკური გადაწყვეტილების მისაღებად აუცილებელია გავითვალისწინოთ ყოველი რეგიონის კლიმატური თავისებურებები.

პირითადი ნაწილი

ქვათაცვენისაგან დაცვის ხერხები და მეთოდები:

- 1. შერჩევითი მეთოდი** – ამ მეთოდით ხდება საშიში უბნების მოცილება, სახიფათო ქვების მოცილება (ჩამოყრა), რათა თავიდან იქნეს აცილებული უკონტროლო ქვათაცვენა.
- 2. ტროსით მოჭიმვა** – ეს ხერხი საშუა-

ლებას იძლევა დამაგრდეს ქვები მანამ, სანამ მოხდება მათი კონტროლირებადი ჩამოყრა.

- 3. ჰიდრო სოლები** – გამოიყენება დიდი ქვების მასივებისა და უარყოფითი კუთხით გადმოხრილი ქვების დასამაგრებლად.

*) პროექტი განხორციელდა საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის (გრანტი №GNSF/STO9-977-5-250) ფინანსური მხარდაჭერით. წინამდებარე პუბლიკაციაში გამოქვეყნებული ნებისმიერი მოსაზრება ეკუთვნის ავტორს და შესაძლოა არ ასახავდეს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ინტერესებს.

4. ლითონის ბადეები – ამ მეთოდით არამარტო ქვებს იცავენ თვითნებური ჩამოვარდნისაგან, არამედ ზამთარში ხდება თოვლის დაკავება, რაც იცავს გარემოს ზვავსა-შიშროებისაგან

5. ზვავსაჭრელი კონსტრუქციები – ეს კონსტრუქციები მაგრდება ფერდობზე, რათა ქვათაცვენისა და ზვავის ვარდნის დროს თოვლის მასა დაანაწევროს და ამით შეამციროს მისი კინეტიკური ენერჯია, ხოლო ქვემოთ დამაგრებული თოვლსაჭერი ხაფანგები კი თავიდან ააცილებს დანაწევრებული ზვავის ჩამოვარდნას სატრანსპორტო მაგისტრალს.

6. უნივერსალური ტიპის კონსტრუქციები – ასეთებია ლითონ-ტროსული ხაფანგები, რომლებიც გამოიყენება როგორც ქვათაცვენის, ასევე ზვავების დროს. ისინი მონტაჟდება სატრანსპორტო მაგისტრალების გასწვრივ და იჭერს ჩამოვარდნილ ქვებს.

არსებობს მრავალი მეთოდი ქვათაცვენის ასაცილებლად, ისინი შეიძლება იყოს როგორც პასიური, ისე აქტიური. უმთავრესია გვესმოდეს ამ პრობლემის სერიოზულობა და საფრთხე, რათა დროულად მოხერხდეს ქვათაცვენის თავიდან აცილება.

ცალკეული ქვების ჩამოვარდნის საშიშროების შემთხვევაში დამცავი ღონისძიებები უმჯობესია მათი ხელოვნურად მოცილების ან დაზიანებული ზონის გამაგრების საშუალებით განხორციელდეს. ხშირად ფერდობის გამაგრება ქვათაცვენის პროცესებისაგან დასაცავად (მაგალითად საგზაო, სარკინიგზო მაგისტრალების, საცხოვრებელი კვარტლების, ცალკეული მნიშვნელოვანი სამრეწველო ობიექტების) და მისი მდგრადობის უზრუნველყოფის მიზნით ხორციელდება შედარებით ძვირადღირებული დამცავი ღონისძიებებით, როგორცაა ფერდობის ტერასირება, ქვაყრილის დამცავების მოწყობა და ა.შ.

ყოველივე ზემოაღნიშნული მიმართულია ქვათაცვენისგან გზის დასაცავად და არა მის შესაჩერებლად. ფერდობების ადგილობრივი მდგრადობის შენარჩუნების მხრივ ძირითად სამოქმედო ღონისძიებად შეიძლება ჩაითვალოს მათი ზედაპირების გამაგრება. არჩეულმა და გატარებულმა ზომებმა უნდა შეაჩეროს ან შეწყვიტოს (ან ჰქონდეს ორმაგი ეფექტი) დეფორმაციის, ლოკალური ჩამოხეთქვა-მოხლეჩვის, ჩამოცოცება-ჩამოწოლის, ეროზიის განვითარება. ჩატარებულმა დამ-

ცავმა და იზოლაციურმა ღონისძიებებმა უნდა უზრუნველყოს ფერდობის ზედაპირული ფენის იზოლირება ტემპერატურული ზემოქმედების, ატმოსფერული ნალექების შეწოვისა და გრუნტის წყლების გატარებისაგან. ყველა გასამაგრებელი ღონისძიების გამოყენების ძირითადი პრინციპია – აქტიური ზონის ფარგლებში უზრუნველყოს გრუნტის მდგრადობა და სტაბილურობა. ამისათვის მხედველობაში უნდა მივიღოთ ის, რომ ღონისძიების არჩევა და შემდგომ მისი განხორციელების ტექნოლოგია მიმართული უნდა იყოს გამოფიტვის და ეროზიის გამოსარიცხი პირობების შესაქმნელად.

ფერდობების დაცვის ახალი, პერსპექტიული და რაციონალური მეთოდი დამცავი ფენის მოწყობა ან კონსტრუქცია (ფოტო 1), შესრულებული პნევმონაშხეფი მასალისგან, მაგალითად ტორკრეტბეტონით ან შპრიცბეტონით.



ფოტო 1. ეროზირებული ფერდობის გამაგრება ტორკრეტბეტონის მეთოდით იტალიის მაგალითზე

სახდვარგარეთ მათ უმეტესად გამოიყენებენ კლდოვანი ფერდობების ეროზიისაგან დასაცავად. ასეთი გადაწყვეტა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც ბუნებრივი ფერდობების გასამაგრებლად, ასევე ხელოვნურად ნაყარ ფერდობზე მიწის სამუშაოების წარმოებისას გრუნტის ფენოვანი დატკეპნისა და შემდგომ მასზე ანკერების მონტაჟის შემდეგ (ფოტო 2).

ზემოაღნიშნული ღონისძიებები გატარდა საქართველოს ევრაზიის საავტომობილო დერეფნის 151-ე კმ-ზე, რიკოთის უღელტეხილზე, სოფ. ხევის მიმდებარე ტერიტორიაზე და ზესტაფონის რაიონის სოფ. წევას მიმდებარე ტერიტორიაზე არსებულ სარკინიგზო დერეფანში (ფოტო 3, 4).



ფოტო 2. ეროზირებულ ფერდობზე ანკერების მონტაჟი იტალიის მაგალითზე

ტორკრეტბეტონის საფარველის მოწყობამდე აუცილებელია ფერდობების გაწმენდა მტვერისა და ნაშალი ქანებისაგან (ფოტო 5, 6).



ფოტო 5. ფერდობის გაწმენდა საავტომობილო გზის საკვლევე უბანზე



ფოტო 3. საავტომობილო გზის საკვლევი უბანი



ფოტო 6. ფერდობის გაწმენდა რკინიგზის მიმდებარე საკვლევე უბანზე



ფოტო 4. სარკინიგზო გზის საკვლევი უბანი

ნაშალისაგან გაწმენდის შემდეგ ერთმანეთისგან ყოველი 0.7-1.0 მ-ის დაშორებით კლდეში ფერდობის ზედაპირის მართობულად ამაგრებენ პერიოდული პროფილის არმატურის ლითონისაგან დამზადებულ ანკერებს, დიამეტრით 16-18 მმ. მათზე მაგრდება ლითონის ბადე, რომელიც არის 2-4 მმ სისქის და 100×100 მმ ზომის უჯრედით (ფოტო 7, 8) და დაიტანენ მასზე ბეტონის თანაბარ ფენას სისქით 3-5 სმ.

არმატურის ბადის დამაგრების შემდეგ გამზადებული ზედაპირის დასაფარად გამოყენებულ იქნა წვრილმარცვლოვანი ბეტონი (მარკით 300). ტორკრეტბეტონის შეჭიდულობის და გამყარების დასაჩქარებლად ნარევეში შეყვანილ იქნა სუპერპლასტიფიკატორი

"C-3" ცემენტის მასის 0.2% რაოდენობით, რისი მეშვეობითაც მიღებული ტორკრეტის ფენა გამოირჩევა მექანიკური სიმტკიცით, სიმკვრივეთ, წყალგაუმტარობით და ყინვა-მედეგობით (ფოტო 9, 10).



ფოტო 7. ბეტონქვეშა ლითონის ბადის ანკერებით გამაგრება საავტომობილო გზის საკვლევე უბანზე



ფოტო 8. ბეტონქვეშა ლითონის ბადის ანკერებით გამაგრება რკინიგზის მიმდებარე საკვლევე უბანზე



ფოტო 9. დაბეტონებული ზედაპირი საავტომობილო გზის საკვლევე უბანზე



ფოტო 10. დაბეტონებული ზედაპირი რკინიგზის მიმდებარე საკვლევე უბანზე

სამუშაოების და მასალების ხარჯთაღრიცხვა ტორკრეტირების მეთოდით ფერდობის დაბეტონებისას

№	დასახელება	განზ. ერთ.	რაოდ-ბა	ღირებულება		შენიშვნა
				ერთ. ლარი	სულ ლარი	
I. მასალები:						
	1. ლითონის ანკერები	ც	30	1	30	10 მ ² -ზე
	2. ლითონის ბადე	მ ²	10	2.0	20	
	3. წვრილმარცვლოვანი ბეტონი	მ ³	0.5	140	70	
II. სამუშაოები:						
	1. ანკერების ჩასმა და მათზე ბადის მიმაგრება	მ ²	10	3	30	
	2. ბეტონის დატანა ტორკრეტირების აპარატით	მ ²	10	20	200	ეს თანხა აპარატის ქირავნობის შემთხვევაშია, ხოლო მისი შექმნის შემთხვევაში სამუშაოს თვითღირებულება საგრძნობლად კლებულობს 25 ლარამდე და დიდი ფართობის შემთხვევაში 17 ლარამდეც
	სულ 10 მ ² -ზე				350	
	1 მ ² -ზე				35	

ტორკრეტის ფენის გარე ზედაპირს, საჭიროების შემთხვევაში, დატანის შემდეგ მაშინვე ამუშავენ (გამყარებამდე), ირწყვება და შემდეგ ბეტონის იზოთერმული პროცესების დაჩქარების მიზნით მასზე ეწყობა მარტივი ჰელიოდანადგარი – პოლიეთილენის აფსკი. მარტივი ჰელიოდანადგარი საშუალებას იძლევა ვაწარმოთ რკინაბეტონის ნაკეთობების თბური დამუშავება. ასეთი ხერხით დატანილი ბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე და ჭიმვაზე იზრდება 2-3-ჯერ, მატულობს შეჭიდულობა არმატურასთანაც.

სამუშაოების და მასალების ხარჯთაღრიცხვა ტორკრეტირებული ზედაპირის 10 მ²-ზე მოცემულია ცხრ. 1-ში.

სენსიტიური უბნიდან ჩამოცვენილი კლდოვანი მასის სინჯების ქიმიური და გეოტექნიკური ანალიზის შედეგების დამუშავების საფუძველზე მათი გამოფიტვის მიზეზების დადგენის მიზნით დადგინდა, რომ ორივე უბნის ტერიტორიაზე გავრცელებული ვულკანოგენური (მაგმური გენეზისის კლდოვანი ქანები, დიაბაზი და პორფირიტ-ბაზალტი) ქანები განეკუთვნება დარბილვად ქანებს, მათი მაღალი სიმტკიცე განპი-

რობებულია იმ კრისტალიზაციური კავშირებით, რომლებიც წარმოიქმნა მაგმის დაკრისტალეების ან მეტამორფიზმის პროცესში. საღ, გამოუფიტავ, დაუნაპრაღიანებელ პირობებში ასეთი ქანები პრაქტიკულად უზრუნველყოფს მასზე ნებისმიერი ტიპის ნაგებობის მშენებლობის საიმედოობას, მაგრამ როდესაც ისინი განლაგებულია აქტიური გამოფიტვის ზონაში, ინტენსიურად მიმდინარეობს როგორც მექანიკური, ისე ქიმიური გამოფიტვის პროცესები. ასეთი ქანებით აგებული ფერდობები, განიცდის რა ინტენსიურ გამოფიტვის პროცესებს, განაპირობებს ძირითადი კლდოვანი მასივებიდან ცალკეული განმხოლოებული ქვებისა და ლოდების ამოვარდნის პროცესს და მათ დაგროვებას ფერდობის ძირში გრავიტაციული გადაადგილების შედეგად.

გამოფიტვა დედამიწაზე ერთ-ერთი მუდმივად მიმდინარე გეოლოგიური პროცესია, რომელშიც მონაწილეობს წყალი, ჰაერი, გარემოს ტემპერატურა და აგრეთვე ბიოლოგიური სამყარო. მათი ზემოქმედება ქანებზე უმეტესად ერთდროულად მიმდინარეობს. გამოფიტვის ინტენსიურობა ამ ფაქტორებთან

ერთად დამოკიდებულია ქანის შემადგენლობისა და აღნაგობაზე, რელიეფსა და ადგილმდებარეობის კლიმატურ თავისებურებებზე. საკვლევ რეგიონში გამოფიტვის პროცესების შედეგად მიმდინარეობს აქ განვითარებული

დიაბაზებისა და ბაზალტ-პორფირიტების ზედაპირის დაშლა – დეზინტეგრაცია, მათი ქიმიური შემადგენლობის შეცვლა, რელიეფის ახალი ფორმების წარმოქმნა.

დასკვნა

გამოფიტვა მუდმივი პროცესია, რომელიც მისი ნევატიური განვითარებისაგან დასაცავად მუდმივად მოითხოვს დამცავი ღონისძიებების განხორციელებას.

ჩამონგრევა-ჩამოშვავების საშიშროების შემთხვევაში გამოფიტული, დანაპრალებული ფერდობული მასების ადგილზე დამაგრებელი თონის ბადეებითა და მათი შემდგომი დაბეტონება ცემენტაციით ან ტორკრეტირებით, საქართველოს ეკონომიკური მდგომარეობის პირობებში ყველაზე საიმედო, ხანგამძლე, იაფი და ოპტიმალური ვარიანტია. ტორკრეტბეტონის დამცავი საფარის გამოყენება ეფექტურია წარმოებისას ტექნოლოგიური ოპერაციების სიმარტივით, ეკონო-

მიკურ-ტექნიკური ხელმისაწვდომობით, მაღალი მობილურობით, სწრაფი შესრულებითა და ტექნიკური წარმოების კომპლექსურობით, რაც საქართველოს გზებზე ჯერ არ განხორციელებულა. აღნიშნულ ღონისძიებებს წინ უნდა უძღოდეს ფერდობზე გამოყოფილი და დაგროვილი მასის მოცილება. ჩატარებული კვლევების ანალიზით შეიძლება დავასკვნათ, რომ გამოყენებული მასალები, დანადგარის მარტივი ტექნოლოგია და დამცავი ტორკრეტბეტონის ფენის მიღებული კონსტრუქციული სქემა ამართლებს ეროზიის საწინააღმდეგო საფარველის საკმარის მდგრადობას.

ლიტერატურა

1. ჟორდანიას თ., ლოლაძე ვ. და სხვ. მშენებლობის შედეგად წარმოქმნილი თხრილებისა და ნაყარის მიწის ფერდობების და მოშანდაკებული ტერიტორიის ეროზიისგან დაცვა ეკოლოგიური სტაბილურობის აღსადგენად. მეთოდ. მითით. სტუ, თბილისი, 2001.
2. ლომთაძე ვ. საინჟინრო გეოლოგია, საინჟინრო გეოდინამიკა. „განათლება“. თბილისი, 2000;
3. ჟორდანიას თ., მსხილაძე ნ. რკინაბეტონის სამუშაოთა წარმოება. გაეროს განვითარების პროგრამა – (USAID). სტუ, თბილისი, 2009.
4. ირემაშვილი ი. მშენებლობაში მარტივი ჰელიომოწყობილობების გამოყენება ბეტონის გამყარებისათვის. სტუ, თბილისი, 2006

**НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПО РАСЧЕТУ
НАДЕЖНОСТИ ГИБКИХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ^{*)}**

Итриашвили Л.А., Дадиани К.З., Кикнадзе Х.Л.

Email: *itriashvili@mail.ru*

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

ВВЕДЕНИЕ

К типичным причинам разрушения крепления берегов можно отнести: преднамеренное повреждение, износ, выветривание и химическое разложение, влияние окружающей среды, взаимодействие с живыми организма-

ми, аварии на сооружениях, размыв упорной призмы откоса, вынос материалов фильтрационным потоком, обнажение и разрушение защитного слоя волнами, сползание облицовки крепления.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Износ, выветривание и химическое разложение являются следствием использования в берегоукрепительных сооружениях неподходящего материала или несвоевременное восстановление поврежденных элементов креплений в процессе эксплуатации. Плохое состояние нижней части крепления из габионов может быть вызвано коррозией проволоки на их лицевой стороне, из-за чего уменьшается устойчивость сооружения. Крепления могут придти в негодность так же из-за оползания откосов. Особенно часто повреждаются элементы, зависящие от гидравлических условий эксплуатации сооружения, однако, в идеале, повреждение одного из элементов крепления не должно вызывать разрушения в целом.

Как правило, начало разрушения крепления берега потоком происходит в момент образования большого вихревого вальца на границе контакта крепления с основанием.

Гибкость крепления исключает появление вихревого вальца, и это относится ко всем типам креплений, в которых их элементы могут сохранять постоянный контакт с подстилающим слоем при деформации последнего.

К гибким покрытиям относятся крепления из каменной наброски, сухая кладка из блоков типа габионов, покрытие из соединенных между собой блоков, асфальтобетонные покрытия. Покрытия из бетонных плит к гибким не относятся.

Гибкое крепление сохраняет постоянный контакт с подстилающим основанием, дающим постепенные осадки и защищает вследствие этого откосы берегов от воздействия волн и потока. Многие крепления разрушаются вследствие размыва упорной призмы откоса, поэтому весьма важно обеспечить надежность качественным выполнением расчета по его устройству. Способность локализовать местные размывы благодаря свойству

^{*)} Проект выполнен с помощью финансовой поддержки национального научного фонда Грузии (Проект GNSF ST09-622-7-105). Освещенные в публикации проблемы принадлежат авторам и не отражают мнение Национального научного фонда Грузии.

**НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПО РАСЧЕТУ
НАДЕЖНОСТИ ГИБКИХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ**

деформироваться – одно из главных преимуществ гибких креплений типа габионов. Эластичность является основным достоинством гибкой конструкции, так как в противном случае место размыва не будет самопроизвольно закрываться креплением.

В результате неплотного контакта между креплением и подстилающим основанием возникает фильтрационный поток, который при определенной скорости выносит материал из тела сооружения, что приводит к нарушению его прочности. Обычно это явление быстро прогрессирует, откос деформируется и, как правило, разрушается. Такой же результат возможен при использовании некачественного материала в основании крепления.

Применение тканей в качестве фильтра обеспечивает хороший контакт облицовки с многослойным гравийным фильтром (рис.1), но вызывает много проблем, а именно: ткань разрушается песком, причем контроль за ее состоянием невозможен, так как она скрыта облицовкой, в результате возникает явление усталости вследствие многократного воздействия волн.

Современными представлениями теории движения тел в жидкостях учитывается пульсация скорости и давления в жидкости вследствие циркуляции потока, взамен рассматриваемого обычно установившегося движения потока. При этом установлено подобие те-

оретических кривых устойчивости крепления, как в первом, так и во втором случаях.

Многими исследователями [12,3] отмечалось сходство в воздействии на крепление потока и волн в виду общности действующих таких силовых факторов, как трение, давление, сдвиг.

Существующие математические методы позволяют привести скорости течения воды в разрушающихся волнах к простым параметрам (без учета влияния периода волны), выражающимся следующими уравнениями:

Шельдс (Shields):

$$F_s = U_*^2 / \mu (S_r - 1) g D = \tau_0 / \gamma_r (S_r - 1) D$$

Ирибарен (Irribarren):

$$W = K \gamma_r H^3 / (S_r - 1)^3 (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)^3 = C_v \gamma_r D^3;$$

Гудзон (Hudson):

$$W = \gamma_r H^3 / K_D (S_r - 1)^3 \operatorname{ctg} \alpha = C_v \gamma_r D^3$$

В общем виде указанные выражения определяют допустимые скорости. Причем в уравнениях Ирибарена и Гудзона скорость потока отсутствует, но она является функцией высоты волны. Эти уравнения могут быть приведены к следующему виду:

$$D = U_* / F_s (S_r - 1) g ;$$

$$D = H / (C_v / K_D)^{1/3} (S_r - 1) (\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = ; \\ = u^2 / C_1 (S_r - 1) g (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$$

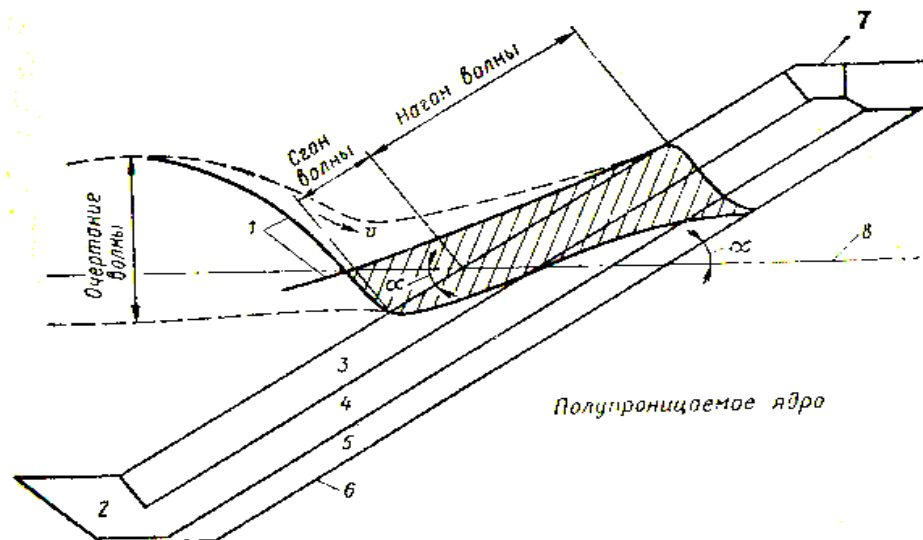


Рис. 1. Схема крепления берега с использованием тканевого фильтра

1, 8 – мгновенный и гидростатические уровни воды; 2 – упорная призма; 3 – защитный слой; 4, 5 – основной и дополнительный подстилающие слои; 6 – тканевый фильтр; 7 – гребень

$$D = H / (C_V / K_D)^{1/3} (S_r - 1) \operatorname{ctg} \alpha^{1/3} =$$

$$= u^2 / C_H (S_r - 1) g (\operatorname{ctg} \alpha^{1/3})$$

или представлены общей зависимостью:

$$u^2 / gD = C (S_r - 1) (\operatorname{ctg} \alpha^{1/3}).$$

В этих формулах: F_s – параметр Шельдса; U_* – скорость потока, при которой теряется устойчивость элемента крепления; S_r – относительная плотность воды; g – ускорение свободного падения; D – диаметр пор защитного элемента; τ_0 – касательное напряжение; γ_r – удельный вес; W – вес элемента крепления; K_D – коэффициент устойчивости; H – высота волны; μ – коэффициент трения; α – угол наклона откоса дамбы относительно горизонтали; C_V – коэффициент объема; u – скорость потока; C_1, C_H – объемные коэффициенты трансформации по Ирибарену и Гудзону; C – коэффициент пропорциональности.

Браун (Brown) в 1978-1979 гг. в своих работах [4,5,6] рассмотрел инерцию движущегося потока как векторную задачу. Это позволило определить расчетное усилие F_D , действующее на облицовку, и реактивную силу F_R :

$$\vec{F}_D = p \vec{A}u; \quad \vec{F}_R = \vec{W} + \vec{S} + \vec{T},$$

где p – коэффициент пористости защитного слоя; A – площадь элемента; W – вес защитного элемента; S – сила сдвига; T – растягивающее усилие.

При относительно большой площади основания – изгибающимися и сгибающимися силами, когда они мало сказываются на состоянии слоя облицовки, можно пренебречь, но их обязательно нужно учитывать при наличии недостатков в состоянии покрытий и при определении допустимого предела их деформаций.

Пейдж, Гансен и Китс провели на моделях в лотках две серии опытов [7, 8] с целью исследования возможности возведения пористой облицовки на естественных песках русла реки без промежуточных фильтрующих слоев. В большинстве случаев плотность была нормальной для условий русла, но в одном эксперименте в двух слоях крепления

было предусмотрено резкое изменение пористости.

В ходе опытов искусственного повышения отметки дна русла за счет выпадения наносов, отчетливо наблюдались фазы (стадии) движения наносов (таб.1):

0 – движения нет;

1 – частицы не выпадают;

2 – отдельные частицы находятся во взвешенном состоянии в зоне водоворотов над пустотами в элементах; частицы в движении во всех пустотах элементов, но выпадения наносов еще нет;

3 – вихри в элементах поднимутся выше поверхности крепления и начинается размыв частиц из отдельных элементов, интенсивность размыва возрастает с увеличением скорости течения;

4 – в пустотах элементов неуправляемый поток поднимает наноса выше границы крепления и удаляет их.

Начало каждой стадии устанавливалось в зависимости от отметок песка. Толщина укрепленного слоя облицовки рекомендована с учетом фактической устойчивости материала. В таблице 1: L/D – соотношение длины пор элемента и диаметра пор защитного покрытия.

Получена эмпирическая зависимость

$$u = C_1 (L/D)^a$$

где C_1 величина зависящая от гранулометрического состава материала основания.

Итоговые уравнения имеют следующую форму:

$$u = 0,63 \cdot d_{50}^{0,3} \left(\frac{L}{D} \right)^{0,8} \quad (\text{стадия 1});$$

$$u = 0,82 \cdot d_{50}^{0,35} \left(\frac{L}{D} \right)^{0,75} \quad (\text{стадия 2});$$

$$u = 1,08 \cdot d_{50}^{0,43} \left(\frac{L}{D} \right)^{0,45} \quad (\text{стадия 3});$$

Увеличение турбулентности потока вследствие наличия в русле местных препятствий приводило к увеличению местных скоростей. Несмотря на то, что скорость потока достигала 1,5 м/с, элементы покрытия массой 5 и 10 г сдвигались, но даже

**НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПО РАСЧЕТУ
НАДЕЖНОСТИ ГИБКИХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ**

разрушение отдельных элементов не приводило к деформации соседних.

На практике следует иметь в виду, что начало 4-й стадии является очень важным

свидетельством наличия достаточного запаса прочности сооружения; 2-я и 3-я стадии могут быть следствием износа ткани промежуточного фильтра.

Таблица 1

L/D	Стадия	Скорость потока в зависимости от вида грунта					
		Мелко-зернистый	Песчаный грунт подобранного гранулометрического состава	Песок со средним диаметром частиц		Песок с подобранным гранулометрическим составом	
				1 м	2 м	Нерационально	Рационально
0	1	<0.21	<0.22	<0.27	<0.37	<0.21	-
	1	0.35	0.45	0.51	0.56	0.32	0.44
0.8	2	0.49	0.55	0.67	0.75	0.49	0.52
	3	0.6	0.7	0.82	1.19	0.61	0.67
1.2	1	0.48	0.63	0.66	0.81	0.44	-
	2	0.56	0.71	0.82	1.09	0.55	-
1.6	3	0.68	0.8	0.95	1.4	0.66	-
	1	0.63	0.78	0.83	1.06	0.62	0.78
2.0	2	0.74	0.88	1.01	1.34	0.75	0.88
	3	0.80	0.97	1.2	>1.4	0.92	-
2.4	1	0.73	0.89	0.95	1.33	0.67	-
	2	0.93	1.07	1.13	>1.4	0.92	-
4.0	3	1.03	1.17	1.32	-	0.99	-
	1	-	-	-	-	0.74	0.98
2.4	2	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-
4.0	1	1.36	1.23	1.27	-	>1.0	-
	2	>1.4	-	-	-	-	-
	3						

ВЫВОДЫ

Большое сходство между элементами теории движения потока и теории волнового воздействия дает возможность общего описания основных активных сил, различающих-

ся только значениями коэффициентов, что указывает на перспективность использования этих теорий в различных вариантах при проектировании берегоукрепительных сооружений.

Литература

1. **Streeter V.L.** Handbook of Fluid Mechanics, Section 18.7 McGraw Hill, London, 1961.
2. **Hudson R.Y.** Stability of Rubble-mound Breakwaters, W.E.S. Vicksburg, T.M. 2-365, June 1953.
3. **Hudson R.Y.** Breakwaters, Laboratory Investigations of Proc. ASCE, Waterways & Harbors Division, Vol. 85, No. WW3, Sept. 1959.
4. **Brown C.T.** Blanket Theory and Low Cost Revetments. Chap 151, 16th ICCE, Hamburg 1978.
5. **Brown C.T.** Gabion Report. The water Research Laboratory of the University of New South Wales, Research Report No. 156, Oct, 1979,
6. **Page R.** Erosion Control using Seabees. Undergraduate Thesis, N. S. W. Institute of Technology, Jan. 1983
7. **Hansen S., & Keats J.** Investigation of Seabees as an Erosion Control Structure – Undergraduate theses, N. S. W. Institute of Technology, Dec. 1983.
8. **Brown C.T.** Seabees in Service. ASCE Specialty Conference Coastal Structures '83, Washington D. C., March 1983

**უზრუნველვის ეროვნული საწინააღმდეგო გამაბრეხა
ახალი სტაბილიზატორის გამოყენებით**

ლევან იტრიაშვილი, ელენე ხოსროშვილი, ნინო ნიბლაძე
Email: itriashvili@mail.ru

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

შესავალი

დღეისათვის ფერდობების ეროვნული საწინააღმდეგო მიმართულებით არსებობს ორი ძირითადი მეთოდი. პირველი მიმართულია წყლის ნაკადის ენერჯის შემცირებისა და ფერდობების დაქანების შემცირების, ბეგების მოწყობის და მათი საშუალებით ზედაპირული ჩამონადენის არინების მეშვეობით. მეორე მიმართულია თვითონ ზედაპირების გრუნტების ეროვნული საწინააღმდეგო მდგრადობის ამაღლებისა (ბეტონის, რკინაბეტონის, ქვის, ღორღის და ხრეშის საფარები, მობელტვა და ა.შ.).

უნდა აღინიშნოს, რომ დადებითი შედეგების მიუხედავად, ორივე ეს მეთოდი ხასიათდება ტექნოლოგიური სირთულით, რაც საბოლოო ჯამში, ზრდის ნაგებობის მოცულობას და ღირებულებას.

ერთ-ერთ ყველაზე საიმედო, ტექნოლოგიურად მარტივ და ეკოლოგიურად სუფთა მეთოდს წარმოადგენს ფერდობებზე მრავალწლიანი ბალახების დათესვა, რაც უზრუნველყოფს როგორც ზედაპირული წყლის ნაკადის ძალის შემცირებას (ბალახის საფარი), ისე თვითონ გრუნტის ზედაპირის გამაგრებას (განვითარებული ფესვთა სისტემა). მაღალი ეფექტიანობის მიუხედავად, ამ მეთოდის ფართო გამოყენება საკმაოდ შეზღუდულია, ვინაიდან ბალახის საფარის და ფესვთა სისტემის ჩამოყალიბებამდე ფერდობი არ არის დაცული ეროვნულ საგანს, რის გამოც, როგორც წესი, წარმოებს თესლის გამორეცხვა და გამოქრევა. ამიტომ ბალახის საფარის სრულფასოვან ფორმირებამდე საჭიროა ზედაპირის საიმედო დაცვა.

ძირითადი ნაწილი

ამ მიმართულებით პერსპექტიულია ზედაპირების გამაგრება პოლიმერული სტაბილიზატორებით, რომლებიც, გარდა მაღალი გამამაგრებელი თვისებებისა, უნდა პასუხობდეს რიგ აუცილებელ მოთხოვნებს:

- ეკოლოგიური სისუფთავე (დროის განმავლობაში დესტრუქტურიზაციის და დაშლის შემთხვევაში უნდა ქმნიდეს ნიადაგგრუნტის ორგანული ნაწილის მსგავს პროდუქტებს;
- წყალში ხსნადობა, რაც უზრუნველყოფს დამზადების და გამოყენების ტექნოლოგიურობას და წყალში უხსნადობა პოლიმერიზაციული გამყარების შემდეგ;
- ხელს არ უნდა უშლიდეს ბალახის აღმოცენებას და განვითარებას;
- დაბალი ღირებულება და კომპონენტე-

ბის არადეფიციტურობა.

დღეისათვის არსებული სტაბილიზატორების უმრავლესობა, საკმარისი ეფექტიანობის მიუხედავად, მთლიანად ან ნაწილობრივ ვერ პასუხობს ზემოთ ჩამოთვლილ მოთხოვნებს, რაც ზღუდავს მათ ფართო პრაქტიკულ გამოყენებას.

ამ მიმართულებით ჩვენ მიერ წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში წლების განმავლობაში ტარდებოდა ფართომასშტაბიანი კვლევები, რომელთა ნაწილი სრულდებოდა ამერიკის შეერთებული შტატების მედიორაციის ბიუროსთან ერთობლივი თემატიკის „Совместные исследования по пластиковым плёнкам и стабилизаторам грунтов“ ფარგლებში [1].

**ფერდობების ეროზიის საწინააღმდეგო გამაგრება
ახალი სტაბილიზატორის გამოყენებით**

გამოცდილი იყო მრავალი სტაბილიზატორი – Penepriime, DRL, Soil-Sil, XB2391, Aerosprei, Genakva, Kurasol, ნეროზინი, ნეროზინი-მ, ПАК, ПЭИ, ПМК, МФС, ФАС და სხვა. ძირითადად დადებითი შედეგების მიუხედავად მათი ფართო გამოყენება შეზღუდულია რიგი გარემოებების გამო, კერძოდ:

- გამოყენების ვიწრო დიაპაზონი – ძირითადად ერთი ტიპის გრუნტები;
- საჭირო ეფექტის მისაღებად დიდი რაოდენობით გამოყენების საჭიროება;
- დიდი ნაწილის წყალში უხსნადობა და გამხსნელების სიძვირე და ტოქსიკურობა;
- მაღალი ღირებულება.

ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით ჩვენ მიერ შექმნილი იქნა ახალი მაღალეფექტური გრუნტგამაუმჯობესებელი პოლიკომპლექსი სსბმ-ი, რომლის ძირითად ნედლეულს (95%) შეადგენს ქალაქის წარმოების ნარჩენები – ტექნიკური ლიგნინები (ენგურის ქალაქის კომბინატის ნარჩენები) [2].

გამომდინარე იქიდან, რომ პოლიკომპლექსის სსბმ-ის საშუალებით შესაძლებელია გრუნტების ეფექტიანი გამაგრება და რომ ის თავისუფალია ზემოთ მოყვანილი ნაკლოვანებებისაგან, პერსპექტიულად იყო მიჩნეული მისი გამოყენება ნიადაგგრუნტების ზედაპირული გამაგრებისათვის, მათი წყლისმიერი და ქარისმიერი ეროზიისგან

დასაცავად [2, 3].

წინასწარი კვლევების შედეგების საფუძველზე დადგენილია, რომ გრუნტების ზედაპირების მაღალეფექტური გამაგრებისათვის სსბმ-ის ოპტიმალური დოზებია: ქვიშებისათვის და ქვიშნარებისათვის – 2,0 ლ/მ², თიხნარებისათვის – 2,5 ლ/მ², რომლებიც უზრუნველყოფს ზედაპირზე 0,5-1,0 სმ სისქის მექანიკურად მტკიცე, ხანგამძლე გრუნტ-პოლიმერული ქერქის შექმნას.

გრუნტების სიმტკიცე პირდაპირ დამოკიდებულებაშია მის ცალკეულ ელემენტებს შორის ურთიერთმოქმედების ძალების სიდიდესთან, ანუ სტრუქტურული კავშირების სიდიდესა და მდგრადობასთან. რაც შეეხება გრუნტების სიმტკიცეს მათში პოლიმერული მასალების შეტანისას, ის განპირობებულია საწყისი მონომერების პოლარული ჯგუფების ფიზიკურ-ქიმიური ურთიერთქმედებებით და წარმოქმნილი პოლიმერული ჯაჭვების კავშირების სიძლიერით გრუნტების ნაწილაკების ზედაპირებთან.

პოლიკომპლექსის სსბმ-ით წარმოქმნილი პოლიმერ-გრუნტის ქერქის მაღალ სიმტკიცეზე და დროში მდგრადობაზე ნათლად მეტყველებს ცხრილში 1 მოყვანილი ეკვივალენტური შეჭიდულობის კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემები.

ცხრილი 1

გრუნტ-პოლიმერული ქერქის ეკვივალენტური შეჭიდულობა

გრუნტი	სსბმ დოზა ლ/მ ²	გამოცდის ინტერვალე	ეკვივალენტური შეჭიდულობა კმ/სმ ²							
			დატვირთვა კგ							
			0,2		0,3		0,4		0,6	
			მშრ.	შვ.	მშრ.	შვ.	მშრ.	შვ.	მშრ.	შვ.
ქვიშა	0,0	–	–	0,0005	–	0,0085	–	0,002	–	0,001
	2,0	3	1,35	1,04	1,21	1,00	1,18	0,96	0,73	0,51
		180	1,34	1,01	1,19	0,94	1,15	0,92	0,72	0,46
	360	1,32	1,00	1,16	1,81	1,13	0,92	0,68	0,44	
ქვიშნარი	0,0	–	0,52	0,04	0,44	0,03	0,39	0,02	0,24	0,01
	2,0	3	1,68	1,13	1,52	1,06	1,46	0,96	1,31	0,71
		180	1,58	0,97	1,46	1,02	1,31	0,84	1,04	0,65
	360	1,49	0,94	1,35	0,90	1,28	0,81	0,94	0,58	
თიხნარი	0,0	–	0,69	0,11	0,62	0,10	0,46	0,08	0,31	0,06
	2,5	3	1,66	1,04	1,62	0,98	1,53	0,92	1,41	0,88
		180	1,51	0,96	1,44	0,88	1,40	0,80	1,31	0,72
	360	1,44	0,82	1,32	0,78	1,28	0,74	1,18	0,62	

მშრალ ქვიშებს ეკვივალენტური შეჭიდულობა არ გააჩნია, სველ მდგომარეობაში კი ძალიან მცირეა და განპირობებულია კაპილარული ძალებით, ვინაიდან ქრება გაშრობისთანავე.

თიხაშემცველ გრუნტებს მშრალ მდგომარეობაში მაქსიმალური დატვირთვის დროს ახასიათებს საკმაოდ ძლიერი (ქვიშნარი – 0,24 კგ/სმ², თიხნარი – 0,71 კგ/სმ²) შეჭიდულობა, რომელიც მკვეთრად ეცემა დასველების შემდეგ (შესაბამისად 0,01კგ/სმ² და 0,06კგ/სმ²), რაც აიხსნება გატენიანებისას მათი კონდენსაციური სტრუქტურების გადასვლით კოაგულაციურ სტრუქტურებში.

საწინააღმდეგო სურათია სსბმ-ით გამაგრებულ გრუნტებში.

ქვიშებში, რომლებსაც საერთოდ არ გააჩნია შეჭიდულობა, ეს მაჩვენებელი სველ მდგომარეობაში და მაქსიმალური დატვირთვის 0,6 კგ/სმ² დროს აღწევს 0,51კგ/სმ², ქვიშნარში და თიხნარში, შესაბამისად 0,71კგ/სმ² და 0,88კგ/სმ².

ამავე დროს უნდა აღინიშნოს მიღებული ეფექტის მდგრადობა – ერთი წლის შემდეგ ეკვივალენტური შეჭიდულობის მაჩვენებელი ყველა გრუნტისათვის მცირდება, მხოლოდ 7,0-8,0%-ით.

მშრალ მდგომარეობაში ეკვივალენტური შეჭიდულობის მაჩვენებლები შეადგენს ქვიშებისათვის 0,73 კგ/სმ², ქვიშნარებისათვის 1,31 კგ/სმ² და თიხნარებისათვის – 1,4 კგ/სმ². ცხადია, რომ სსბმ-ის დასხურების შემდეგ წარმოქმნილ გრუნტ-პოლიმერულ ქერქს ახასიათებს გამოხატული მდგრადი კონდენსაციურ-კრისტალიზაციური სტრუქტურა,

რომლის წყალმდგრადობა და გამძლეობა განპირობებულია პოლიკომპლექსის მოლეკულებსა და გრუნტის ნაწილაკებს შორის მტკიცე, ძნელად გასაწყვეტი ქემოსორბციული კავშირით.

ზემოთ აღნიშნულს ადასტურებს ცხრილში 2 მოყვანილი პოლიმერგრუნტის ქერქის წყალმდგრადობის კვლევების მონაცემები – 360 დღის შემდეგ მაქსიმალური წყალდაშლა არ აღემატება 8,8%-ს.

გრუნტების წყლისმიერი ეროზია მჭიდროდ არის დაკავშირებული ერთი მხრივ მათ შეჭიდულობასთან და მეორე მხრივ ზედაპირული ჩამონადენის სიდიდესთან და ფორმირების პირობებთან, ამიტომ, ზედაპირულად გამაგრებულ გრუნტებში ფილტრაციული, ზედაპირული და მყარი ჩამონადენის განსაზღვრა იძლევა საშუალებას ობიექტურად შეფასდეს პოლიკომპლექსის სსბმ-ის დასხურების შედეგად მიღებული გრუნტ-პოლიმერული ქერქის ეროზიის საწინააღმდეგო მდგრადობა. ჩატარებული კვლევების შედეგები მოყვანილია ცხრილში 3.

კვლევების შედეგებმა გვიჩვენა, რომ დაწვიმების მუდმივი ინტენსივობის დროს თხევადი ჩამონადენი მუდმივია, არ იცვლება დროში და, ქვიშების გარდა, ყოველთვის მეტია ფილტრაციულ ჩამონადენზე.

რაც შეეხება მყარ ჩამონადენს, ანუ პოლიმერგრუნტის ქერქის ეროზიის საწინააღმდეგო მდგრადობას, წარმოებს მისი მკვეთრი (ასჯერ და ათასჯერ) შემცირება, ზოგ შემთხვევაში კი ის პრაქტიკულად არ ფიქსირდება, იმის მიუხედავად, რომ მკვეთრად არის გაზრდილი თხევადი ჩამონადენი.

ცხრილი 2

გრუნტ-პოლიმერული ქერქის წყალმდგრადობა

გრუნტის დასახელება	სსბმ დოზა ლ/მ ²	წყალდაშლა %			
		გაზომვების პერიოდულობა			
		24 სთ	90 დღე	180 დღე	360 დღე
ქვიშა	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	2,0	1,8	2,8	4,1	5,6
ქვიშნარი	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	2,5	3,2	4,3	5,1	6,8
თიხნარი	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	2,5	4,7	5,7	7,2	8,8

**ფერდობების ეროზიის საწინააღმდეგო გამაგრება
ახალი სტაბილიზატორის გამოყენებით**

ცხრილი 3

გრუნტოლიმერული ქერქის მდგრადობა წყლისმიერი ეროზიის მიმართ

გრუნტის დასახელება	სსბმ დოზა ლ/მ ²	გამოცდის ინტერვალი დღე	დაწვივების ინტენსივობა მმ/წმ	მყარი ჩამონადენი კგ/მ ² წმ•10 ⁻⁴	თხევადი ჩამონადენი გვ/მ ² წმ•10 ⁻⁵	ფილტრაციის ჩამონადენი გვ/მ ² წმ•10 ⁻⁵
1	2	3	4	5	6	7
ქვიშა	0,0	24	0,3	2,10	0,13	0,37
			0,6	2,80	0,32	0,72
			0,9	4,10	0,58	0,91
			1,2	6,20	0,72	1,02
	2,0	24	0,3	0,0	0,37	0,16
			0,6	0,0	0,77	0,22
			0,9	0,0	1,17	0,29
			1,2	0,0	1,65	0,52
		180	0,3	0,005	0,30	0,21
			0,6	0,008	0,68	0,28
			0,9	0,016	1,12	0,36
			1,2	0,022	1,30	0,68
ქვიშნარი	0,0	24	0,3	1,31	0,33	0,16
			0,6	1,70	0,58	0,36
			0,9	2,20	0,90	0,68
			1,2	3,40	1,12	0,96
	2,5	24	0,3	0,007	0,44	0,09
			0,6	0,009	0,88	0,1,6
			0,9	0,011	1,30	0,24
			1,2	0,016	1,65	0,32
		180	0,3	0,017	0,33	0,16
			0,6	0,024	0,58	0,41
			0,9	0,038	0,78	0,78
			1,2	0,051	0,96	1,09
თიხნარი	0,0	24	0,3	0,42	0,40	0,08
			0,6	0,63	0,72	0,21
			0,9	1,00	1,25	0,25
			1,2	4,62	1,69	0,30
	2,5	24	0,3	0,013	0,52	0,02
			0,6	0,023	0,97	0,05
			0,9	0,034	1,34	0,13
			1,2	0,046	1,71	0,24
		180	0,3	0,026	0,41	0,08
			0,6	0,038	0,86	0,12
			0,9	0,055	1,25	0,22
			1,2	0,084	1,59	0,38

უნდა აღინიშნოს, რომ ეროზიის საწინააღმდეგო ეფექტი მცირდება გრუნტებში თიხოვანი ნაწილაკების შემცველობის ზრდასთან ერთად. თუმცა ეს შემცირება ატარებს უფრო პირობით ხასიათს და არ გააჩნია პრაქტიკული მნიშვნელობა, ვინაიდან ყველა გრუნტპოლიმერული ქერქი შეიძლება მიეკუთვნოს არაეროზირებად ზედაპირებს.

პოლიმერგრუნტის ქერქი მნიშვნელოვნად ამცირებს წყლის აორთქლებას გრუნტების ზედაპირიდან, რის შედეგადაც საგრძნობლად უმჯობესდება ტენშემცველობა და მისი შენარჩუნება დროში – 90 დღის შემდეგ ტენიანობა ქვიშებში 15%-ით, ქვიშნარებში – 30%-ით და თიხნარებში – 50%-ით აღემატება გაუმაგრებელი გრუნტების ამ მაჩვენებელს (ცხრ. 4).

ვეგეტაციურმა კვლევებმა (ცხრ. 5) აჩვენა, რომ გრუნტპოლიმერული ქერქი არ უშლის ხელს ბალახის აღმოცენებას და

მჭიდრო საფარის ფორმირებას. იმის მიუხედავად, რომ პირველი 15 დღის განმავლობაში ყლორტის განვითარება გაუმაგრებელ გრუნტებთან შედარებით ერთობ შეზღუდულია, შემდგომში ბალახი ვითარდება ნორმალურად და არ ჩამორჩება საკონტროლოს.

გამაგრებული ზედაპირების გამოცდამ 10,0-25,0 მ/წმ სიჩქარის ქარის და მასში 12 გ/წმ ხარჯის მქონე მყარი ფაზის (ქვიშა $d < 1,0$ მმ) ზეგავლენის პირობებში, გამოავლინა გრუნტპოლიმერული ქერქის მაღალი მდგრადობა ქარისმიერი ეროზიის მიმართ (ცხრ. 6).

ამრიგად, პოლიკომპლექსის სსბმ-ის გრუნტების ზედაპირებზე დატანის შედეგად წარმოიქმნება 0,6-1,0სმ. სისქის მექანიკურად მტკიცე, წყალგამძლე, ქარგამძლე და ხანგამძლე პოლიმერგრუნტის ქერქი, რომელიც არ აბრკოლებს ბალახის აღმოცენებას და განვითარებას.

ცხრილი 4

ტენიანობის ცვლილება გრუნტპოლიმერული ქერქის ქვეშ

გრუნტების დასახელება	სსბმ დოზა ლ/მ ²	ტენიანობა, %					
		გაზომვების პერიოდულობა, სთ					
		საწყისი	10	30	50	70	90
ქვიშა	0,0	4,4	2,42	1,36	0,91	0,61	0,38
	2,0	4,5	4,3	3,7	3,5	3,3	2,6
ქვიშნარი	0,0	20,9	13,7	9,2	6,7	5,4	4,5
	2,5	21,3	19,4	17,9	17,2	16,8	14,2
თიხნარი	0,0	37,9	28,2	22,3	18,5	15,6	13,2
	2,5	38,7	35,7	33,2	29,8	27,3	24,3

ცხრილი 5

ბალახის აღმოცენება გრუნტპოლიმერულ ქერქში

გრუნტი	სსბმ დოზა ლ/მ ²	ჭკავის ყლორტის სიმაღლე, სმ					
		გაზომვის პერიოდულობა, დღე					
		5	10	15	20	25	30
ქვიშა	0,0	5-6	10-12	18-20	25-26	30-34	34-35
	2,0	2-3	7-9	12-14	16-18	24-25	32-34
ქვიშნარი	0,0	5-6	10-12	17-18	24-25	30-32	33-35
	2,5	2-3	8-9	14-16	21-23	25-27	34-35
თიხნარი	0,0	6-7	12-14	19-20	25-27	32-34	34-35
	2,5	3-4	9-11	14-16	24-26	32-34	33-34

გრუნტოლიმერული ქერქის მდგრადობა ქარისმიერი ეროზიის მიმართ

გრუნტი	სსბმ ლოზა ლ/მ ²	ეროზიის ინტენსივობა, გ/მ ² წმ			
		ქარის სინქარე, მ/წმ			
		10,0	15,0	20,0	25,0
ქვიშა	0,0	1727,0	2093,0	2688,0	3207,0
	2,0	0,0	0,0	0,12	0,18
ქვიშნარი	0,0	1502,0	1969,0	2320,0	2963,0
	2,0	0,0	0,10	0,12	0,18
თიხნარი	0,0	1268,0	1530,0	2190,0	2635,0
	2,5	0,0	0,14	0,16	0,2

დასკვნა

ზემოთ მოყვანილი კვლევები იძლევა საფუძველს, რომ სსბმ-ი გამოყენებულ იქნეს ფერდობების ეროზიის საწინააღმდეგო დაცვისათვის.

ამ მიმართულებით შეიძლება გამოკვეთილი იყოს ორი ძირითადი მიმართულება:

1. დროებითი, ხანგამძლეობით 2 წლამდე, რომელიც მდგომარეობს სსბმ-ის დასხურებაში გრუნტის ზედაპირზე;

2. ხანგრძლივი, რომელიც მდგომარეობს სსბმ-ის დასხურების და ბალახის დათესვის კომბინაციაში. ამ მიმართულების ხანგამძლეობა დამოკიდებულია დათესილი ბალახის სიცოცხლისუნარიანობაზე და მრავალწლიანობაზე. ამ შემთხვევაში პოლიმერგრუნტის

ქერქი იცავს ზედაპირს ბალახის მჭიდრო საფარის და განვითარებული ფესვთა სისტემის ჩამოყალიბებამდე.

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შემუშავებულია ფერდობების ეროზიის საწინააღმდეგო კომბინირებული მეთოდი, რომელიც გამოცდილი იყო ორხევის და არახევის საცდელ პოლიგონებზე და წარმატებით დაინერგა სხვადასხვა ობიექტებზე:

– „მარიუპე“-ს სარწყავი არხის ქანობები (ლატვია);

– ჭიათურმანგანუმის კუდსაცავის კაშხლის ქვედა ბიეფის ქანობი (მდ. გურგუმელა);

– თბილისი-მცხეთის საავტომობილო გზის ნათხარის ფერდობი (მე-17 კმ).

ლიტერატურა

1. **Itriaschvili L., Jordania T., Timblin W., Metra A.** Plastic films and soils stabilizers, Bureau of Reclamation, USA, Denver, 1986, 184 p.
2. **Итриашвили Л.А.** Противозерозионная защита земляных откосов комбинированным методом залужения и закрепления стабилизаторами. //С6.

"Водохозяйственное строительство, мелиорация и водное хозяйство", М., 1984, с.1-6.

3. **იტრიაშვილი ლ.** ნიადაგგრუნტების თვისებების მიზნობრივი მართვა. ონოგრაფია, „მეცნიერება“, თბილისი, 2005, 322 გვ.

მდინარეებზე წყალმოვარდნებისგან მოსალოდნელი საფრთხეების
სავარაუდო შეფასების მეთოდოლოგია

დავით კერესელიძე¹, გამარლი დონაძე², ვაჟა ტრაპაიძე¹,
ივანე ზაქაიძე², ჰამლეტ სალუქვაძე³

E-mail: davitkereseli@yaho.com; v.trapaidze@yaho.com

- ¹ ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი
² საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
³ ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
კავკასიის მინერალური ნედლეულის ინსტიტუტი

ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

თავისი არსებობის მანძილზე კაცობრიობა ცდილობს შეიცნოს და საკუთარი მიზნებისათვის გამოიყენოს გეოგრაფიული გარემო, მისი ობიექტებით და მიმდინარე პროცესებით. ბუნებაში არსებული რეალობათა გამოყენების ოპტიმალური ვარიანტი აუცილებლად უნდა ითვალისწინებდეს რესურსების შენარჩუნებას და მაქსიმალური სარგებლიანობის მიღებას, რაც თავისთავად უზრუნველყოფს ეკონომიკის მდგრადი განვითარების გარანტიებს.

ქვეყანაში არსებულ რესურსებს შორის ერთ-ერთი პირველი ადგილი უჭირავს მიწის სავარგულებს რომელთა სტრატეგიული გამოყენებისათვის მნიშვნელოვანია ლანდშაფტების თანამედროვე მდგომარეობის შენარჩუნება გრძელვადიანი პერიოდისათვის, რომლებიც განიცდის როგორც ბუნებრივ ისე ანთროპოგენურ დატვირთვებს.

თანამედროვე ბუნებრივი გარემო უპრეცედენტო ცვლილებების პერიოდში იმყოფება. იცვლება ადამიანის არსებობისათვის სასიცოცხლო მნიშვნელობის არეალები (ატმოსფერო, ჰიდროსფერო, ლითოსფერო და ბიოსფერო), რაც საფრთხეს უქმნის როგორც ახლანდელი, ისე მომავალი თაობების ნორმალურ არსებობას.

გაეროს ექსპერტთა მონაცემებით, უკანასკნელ პერიოდში კლიმატის ცვლილების

ჩამოყალიბებული ტენდენციების ფონზე, ბუნებრივ კატასტროფებს შორის, რომელთაც გარკვეული ეკოლოგიური პრობლემები და სოციალურ-ეკონომიკური გართულებები მოაქვს, მნიშვნელოვნად გახშირდა და „პირველობას“ არ თმობს წყალდიდობები და წყალმოვარდნები [1, 2].

უკანასკნელი წლების განმავლობაში წყლისმიერი სტიქიური პროცესების შედეგად ათიათასობით ადამიანი დაიღუპა, ასიათასობით კი უსახლკაროდ დარჩა, ამასთან ერთად, დაზიანდა ინფრასტრუქტურა და ათასობით ჰექტარი სასოფლო-სამეურნეო მიწები.

განსაკუთრებულ ყურადღებას იქცევს ის ფაქტი, რომ წყალმოვარდნების შედეგად მიყენებული ზარალი ბევრ ქვეყანაში უკანასკნელ პერიოდში იზრდება ძალიან სწრაფად და ეს მაშინ, როცა სათანადოდ ხორცილდება სხვადასხვა პრევენციული ღონისძიებები.

კლიმატური ცვლილებების საერთაშორისო პანელის (IPCC, 2007) შეფასების მე-4 მოხსენების პროგნოზის შესაბამისად, ატმოსფეროსა და ოკეანის საშუალო ტემპერატურული ველის ცვლილებები, ყინულის და თოვლის საფარის ინტენსიური დნობა, ზღვის საშუალო დონის აწევა ობიექტურად ადასტურებს გლობალური დათბობის ციკლის არსებობას. დედამიწის ზედაპირული

ტემპერატურის ინსტრუმენტული დაკვირვებების მიხედვით, უკანასკნელი 12-წლიანი ციკლის 11 წელიწადი (1995-2006) აღმოჩნდა უთბილესი 1850 წლიდან. 1905-2005 წწ. ასწლიანი სწორხაზოვანი ტრენდი (0.74°C) აღემატება 1901-2000 შესაბამისი ტრენდის მნიშვნელობას (0.6°C), რომელიც წინა, კლიმატური ცვლილებების საერთაშორისო პანელის (IPCC, 2001) შეფასების მე-3 მოხსენებაშია მოცემული.

კლიმატურ დატობასთან დაკავშირებით ინტენსიურად იზრდება მყინვარებისა და თოვლის საფარის დნობის ტემპი, იმატებს აორთქლება და მაღალი ინტენსივობის წვიმები, რაც ახშირებს წყალმოვარდნებს და ზრდის მათი გავრცელების არეალებს. ასე მაგალითად, 2010 წლის 29 ივლისის მედიანაშუალეობით გავრცელებული ინფორმაციით ჩინეთში დაფიქსირდა ბოლო პერიოდის ყველაზე ფართომასშტაბიანი წყალმოვარდნები, რომლის დროსაც ზარალმა 22 მილიარდ დოლარს გადააჭარბა, დაიღუპა 928, დაიკარგა 477 ადამიანი, ხოლო კატასტროფის ზონებიდან ევაკუირებულ იქნა 9 მილიონ 61 ათასი კაცი. დაზიანდა 875 ათასი საცხოვრებელი სახლი და 25 მდინარეში

დაფიქსირდა რეკორდული დონეები.

მიუხედავად იმისა რომ წყალდიდობების პროგნოზირებაში ბევრია გაკეთებული, მაინც არ შეიძლება ჩაითვალოს საქმე გადაწყვეტილად სასურველ დონეზე. შესრულებული სამუშაოდან საუკეთესოთა ვერიფიკაციის შედეგებიც კი რიგ შემთხვევაში მნიშვნელოვან გადახრას იძლევა რეალობიდან.

თანამედროვე მეცნიერთა წინაშე დადგა მრავალფაქტორიანი პროცესების კიდევ უფრო ღრმა შესწავლისა და პროგნოზირების მეთოდების სრულყოფის ამოცანა, სხვადასხვა სფეროში არსებული მეცნიერული მიღწევების და ტექნოლოგიების გამოყენებით

სტიქიურ უბედურებასთან დაკავშირებული პრობლემების (ობიექტების მოწყვლადობის დადგენა, მოსალოდნელი საფრთხეების რისკის შეფასება, კატასტროფების მართვა) მოგვარებისაკენ კონცენტრირებულია ამ სფეროში მოღვაწე მსოფლიოს წამყვან მეცნიერთა ყურადღება და ამ საკითხს ეძღვნება გახშირებული მაღალი დონის საერთაშორისო კონფერენციები. (იოჰანესბურგი – 2002, ჰიოგო – 2005, მერილენდი – 2011).

პირითაღი ნაწილი წყალმოვარდნების წინასწარი შეფასების ეტაპები

ისტორიული წყაროებიდან ცნობილია, რომ წყალმოვარდნები ოდითგანვე საფრთხეს უქმნიდა მოსახლეობას და კაცობრიობაც იძულებული გახდა სხვადასხვა მეთოდებითა და ხერხებით ებრძოლა ამ მოვლენების წინააღმდეგ.

ამ ბრძოლის პირველი ეტაპები (ქრონოლოგიური თვალსაზრისით) მოკლებული იყო მეცნიერული გადაწყვეტის შესაძლებლობებს. ეს უკანასკნელი განხორციელებადი გახდა მხოლოდ მას შემდეგ, რაც ჰიდროლოგია აღწერითი ხასიათის მეცნიერებიდან გადაიქცა მეცნიერებად, რომელსაც შეუძლია რაოდენობრივად შეაფასოს ესა თუ ის მოვლენა და განახორციელოს მისი პროგნოზი, სხვადასხვა სფეროში არსებული უახლესი მიღწევების გამოყენებით.

წყალმოვარდნებისაგან მოსალოდნელი საფრთხეებისა და რისკების თავიდან აცი-

ლების ან შერბილების ღონისძიებათა მაქსიმალური ეფექტი მიღწევადია იმ შემთხვევაში, როცა ასეთი სამუშაოები ტარდება მოვლენის ფორმირების ადგილებზე. ეს ადგილები კი არის წყალშემკრები აუზი, სადაც ყალიბდება მაქსიმალური ხარჯები და გენერირებული ჩამონადენის წყალგამტარი არტერიის (კალაპოტის) ნაპირები, საიდანაც მოსალოდნელია წყლის გადმოდინება. სწორედ ამ ადგილებში უნდა ჩაქრეს ან შერბილდეს კატასტროფა და მოსალოდნელი რისკი მიუახლოვდეს ნულს.

აღნიშნული ღონისძიებების ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევა სასურველია ეფუძნებოდეს წყლის სავარაუდო მაქსიმალური ხარჯის საიმედო პროგნოზს და მდინარის ნაპირების სენსიტიური (მგრძობიარე) მონაკვეთების მდგრადობის შეფასებას მოსალოდნელი დატვირთვების მიმართ. ეს

უკანასკნელი კი განხორციელდება კალაპოტის კონკრეტული კვეთისათვის სანაპიროს მოწყვლადობისა და უმტყუნო ფუნქციონირების ალბათობის რიცხვითი მნიშვნელობების დადგენით [5, 6].

ლოკალური წყალმოვარდნების წარმოქმნის, განვითარების, სივრცობრივი გავრცელების სირთულიდან და განმსაზღვრელი ფაქტორების სიმრავლიდან გამომდინარე, აგრეთვე ამ ფაქტორების ურთიერთ მიზეზ-შედეგობრივი კავშირების გათვალისწინებით, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია პრობლემის კომპლექსური განხილვა რეგიონული მასშტაბით.

ამ თვალსაზრისით ჩასატარებელი სამუშაოები უნდა განხორციელდეს შემდეგი თანმიმდევრობით.

I ეტაპი – რეგიონის შესწავლა დისტანციური მეთოდებით (სხვადასხვა სახის, მასშტაბებისა და დროის მასალების დეშიფრირება) ტოპოგრაფიული რუკების ანალიზით და არსებული ლიტერატურული წყაროების მონაცემებით. ასეთი შესწავლა საშუალებას იძლევა მდინარეთა კალაპოტებში და ჭალებში პირველი მიახლოებით გამოვლინდეს სენსიტიური უბნები აქტიური ეროზიული პროცესებით და დინებათა მიმართულების

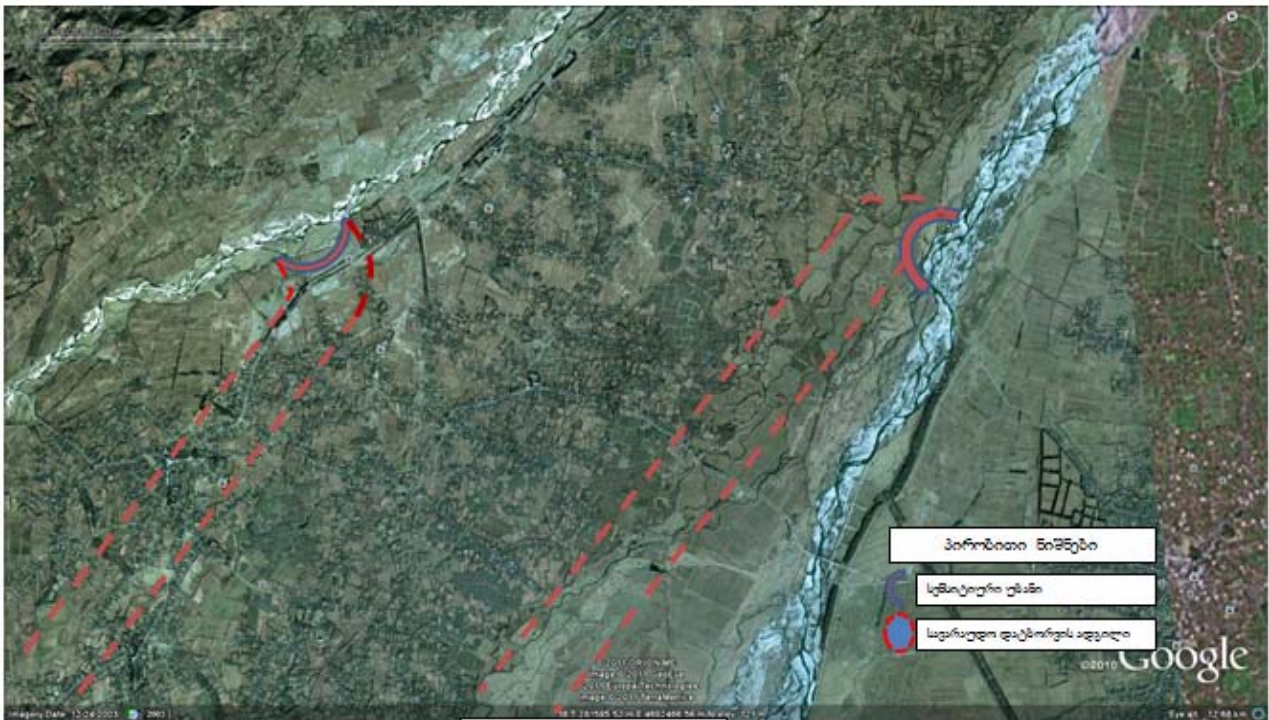
მკვეთრი ცვლილებებით, რაც აუცილებელია და არასაკმარისი საწყისი პირობებია წყალმოვარდნის ფორმირებისათვის [3, 4].

მაგალითისათვის განვიხილოთ მდინარეების ცხენისწყლისა და აბაშისწყლის ქვემო წელის რეგიონი, რომლის ფარგლებში განთავსებულია დასახლებული პუნქტები, სავარგულები, გზები და ინფრასტრუქტურის ობიექტები.

შერჩეული რეგიონისათვის არსებული მასალების შესწავლისა და სინთეზირების საფუძველზე, ორივე მდინარეზე მონიშნული იქნა თითო ყველაზე მეტად გამოკვეთილი სენსიტიური უბანი და სავარაუდო დატბორვის ზონები (სურ. 1).

II ეტაპი – პირველ ეტაპზე მიღებული სასტარტო ინფორმაციის საფუძველზე კონკრეტულ (მონიშნულ) ობიექტებთან და ტერიტორიებთან დაკავშირებული მასალების მოძიება და სავალდებულო სპეციფიკური გამოკვლევა.

მასალებში იგულისხმება ობიექტებთან დაკავშირებით მოპოვებული საინფორმაციო სტატიები, ისტორიულ-მეცნიერული ნაშრომები, მონოგრაფიები, ტოპოგრაფიული რუკები (მათ შორის ელექტრონული), მიმდინარე და მოსალოდნელი პროცესების ცალკეულ



სურათი 1

ელემენტებზე არსებული დაკვირვების მონაცემები; საველე-ექსპედიციურ გამოკვლევებში კი სხვადასხვა ხელსაწყოებით და ვიზუალურად ტერიტორიაზე არსებული თანამედროვე სიტუაციის (წყლის ჰიდრაულიკური ქანობის, კალაპოტის გრძივი და განივი პროფილები, მდინარეების სიღრმეები და ხარჯები, კალაპოტის ნაპირების მდგრადობა, მაქსიმალური ხარჯების ნიშნულები, ეროზიული პროცესები, ნაპირებიდან წყლის გადმოდინების შემთხვევაში დატბორვის სავარაუდო ტერიტორიები და მოსალოდნელი საფრთხეები) დაფიქსირება.

III ეტაპი – I და II ეტაპზე ჩატარებული კვლევის შედეგებისა და მოპოვებული სხვა ინფორმაციის ერთობლივი შესწავლა, ანალიზი და კლასიფიკაცია და შესაბამის საწყის მონაცემთა ბაზის ჩამოყალიბება შემდგომი გათვლებისათვის; მდინარის სენსიტიურ უბანზე მიმდინარე პროცესებისა და მათი განმსაზღვრელი ფაქტორების სავარაუდო ცვლილებათა პროგნოზირება და შესაბამისი ტრენდების დადგენა.

ამ ეტაპის თეორიულ გათვლებში იგულისხმება:

- მდინარეებისათვის სხვადასხვა დონის საიმედოობის მაქსიმალური ხარჯების რიცხვითი მნიშვნელობების და შესაბამისი რისკების დადგენა ამოვარდნების თეორიის გამოყენებით.
- ყველაზე სენსიტიური უბნებისათვის (ცალკეულ კვეთებში) ზღვრული გამტარუნარიანობისა და შესაბამისი ტოლერანტული ხარჯის გაანგარიშება.
- სანაპიროს მოწყვლადობის შეფასება პროგნოზირებული ხარჯებისა და დონეების ზემოქმედების გათვალისწინებით, იტოს და ფოკერ-პლანკ-კოლმოგოროვის მოდიფიცირებული განტოლებების გამოყენებით კონკრეტული შემთხვევისათვის

IV ეტაპი – მოსალოდნელი საფრთხეებისაგან გამომწვეული სავარაუდო ნეგატიური შედეგების დადგომის დროისა და მოცულობის გათვლა; მათი საწინააღმდეგო და შემარბილებელი ღონისძიებების დაგეგმვა.

დასკვნა

წყალმოვარდნების მაქსიმალურ ხარჯებთან დაკავშირებული რისკების და წყალგამტარი არტერიის სანაპიროს მოწყვლადობის დადგენის სრულყოფილი მეთოდოლოგია ამჟამად არ არსებობს. ამიტომ მისი წარმოდგენილი მიახლოებითი ვარიანტი ამ ეტაპზე არ შეიძლება მოკლებული არ იყოს გარკვეულ ხარვეზებს და აქედან გამომდინარე შემოთავაზებულ მიდგომებს არ გააჩნია მაღალი სიზუსტის პრეტენზიები.

პრობლემის მოსაგვარებლად მიმართულ მომავალ კვლევებში იგულისხმება შესაბამი-

სი სპეციალისტების მობილიზება და პროცესების განმსაზღვრელი ფაქტორების დროში ცვლილებისა და შემთხვევითობის გათვალისწინება

ჩამოყალიბებული თეორიული მოდელირების ვერიფიკაცია მოხდება ვირტუალური და რეალური შემთხვევისათვის, რომლის პროცესშიც დაზუსტებული იქნება განმსაზღვრელ ფაქტორებს შორის მიზეზ-შედეგობრივი კავშირები და პროცესების ფიზიკური არსის ფრაგმენტები.

ლიტერატურა

1. საქართველოს პირველი ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციაზე, თბილისი, 1999.
2. საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინება კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისათვის, თბილისი, 2009.
3. **Богомолов А.А.** Топографическое дешифрирование природного ландшафта на аэроснимках.

1. Госгеолтехиздат, М., 1963, 176-183 с.
4. Дистанционное зондирование в метеорологии, океанографии и гидрологии. Пер. с англ. под ред. **А. Крэкнелла.** Мир, М, 1984. 503-510 с.
5. **Мирицхулава Ц.Е.** Наводнение, меры борьбы, Тбилиси, ГрузНИИГиМ 1987, 54 с.
6. **Мирицхулава Ц.Е.** Надежность гидромелиоративных сооружений. М., Колос, 1974

СНИЖЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ГРУНТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАВ

Кикнадзе Х.Л., Дадвани К.З., Маисая Л.Д., Лордкипанидзе Ф.Н., Наврозашвили М.З.

Email: KHKIKNADZE@mail.ru

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

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных проблем гидротехнического и ирригационного строительства является проблема борьбы с потерями воды и уменьшением водопроницаемости грунтов.

Выявление дешевых поверхностно-активных веществ (ПАВ) и разработка технологии внесения их в грунт является важной задачей технической мелиорации грунтов.

Использование хорошо растворимых в воде поверхностно-активных веществ дает

возможность разработки дешевой и наиболее простой технологии обработки грунтов. Таким способом является метод свободной пропитки при малых градиентах.

На основании анализа имеющейся литературы [1, 2, 3] и проведенных исследований, была разработана гипотеза механизма взаимодействия поверхностно-оактивных веществ с грунтами [4].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В данной статье рассмотрены вопросы уменьшения водопроницаемости суглинистых и супесчаных грунтов утиль-продуктом производства капролактама – кубовыми остатками, которые, являясь бросовым материалом, могут быть получены практически в неограниченном количестве.

Кубовые остатки – хорошо растворимое в воде твердое, полимерное вещество желтого цвета следующего состава: капролактама – 85-52%; NaOH – 5,75%; сульфаты – 8,96%; H₂O – 0,64%.

Испытаниям подвергались грунты нарушенной структуры с объемным весом 1,21 г/см³ со следующими показателями:

1. Супесь из района ЗАГЕС-а: число пластичности – 3,0; исходный Кф – $3,12 \times 10^3$ см/сек; рН водной вытяжки – 7,2; объемный вес природного залегания сухого грунта 1,53 г/см³.
2. Суглинок из района Орхеви (Самгор-

ская оросительная система): число пластичности – 15,5; исходный Кф – $2,63 \times 10^{-3}$ см/сек; рН водной вытяжки – 7,5; объемный вес природного залегания сухого грунта 1,48 г/см³.

Изготовление образцов с таким низким объемным весом обусловлено желанием получить наиболее наглядную картину эффективности данного способа.

Опыты проводились в стеклянных трубках диаметром 5 см и высотой образца 20 см.

Раствор подавался после предварительной фильтрации воды через образец. Время пропитки образца на всю глубину было равно скорости прохождения раствора через образец и составляло 12 минут, количество подаваемого раствора – 60 мл.

Свободная пропитка образцов осуществлялась концентрацией раствора поверхностно-активное вещество – вода 1:50 (рН = 10,0; кинематическая вязкость $\nu = 1,174$ сантистокс).

СНИЖЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ГРУНТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАВ

Испытание обработанных грунтов на фильтрацию проводилось при различных градиентах.

Результаты опытов приведены в таблице 1.

Как видно из приведенной таблицы, при градиентах до $I = 3,0$ фильтрация полностью отсутствует. Дальнейшее увеличение градиента до значения $I = 10,0$ приводит лишь к появлению практически незначительного фильтрационного расхода (среднее значение скорости фильтрации достигает $V_{\phi} = 6,3 \times 10^{-3}$ см/сек).

Появление фильтрационного расхода при увеличении градиента можно объяснить следующим образом: наиболее слабо связанная с грунтовой частицей часть поверхностно-активного вещества вымывается при градиентах

$I = 2,5 \div 4,0$. Связь остальной части ПАВ очевидно носит более устойчивый характер и для ее отрыва от грунтовой частицы требуются более высокие градиенты, чем было принято в наших исследованиях.

Тут же следует отметить, что в гидромелиоративной практике, когда имеем дело с земляными сооружениями (каналы, дамбы, водоемы и т.д.), как правило, встречаются низкие градиенты (до $I = 2$). Таким образом, применение кубовых остатков для уменьшения водопроницаемости суглинистых и супесчаных грунтов дает практически вполне удовлетворительные результаты.

Испытание этих же образцов на фильтрацию в течение 200 суток (Рис.1) показало их устойчивость во времени.

Таблица 1

Результаты фильтрационных испытаний

№№ п/п	№№ образцов	Градиент <i>I</i>	<i>K_ф</i> после обработки ПАВ	№№ п/п	№№ образцов	Градиент <i>I</i>	<i>K_ф</i> после обработки ПАВ
Супесь из р-на ЗАГЕС-а				Суглинок из р-на Орхеви			
1	183	1.3	0.0	1	1039	1.3	0.0
2	183/1	2.0	0.0	2	1042	2.0	0.0
3	183/2	3.0	1.16×10^{-5}	3	1045	3.0	4.54×10^{-6}
4	183/3	4.0	1.74×10^{-5}	4	1048	5.0	4.54×10^{-6}
5	183/4	5.0	3.48×10^{-5}	5	1051	7.0	6.94×10^{-6}
6	188	1.3	0.0	6	1055	10.0	8.10×10^{-6}
7	188/1	2.0	0.0	7	1040	1.3	0.0
8	188/2	3.0	1.10×10^{-5}	8	1043	2.0	0.0
9	188/3	4.0	1.69×10^{-5}	9	1046	3.0	5.10×10^{-6}
10	188/4	5.0	2.39×10^{-5}	10	1049	5.0	7.52×10^{-6}
11	190	1.3	0.0	11	1053	7.0	8.10×10^{-6}
12	190/1	2.0	0.0	12	1056	10.0	1.04×10^{-5}
13	190/2	3.0	0.0	13	1041	1.3	0.0
14	190/3	4.0	2.29×10^{-5}	14	1044	2.0	0.0
15	190/4	5.0	2.32×10^{-5}	15	1047	3.0	5.84×10^{-6}
16	192	1.3	0.0	16	1050	5.0	6.94×10^{-6}
17	192/1	2.0	0.0				
18	192/2	3.0	1.16×10^{-7}				
19	192/3	4.0	2.32×10^{-6}				
20	192/4	5.0	5.80×10^{-6}				

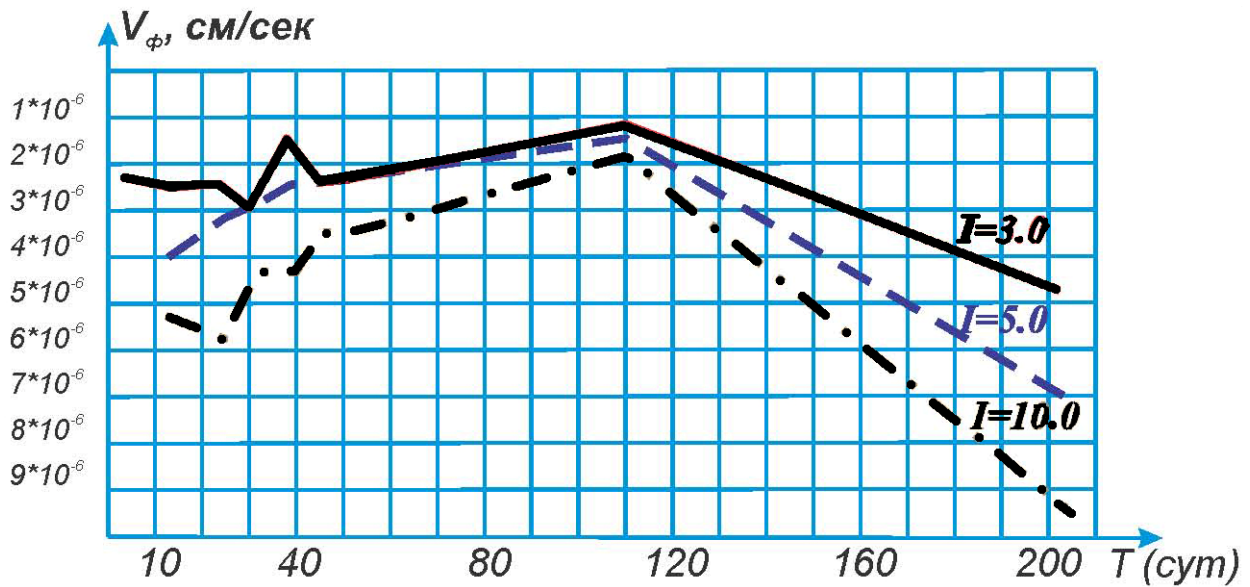


Рис. 1. Зависимость K_f от длительности испытаний

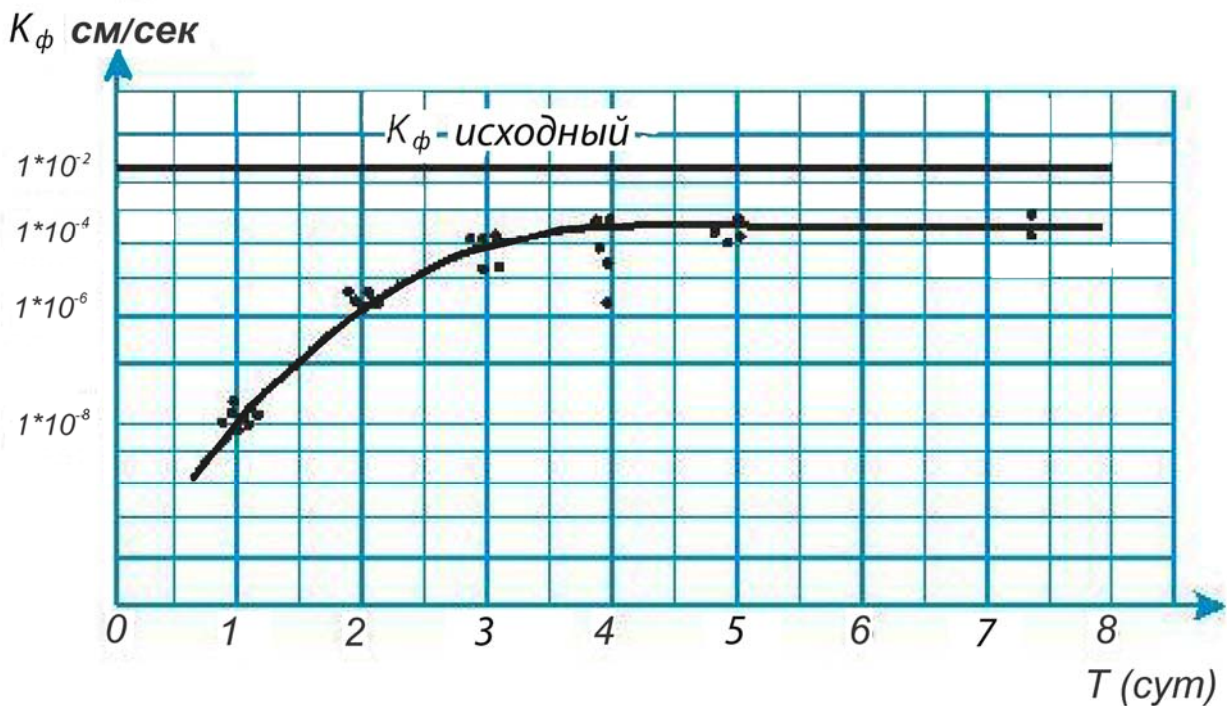


Рис. 2. Зависимость K_f песков от длительности испытаний

Как показал петрографический анализ, молекулы поверхностно-активного вещества вступают в активную связь только с тонкодисперсной частью грунта, обладающей способностью к наиболее активному взаимодействию (глинистые частицы).

Для подтверждения сказанного были проведены опыты на не отсортированных песках

с содержанием 3% глинистых частиц, которые показали, что несмотря на полученный вначале положительный результат, связь ПАВ с песком носит неустойчивый характер. С течением времени ПАВ вымывается фильтрационным потоком, что приводит к увеличению коэффициента фильтрации (Рис.2).

ВЫВОДЫ

Основываясь на результатах исследований, можно сделать вывод об эффективности обработки грунтов поверхностно-активным веществом – кубовыми остатками, методом свободной пропитки.

Основное направление работ по уменьшению водопроницаемости грунтов ПАВ должно базироваться на активном воздействии на тонкодисперсную часть грунта с использованием его способности к адсорбционному и химическому взаимодействию. Обработка грунтов водным раствором кубовых

остатков капролактама 5% концентрации до градиента $I = 3,0$ дает полное прекращение фильтрации. Применение ПАВ для песчаных грунтов не дает положительного эффекта. Также установлена возможность внесения водных растворов ПАВ в грунт методом свободной пропитки.

Проведенные опыты свидетельствуют о возможности использования этого эффекта для уменьшения фильтрационных свойств грунтов.

Литература

1. **Марков Л.А., Парфенов А.П., Патрашев А.П., Пугачев Б.В., Черкасов И.Н.** Улучшение свойств грунтов поверхностно-активными и структурообразующими веществами. Научно-техн. изд. МАТИШД РСФСР, 1963.
2. **Нечаев Г.А.** Гидрофобные порошки в энерго-строительстве. Изд. "Энергия", 1965.
3. **Ребиндер П.А.** Физико-химическая механика как основа закрепления грунтов в дорожном строительстве и производстве строительных материалов на основе грунта. //Труды совещания по теоретическим основам технической мелиорации грунтов. Изд. МГУ, 1961.
4. **Игрияшвили Л.А.** Целевое управление свойствами грунтов. Монография, "Мецниереба", Тбилиси, 2005, 362 с.

კვლევში მორწყვის ჰიდრაულიკა და პროცესის კომპიუტერული იმიტაცია
პროგრამირების C++ ენის გამოყენებით

რევაზ კილაძე

E-mail: nana.morbedadze@tns-global.ge

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

შესავალი

კვლევში მორწყვის თავისებურება იმაშია, რომ ნიადაგის დატენიანება ამა თუ იმ კვეთში დამოკიდებულია არა მხოლოდ წყლის დგომის დროზე, როგორც ეს ხდება ზოლებში მორწყვისას, არამედ დამოკიდებულია ასევე კვალში წყლის სიღრმეზეც, რადგან ამ შემთხვევაში ნიადაგის დატენიანება აღებულ კვეთში ხდება ყველა მიმართულებით და უფრო ინტენსიურია. ამიტომ ჩაუონილი

წყლის ოდენობა ასახულია ისეთი მაპროქსიმირებელი ფორმულებით, რომლებიც შეიცავს კვლევში წყლის სიღრმის გავლენას ინფილტრაციაზე. აქედან გამომდინარე პროცესის კომპიუტერული იმიტაციის დროს წყლის ბალანსის დაცვა იმიტაციის ყველა ეტაპზე განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს.

პირითადი ნაწილი

კვლევში მორწყვის თეორიული ბაზა, საწყის დიფერენციალურ განტოლებათა ამოხსნის მეთოდები და პროცესის კომპიუტერული იმიტაციის ალგორითმები აღწერილია ჩვენს წინა ნაშრომებში [1, 2]. მიღებული შედეგების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ საჭიროა მიწოდებული და გამოყენებული წყლის ბალანსის დაცვა არა მხოლოდ მორწყვის დამთავრებისას, არამედ პროცესის კომპიუტერული იმიტაციის ცალკეულ ეტაპებზეც.

სტატია შეიცავს იმის ანალიზს, თუ რამდენად სწორად და სრულად მიმდინარეობს მორწყვის რეალური პროცესის კომპიუტერული იმიტაცია. ამის გასარკვევად გამოყენებულია, როგორც შესაბამისი ამონაბეჭდები პროცესის იმიტაციის ცალკეული ეტაპებისათვის, ასევე ჰიდრაულიკური კანონზომიერებების შემოწმება ამ ამონაბეჭდების გამოყენებით. ამ ანალიზთან დაკავშირებული საკითხები განხილულია მიმდევრობით.

რამდენად დაცულია მიწოდებული და მოხმარებული წყლის ბალანსი მორწყვის კომპიუტერული იმიტაციის ცალკეულ ეტაპებზე (ცხრილი 1).

გამოყენებული თეორიული ბაზის საფუძველზე კვლევში მორწყვის პროცესის კომპიუტერული იმიტაციის დროს სარწყავი ნაკადის მოცულობა კვალში $VV(x,t)$ და შესაბამისად ნიადაგში ჩაუონილი წყლის მოცულობა $WW(x,t)$ გამოითვლება დროის და სიგრძის ყოველ მონაკვეთზე.

ჩაუონილი წყლის ოდენობა გამოითვლება ინფილტრაციის შესაბამისი ფორმულებით, ხოლო წყლის ნაკადის ოდენობა – მისი სიღრმეების და კვლების გეომეტრიული ზომების მიხედვით. აქ გამოსაყოფია ორი შემთხვევა:

1. როცა კვალის ბოლოში ზღუდეა;
2. როცა ასეთი ზღუდე არ არის და კვალის ბოლოში, საჭირო დატენიანების

*) სამუშაო შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით (გრანტი №GNSF/ST09-799-7-109), 1-7/63.

მისაღწევად, ხდება წყლის იძულებითი გადაღვრა.

თუ მორწყვის კომპიუტერული იმიტაცია სწორად მიმდინარეობს დროის ყოველ მონაკვეთზე წყლის ბალანსის დასაცავად უნდა დაკმაყოფილდეს (გარკვეული სიზუსტით) შემდეგი ტოლობები:

როცა კვალის ბოლოში ზღუდა

$$QT = VV + WW \quad (1)$$

და როცა კვალის ბოლოში ზღუდე არ არის

$$QT = VV + WW + SBR, \quad (2)$$

სადაც *SBR* – გადაღვრილი წყლის ოდენობაა, რომელსაც ადგილი აქვს მხოლოდ მას შემდეგ, როცა წყლის ნაკადი მოაღწევს კვალის ბოლოს.

კომპიუტერულ პროგრამაში გამოყენებული საანგარიშო ფორმულები ითვალისწინებს ხსენებული ბალანსის პრინციპის დაცვას (1) და (2) ფორმულების გამოყენებით. ამის შესამოწმებლად საკმარისად მივიჩნით კომპიუტერული იმიტაციის მსვლელობისას მხოლოდ ოთხი მნიშვნელოვანი მომენტის ($S = L/2$, $S = L$, $Q = 0$, $HN = 0$) შესაბამისი ბალანსის ელემენტების ამოებტვლა. ასეთი რიცხვითი ექსპერიმენტები მორწყვაზე ჩატარებულია შესატანი მონაცემების სხვა და სხვა მნიშვნელობების დროს. ამ ექსპერიმენტების შედეგები საილუსტრაციოდ მოყვანილია 1 ცხრილში, სადაც მორწყვის ყოველ ვარიანტს შეესაბამება აღნიშნული 4 მომენტის შესაბამისი 4 სტრიქონი, ხოლო α, K, b – ინფილტრაციის მახასიათებლებია, n_0 – წინაღობის (ხორკლიანობის) კოეფიციენტი, a – კვლებს შორის მანძილი, i – ფსკერის ქანობი, Q – კვალში მიწოდებული წყლის ხარჯი, T – სარწყავი ნაკადის მოძრაობის დრო, S – მის მიერ გავლილი მანძილი, L – კვალის სიგრძე, VV, WW, SBR – მოცულობებია შესაბამისად წყლის ნაკადის, ნიადაგში ჩაუონილი წყლის და გადაღვრილის კვალის ბოლოში, $Q \cdot T$ – მიწოდებული წყლის მოცულობა.

ამონაბეჭდები მორწყვის ყოველი ვარიანტისათვის იძლევა პროცესის განვითარების სრულ სურათს. მაგალითისთვის საკმარისია განვიხილოდ მორწყვის მხოლოდ ერთი ვარიანტი – პირველი 4 სტრიქონი (ცხრილი1). აქ მოყვანილი ამონაბეჭდების თანახმად წყლის ნაკადი პირველ 100 მ გადის 1,21 სა-

ათში, ხოლო კვალის მთლიან სიგრძეს (200 მ) – 4,35 საათში, რის შემდეგ კვალის ბოლოში, მისი დატენიანების მიზნით, იწყება წყლის იძულებითი გადაღვრა ორ ეტაპად. პირველი – კვალის თავში წყლის მიწოდებით ($Q = 1$ ლ/წ), რომელიც გრძელდება $7,26 - 4,35 = 2,91$ საათს და მეორე – კვალში დაგროვილი წყლის ჩამოდინებით, რაც გრძელდება $8,02 - 7,26 = 0,76$ საათს. ოთხივე სტრიქონისთვის მიწოდებული (მე-9 გრ.) და გახარჯული (მე-10 გრ., ცხრილი1) წყლის მოცულობები ახლოსაა ერთმანეთთან (სხვაობები არ აღემატება 2%). იგივე სურათია მორწყვის სხვა ვარიანტებისთვისაც, რაც წყლის ბალანსის კარგ დაცვას ნიშნავს.

ცხრილების 2 და 3 ანალიზიდან ჩანს, რომ გარდა ჩატარებული წყლის ბალანსის შემოწმებისა, სხვა ჰიდრავლიკური კანონზომიერებებიც დაცულია. მოვიყვანო რამდენიმე მაგალითს:

წყლის მიწოდების შეწყვეტის შემდეგ მისი ჩამოდინების (ანუ H_0 -ის განულების) დრო – $\tau_1 = \tau_0 - \tau_{II}$, ცხრილების 2 და 3 პირობებში და ჰიდრავლიკური კანონების თანახმად, დამოკიდებულია მხოლოდ Q -სა და i -ზე. ანუ როცა Q არ იცვლება τ_1 უნდა იყოს უფრო მცირე იმ სტრიქონისათვის, სადაც i უფრო მეტია, ხოლო როცა i არ იცვლება, τ_1 უნდა იყოს უფრო მცირე იმ სტრიქონისათვის, სადაც Q უფრო მცირეა, ცხრილების 2 და 3 მონაცემებით ასეც არის.

მაგალითი 1: შევადართო ცხრილი 2-ის პირველი და მეექვსე სტრიქონები. პირველი სტრიქონის მიხედვით $\tau_1 = \tau_0 - \tau_{II} = 7,42 - 7,26 = 0,16$ საათს, მაშინ როცა მეექვსე სტრიქონის თანახმად, სადაც i საგრძნობლად უფრო მეტია, ხოლო Q იგივეა, τ_1 საათობრივ აღრიცხვაში ნულის ტოლია, ანუ H_0 -ის განულება ხდება წამებში.

მაგალითი 2: შევადართო ცხრილი 2-ის პირველი და მეორე სტრიქონები. მეორე სტრიქონის მიხედვით $\tau_1 = 8,21 - 8,01 = 0,2$ საათი, მაშინ როცა პირველი სტრიქონის თანახმად, სადაც Q ორჯერ ნაკლებია, ხოლო i არ იცვლება, $\tau_1 = 0,16$ საათს, ანუ ჰიდრავლიკური კანონზომიერება დაცულია.

რევაზ კილაძე

ასეთივე დადებით შედეგს გვაძლევს მე-3 ცხრილის სტრიქონების შედარებაც.

ამრიგად, მორწყვის კომპიუტერული იმიტაციის გზით მიღებული ცხრილების 1, 2, 3 ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სრულადაა დაცული, როგორც წყლის ბალანსი, ასევე ჰიდრავლიკური კანონზომიერებებიც, რაც იმას ნიშნავს, რომ მორწყვის პროცესის კომპიუტერული იმიტაცია მიმდინარეობს სწორად.

შემოთავაზებული მეთოდის თავისებურება მდგომარეობს იმაში, რომ მორწყვის იმ მრავალ ვარიანტს შორის (წარმოდგენილ ცხრილი 2 ან ცხრილი 3-ის სახით), ფერმერმა უნდა აირჩიოს მისთვის მისაღები ვარიანტი. მათემატიკური თვალსაზრისით ეს ამოცანა მიეკუთვნება მრავალკრიტერიული

ანუ ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანათა რიცხვს, რომელთა ამოხსნის რაიმე სტანდარტული მეთოდი არ არსებობს.

კვლევში მორწყვის კომპიუტერული იმიტაციის ალგორითმები აღნიშნულ თავისებურებათა გათვალისწინებით დამუშავებულია გრანტის ფარგლებში რეზო კილაძის და შოთა გოგოლაურის მიერ, ხოლო შესაბამისი კომპიუტერული პროგრამები C++ ენაზე შედგენილია და გამართულია კომპიუტერზე თეოდორე ზარქუასა და ნათია ზარქუას მიერ.

ამ პროგრამების მუშაობის შედეგები მორწყვის სხვადასხვა ვარიანტებისათვის მოცემულია ცხრილებში 1, 2, 3.

ცხრილი 1

პროგრამირების ენა C++

მიწოდებული და მოხმარებული წყლის ბალანსის შემოწმება

$$n_0 = 0,04; \alpha = 0,5; K = 0,004; b = 9,8; a = 0,6$$

მორწყვის ვარიანტები	მორწყვის ვტაჟები	100·i	Q ლ/წ	T საათი	S მ	L მ	WQ მ ³	VV მ ³	WW მ ³	SBR მ ³	QT მ ³	VV+WW+SBR მ ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	0,175	1	1,21	L/2	200		1,07	3,23	0	4,36	4,3
	2	-	1	4,35	L	-		2,2	13,16	0	15,66	15,36
	3	-	1	7,26	L	-		2,28	21,01	2,62	26,15	25,9
	4	-	0	8,02	L	-		0,116	22,58	3,97	-	26,66
2	1	-	2	1,21	L/2	300		2,56	6,07	0	8,71	8,6
	2	-	2	4,11	L	-		5,28	23,9	0	29,62	29,2
	3	-	2	8,01	L	-		5,66	43,15	8,19	57,7	57,0
	4	-	0	9,16	L	-		0,17	45,48	12,05	-	57,7
3	1	0,5	1,5	0,63	L/2	200		1,07	2,28	0	3,43	3,35
	2	-	1,5	1,95	L	-		2,14	8,25	0	10,52	10,4
	3	-	1,5	3,47	L	-		2,2	14	1,8	18,7	18,0
	4	-	0	3,7	L	-		0,11	14,7	3,51	-	18,32
4	1	-	2	0,92	L/2	300		1,94	4,58	0	6,65	6,52
	2	-	2	3,06	L	-		3,89	17,86	0	22,0	21,75
	3	-	2	4,84	L	-		3,96	27,1	3,6	34,86	34,66
	4	-	0	5,21	L	-		0,17	28,76	5,27	-	34,20
5	1	1	2	0,15	L/2	100		0,57	0,53	0	1,1	1,1
	2	-	2	0,39	L	-		1,09	1,69	0	2,81	2,78
	3	-	2	1,51	-	-		1,18	5,05	4,56	10,9	10,79
	4	-	0	1,58	-	-		0,05	5,26	5,1	-	10,41

პროგრამირების ენა C++

კვლევაში რწყვების კომპიუტერული იმიტაციის შედეგები (ბოლოში ზღუდის გარეშე).

ჰიდრავლიკური კანონზომიერებების შემოწმება

ინფილტრაციის პარამეტრები: $\alpha = 0,5$; $K = 0,004$ მ/სთ; $b = 9,8$; $n_0 = 0,04$; $a = 0,6$ მ

№	შესატანი მონაცემები				გამოსატანი მონაცემები – განსაზღვრავს მორწყვის ხარისხს											
	ფუკერის ქანობი 100 <i>i</i>	კვლების სიღრმე (მ) <i>S</i> მ	მიწოდებული წყლის ხარჯი <i>Q</i> ლ/წმ <i>WQ</i> * მ ³ /ჰა	დატენიანება მ ³ /ჰა		მიწოდებული სარწყვი ნორმა <i>W</i> მ ³ /ჰა	გადანჯილი წყალი <i>WS</i> მ ³ /ჰა	ჯრო საათებში					წყლის სიღრმე სარწყვის კვლევაში <i>H</i> ₀ მ	<i>HNM</i> ** მ	$\frac{W_1}{W_0}$	
				დასაწყისში <i>W</i> ₀	ბოლოში <i>W</i> _s			ბოლოში მიღწევის <i>t</i> _გ	წყლის მიწოდების <i>t</i> _წ	წყლის ჯგომის ჯრო		წყლის სიღრმე <i>z</i> ₀				ბოლოში <i>z</i> _s
										<i>z</i> ₀	<i>z</i> _s					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	0,175	200	1	1000	2525	1027	2179	331	4,35	7,26	7,42	3,67	8,96	6,93	0,41	
2	0,175	300	2	1500	3355	1610	3205	670	4,11	8,01	8,21	5,05	11,6	9,04	0,48	
3	0,5	200	1,5	700	1699	772	1560	292	1,95	3,47	3,48	1,76	8,57	8,34	0,45	
4	0,5	300	2	900	2237	878	1936	293	3,06	4,84	4,86	2,15	9,54	7,42	0,39	
5	1	100	2	700	1120	785	1815	853	0,39	1,51	1,52	1,19	8,38	7,9	0,70	
6	4	100	1	1000	1290	1034	3040	1878	0,42	5,06	5,06	4,67	5,00	5,00	0,80	
7	4	100	1	700	981	734	1824	965	0,42	3,04	3,04	2,64	5,00	4,9	0,75	
8	4	100	1	1200	1497	1234	3980	2616	0,42	6,63	6,63	6,23	5,00	5,0	0,82	
9	0,175	100	1	1000	1656	1022	2095	731	1,22	3,49	3,64	2,69	8,95	8,75	0,62	
10	0,5	200	1,5	1500	2482	1557	3200	1172	1,95	7,11	7,12	5,41	8,57	8,34	0,63	
11	0,5	200	1,5	1000	1982	1065	2099	555	1,95	4,66	4,68	2,96	8,57	8,34	0,54	
12	0,5	200	1,5	900	1885	967	1908	458	1,95	2,24	4,26	2,53	8,57	8,34	0,51	

*) *WQ*- მორწყვის ნორმა კვლის ბოლოში, რომლის მიღწევისას ხდება *Q*-ს განულება.

**) *HNM* - კვლების ბოლოში წყლის მაქსიმალური სიღრმე ღროში.

პროგრამირების ენა C++
 კვლევებში რწყევების კომპიუტერული იმიტაციის შედეგები (ბოლოში ზღუდა).
 ჰიდრაულიკური კანონზომიერებების შემოწმება

ინფილტრაციის პარამეტრები: $\alpha = 0,5$; $K = 0,0025$ მ/სთ; $b = 14$; $n_0 = 0,04$; $a = 0,9$ მ

№	შესატანი მონაცემები				გამოსატანი მონაცემები – განსაზღვრავს მორწყვის ხარისხს									
	ფსკვების ქანობი 100-ი	კვლების სიგრძე (მ) S მ	მიწოდებული წყლის ხარჯი Q ლ/წ	WQ* მ ³ /ჰა	დატენიანება მ ³ /ჰა		მიწოდებული სარწყავი ნორმა W მ ³ /ჰა	დრო საათებში				წყლის სიღრმე H ₀ სმ კვებში	HNM** სმ	W _s /W ₀
					ღაღაღის W ₀	ბოლოში W _s		ბოლოში მიღწყვის t _ბ	წყლის მიწოდების t _ფ	წყლის დგომის დრო				
										ღაღაღის τ ₀₂	ბოლოში τ _s			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0,05	400	1,5	1000	3032	1608	2176	11,25	14,50	15,58	6,05	13,15	18,37	0,53
2	-	-	-	500	2756	1087	1866	11,25	12,44	13,52	4,28	-	17,09	0,39
3	-	-	-	800	2923	1368	2049	11,25	13,66	14,73	5,26	-	16,51	0,47
4	-	300	-	1600	2897	2139	2317	6,37	11,59	12,45	6,08	-	61,67	0,74
5	-	-	-	1000	2400	1585	1852	6,37	9,26	10,29	5,49	-	19,18	0,66
6	-	-	-	700	2207	1252	1634	6,37	8,17	9,16	4,39	-	17,05	0,57
7	-	200	-	1100	2081	1589	1737	3,02	5,79	6,11	3,56	-	27,85	0,76
8	-	300	-	1100	2482	1601	1920	6,32	9,60	10,65	5,05	-	23,77	0,65
9	-	400	-	1600	3364	2241	2558	11,30	17,06	18,17	8,86	-	19,45	0,67
10	-	200	-	1600	2524	2211	2233	3,02	7,44	7,60	4,58	-	21,82	0,87
11	-	300	-	1600	2875	2155	2310	6,32	11,55	12,63	6,60	-	30,48	0,75
12	0,5	200	1,0	700	2198	1672	1714	3,01	5,71	5,72	3,04	7,36	9,82	0,76

*) WQ- მორწყვის ნორმა კვების ბოლოში, რომლის მიღწყვისას ხდება Q-ს განულება

**) HNM - კვლების ბოლოში წყლის მაქსიმალური სიღრმე დროში.

დასკვნა

კვლევებში მორწყვის ჰიდრაულიკა რთულია იმის გამო, რომ ინფილტრაცია დამოკიდებულია არა მხოლოდ წყლის დგომის დროზე, როგორც ეს ხდება ზოლებში მორწყვისას, არამედ კვლებში წყლის სიღრმეზეც. ამიტომ ჩატარებულია დამატებით სპეციალური გამოკვლევა იმის შესახებ, თუ რამდენად სწორად და სრულად მიმდინარეობს მორწყვის რეალური პროცესის კომპიუტერული იმიტაცია. რაც

შეეხება რწყევების დაგეგმვის მეთოდს, ის იგივეა, რაც ზოლებში მორწყვისას, და ითვალისწინებს შესატანი მონაცემების (ყველას ან ნაწილის) ისეთ შერჩევას, როცა გამოსატანი მონაცემების მიხედვით მიღწეული მორწყვის ხარისხი იქნება მისაღები ან საუკეთესო. შემუშავებული მეთოდის გამოყენების მიმდევრობა ასეთია: შესატანი მონაცემების პირველ მიახლოებას ვირჩევთ ტრადიციული

მეთოდით – დაგროვილი გამოცდილების საფუძველზე და ვახდენთ მორწყვის პროცესის კომპიუტერულ იმიტაციას. თუ გამოსატანი მონაცემების მიხედვით მორწყვის ხარისხი დაბალია, ვცვლით (გარკვეული მოსაზრებების საფუძველზე) ერთ ან რამდენიმე შესატან მონაცემს და კვლავ ვახდენთ სახეცვლილი

პროცესის იმიტაციას კომპიუტერზე. ასეთი იმიტაციების ციკლი სქემით: ანალიზი–შეცვლა–იმიტაცია გრძელდება მორწყვის მისაღები ან საუკეთესო ხარისხის მიღწევამდე, ხოლო ასეთნაირად შერჩეულ *შესატან პარამეტრებს* შეიძლება ვუწოდოთ *ოპტიმალური*, რაც *მეთოდის ძირითად მიზანს* წარმოადგენს.

ლიტერატურა

1. **Киладзе Р.М.** Эколого-экономический подход к решению задач оптимизации поливов по бороздам (на основе компьютерной имитации процесса). //“Инженерная экология”, №6, 2005, с. 46-28.
2. **Kiladze R.M.** The Effect of the Spatial Variability of the Water Permeability of Soils on the Parameters of Irrigation Systems. //J.”Eurasian Soil Science”. Vol. 38 , No 2, 2005, pp. 212-218.

ზოლებში მორწყვის ჰიდრაულიკა და პროცესის კომპიუტერული იმიტაცია
პროგრამირების C++ ენის გამოყენებით

რევაზ კილაძე

E-mail: nana.morbedadze@tns-global.ge

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

შესავალი

ზედაპირული მორწყვის ძირითადი სახეობებია მორწყვა ზოლებში და კვლებში. მიუხედავად მორწყვის ამ სახეობათა მსგავსებისა, მათ შორის არის არსებითი სხვაობებიც.

პირველი სხვაობა მდგომარეობს იმაში, რომ სარწყავი ხარჯი სიგანის ერთეულზე ზოლებში მორწყვისას მნიშვნელოვნად აღემატება ანალოგიურ სარწყავ ხარჯს კვლებში მორწყვისას.

მეორე სხვაობა მდგომარეობს იმაში, რომ ზოლებში მორწყვისას ნიადაგის დატენიანება ძირითადად დამოკიდებულია წყლის დროის დროზე, მაშინ როცა კვლებში მორწყვისას დატენიანება დამატებით დამოკიდებულია

ღია კვალში წყლის სიღრმეზეც.

მესამე სხვაობა მდგომარეობს იმაში, რომ ზოლებში მორწყვისას წყლის მიწოდება წყდება მანამდე, სანამ სარწყავი ნაკადი მიღწევდეს ზოლის ბოლოს. დაგროვილი წყალი ჩაედინება ქვემოთ და ატენიანებს ზოლის დაბოლოებას, მაშინ როცა კვლებში მორწყვისას წყლის მიწოდება გრძელდება წყლის ნაკადის კვლების ბოლოში მიღწევის შემდეგაც.

აღნიშნული სხვაობები მნიშვნელოვანია იმიტომაც, რომ ისინი აუცილებლად გათვალისწინებული უნდა იქნეს სასაზღვრო პირობების ჩამოყალიბების დროს.

ძირითადი ნაწილი

ზედაპირული, თვითდინებითი რწყვები განიხილება როგორც დროში მიმდინარე ერთგანზომილებიანი პროცესი, რომლის კომპიუტერული იმიტაცია ეფუძნება შესაბამის არაწრფივ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემის ამოხსნას რიცხვითი (სასრულ-სხვაობიანი) მეთოდებით. ზედაპირული რწყვების შედეგად ჰიდროეკოლოგიური პროცესები წარმოიქმნება წყლის ნაკადის ზემოქმედებით ნიადაგზე (შესაძლოა გამორეცხვა) და იმავდროულად ნიადაგის ზემოქმედებით ამ ნაკადზე (ინფილტრაცია და წყლის ხარჯის ართმევა). ასეთი ურთიერთქმედების შედეგად წარმოიშობა ცვალებადი მასის მქონე წყლის ნაკადის დაუმყარებელი (არასტაციონარული) მოძრაობა, რომელიც აისა-

ხება დინამიკის და უწყვეტობის არაწრფივ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემით, რომელსაც ზოლებში მორწყვის შემთხვევაში წყლის ნაკადის სიგანის ერთეულისათვის აქვს შემდეგი სახე

$$\left. \begin{aligned} \bar{U} \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial U}{\partial t} + g \frac{\partial H}{\partial x} &= gi - g \frac{U^2}{C^2 H} + q \frac{U}{H}, \\ \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial t} + q &= 0, \end{aligned} \right\} (1)$$

სადაც $H(x,t)$ და $U(x,t)$ - წყლის ნაკადის სიღრმე და სიჩქარეა, $Q = U \cdot H$ - წყლის ხარჯი სიგანის ერთეულზე, i - ფსკერის ქანობი, g - სიმძიმის ძალის აჩქარება,

*) სამუშაო შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით (გრანტი №GNSF/ST09-799-7-109), 1-7/63.

C – შეხის კოეფიციენტი, $q(x,t)$ – წყლის ხარჯის ართმევა ან მომატება, ან ორივე ერთდროულად, სიგრძის და სიგანის ერთეულზე, x – მანძილი, t – დრო. იგულისხმება, რომ $q(x,t)$ ცნობილი ფუნქციაა, რომელიც შეიძლება განისაზღვროს როგორც თეორიულად, ასევე ინფილტრაციაზე სავსე ცდებით.

განტოლებათა სისტემა (1) გარკვეული საწყისი და სასაზღვრო პირობებით იხსნება სასრულ-სხვაობიანი მეთოდით და არაცხადი სქემის გამოყენებით მისი მაღალი მდგრადობის გამო. ამის შედეგად მიღებული ალგებრულ განტოლებათა სისტემა დროის ყოველ შრეზე იხსნება მატრიცული „პროგონკის“ (ანუ გაუსის) მეთოდით.

შესაბამისი სასრულ-სხვაობიანი სქემების შესარჩევად, მათი მდგრადობის და კრებადობის მოთხოვნათა გათვალისწინებით, გამოყენებულია როგორც სპეციალური თეორიული გამოკვლევები, ასევე მონათესავე დარგების გამოცდილება, რის შედეგადაც შერჩეულია არაცხადი ფორმით დაწერილი ცენტრალურ სხვაობიანი სქემები. მათი გამოყენება, ცხადად დაწერილი სქემებისგან განსხვავებით, იწვევს მიღებულ სასრულ-სხვაობიანი განტოლებების ამოხსნას სპეციალური „პროგონკის“ მეთოდით, რის შედეგად დგინდება საძიებელი ფუნქციების (წყლის ნაკადის სიღრმე და სიჩქარე) რიცხვითი მნიშვნელობები დროის ყოველი ზედა შრის ყოველ წერტილში სასაზღვრო პირობების გათვალისწინებით.

იმის გამო რომ საწყისი დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა (1) არაწრფივია, თეორიული გამოკვლევები გამოყენებული სასრულ-სხვაობიანი სქემების მდგრადობაზე ჩატარებულია არსებულ მიდგომათა (ჯონ ნეიმანი, რ. რიხტმაიერი, ბ. როუდესტვენსკი) გამოყენებით, რაც მოკლედ შეიძლება ჩამოყალიბდეს შემდეგნაირად.

საწყისი არაწრფივ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემისთვის იწერება წრფივ განტოლებათა სისტემა ვარიაციებში, რომელიც შემდგომ გამოიკვლევა ლოკალური ჰარმონიული ანალიზის საფუძველზე. ამ მეთოდს ასევე უწოდებენ ცვლადი კოეფიციენტების „გაყინვის“ მეთოდს. მიღებულ გან-

ტოლებათა სისტემის გადასვლითი მატრიცის გამოკვლევა ჩატარებულია ორი შემთხვევისათვის, როცა დროის ბიჯი τ მისწრაფის ნულისკენ და როცა τ დებულს სასრულ მნიშვნელობას. პირველ შემთხვევაში გადასვლითი მატრიცის საკუთრივი მნიშვნელობები გამოისახება შემდეგი ფორმულით [1]:

$$|\lambda| = \frac{1+4\sigma^2(1\mp a)^2}{1+8\sigma^2(1+a^2)+16\sigma^4(1-a^2)^2} \sqrt{1+4\sigma^2(1\pm a)^2}, \quad (2)$$

$$\text{სადაც } \sigma = \frac{\tau \cdot c}{2\Delta} \cdot \sin mx, a = u/c, \quad c = \sqrt{gH}, \quad \Delta$$

– მანძილის ბიჯია, u – წყლის ნაკადის სიჩქარე, H – წყლის ნაკადის სიღრმე.

ანალიტიკურად მტკიცდება, რომ $|\lambda| < 1$

σ და a ნებისმიერი მნიშვნელობებისათვის, რაც არის მდგრადობის აუცილებელი პირობა. ეს პირობა იქნება ასევე საკმარისიც, თუ Δ ინარჩუნებს სასრულო მნიშვნელობას, როცა τ მისწრაფის ნულისკენ. მეორე შემთხვევაში, როცა τ -ს აქვს სასრულო მნიშვნელობა, მდგრადობის საკმარისი პირობა კმაყოფილდება თუ გადასვლითი მატრიცის ელემენტები შეზღუდულია გარკვეულ არეში და მისი ყველა საკუთრივი მნიშვნელობები (შესაძლოა ერთის გარდა) ერთიან წრეშია მოთავსებული.

ჩატარებული გამოკვლევებიდან ასევე ჩანს, რომ წყლის ნაკადის მოძრაობისას რაც უფრო მეტია წინაღობა და ნაკლებია წყალქონადობა, მით უფრო მდგრადია არჩეული სასრულ-სხვაობიანი სქემა.

მიღებული მდგრადობის კრიტერიუმის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ შესაბამის ფორმულაში შემავალი პარამეტრების იმ მნიშვნელობებისათვის, რომლებიც გვხვდება ბუნებაში, არაცხადად დაწერილი სქემების მდგრადობა ყოველთვის დაცულია.

რაც შეეხება დროის ბიჯს, მისი შეზღუდვის რამდენიმე მიზეზი შეიძლება იყოს, მაგალითად, არაწრფივ განტოლებათა გამარტივების მიზნით ჩატარებული გაწრფივება, პროცესის მსვლელობისას სასაზღვრო პირობების მკვეთრი ცვლილებები და სხვა, რაც ზრდის პროცესის კომპიუტერული იმიტაციის დროს, მაგრამ თანამედროვე კომპიუტერის სისწრაფე იმდენად მაღალია, რომ

აღნიშნული გარემოება არავითარ პრობლემას არ წარმოადგენს.

იმის გამო, რომ სისტემა (1) არაწრფივია, საანგარიშო ფორმულების მისაღებად გამოყენებულია ტეილორის მწკრივები. ამიტომ სასრულ-სხვაობიანი მეთოდის ბიჯების Δx და Δt შერჩევა ხდება საკმარისი სიზუსტის და წარმოებულების უწყვეტობის მოთხოვნათა გათვალისწინებით.

(1) სისტემის სასრულ-სხვაობიანი მეთოდით ამოხსნის ალგორითმი, შესაბამისი საწყისი და სასაზღვრო პირობებით, საფუძვლად უდევს მორწყვის პროცესების კომპიუტერულ იმიტაციას. ასეთი მიდგომა იმის საშუალებას იძლევა, რომ ძვირადღირებული (და ზოგჯერ შეუძლებელი) ექსპერიმენტების ნაცვლად ველზე, ისინი ჩატარდეს კომპიუტერზე და მიღებულ იქნეს ყველა ის საჭირო ინფორმაცია პროცესის ირგვლივ, რომელსაც იძლევა რეალური ექსპერიმენტი.

ორწყვის პროცესის კომპიუტერული იმიტაციის შედეგად მყარდება კავშირი შესატან და გამოსატან მონაცემთა შორის. მორწყვის შემთხვევაში შესატანი მონაცემები: სარწყავი ხარჯი Q_0 , ფსკერის ქანობი i , ზოლების (ან კვლების) სიგრძე l , მორწყვის ნორმა W , ხორკლიანობა n_0 , ზღუდის სიმაღლე ბოლოში P და ინფილტრაციის მონაცემები, ხოლო გამოსატანი მონაცემები განსაზღვრავს მორწყვის ხარისხს, ესენია: დატენიანების დონე და სითანაბრე, წყლის ნაკადის მაქსიმალური სიღრმეები და სიჩქარეები, მორწყვის დრო და სხვ.

სასრულ-სხვაობიანი მეთოდის გამოყენება განპირობებულია არა მხოლოდ იმით, რომ სისტემა (1) არ იხსნება ანალიტიკური მეთოდებით, არამედ იმითაც, რომ არასტაციონარული პროცესის სრულად იმიტაცია შეუძლებელია რაიმე სხვა მეთოდით, რადგან თავად პროცესი რამდენიმე ეტაპისაგან შედგება, განსხვავებული სასაზღვრო პირობებით, რომელთა შეცვლის მომენტი წინასწარ უცნობია და დგინდება მხოლოდ პროცესის მიმდინარეობისას დროის ყოველ ბიჯზე გარკვეული პირობების შემოწმებით. ამ მეთოდის უნიკალურობაც სწორედ ამაშია.

აღსანიშნავია ისიც, რომ კომპიუტერული იმიტაციის მეთოდი გამოირჩევა გაზრდილი (პრაქტიკულად შეუზღუდავი) შესაძლებლობებით: შესატანი მონაცემები შეიძლება იყოს არა მუდმივები, არამედ x და t -ს ცნობილი ფუნქციები (მაგალითად, ფსკერის ტეხილი პროფილი $i(x)$ და სხვ., შესაძლებელი ხდება ინფილტრაციაზე პირველადი მონაცემების უშუალოდ გამოყენება გავრცელებული მააპროქსიმირებელი ფორმულების გარეშე, შეიძლება შესწავლილ იქნეს შესატანი პარამეტრების რყევების გავლენა გამოსატან მონაცემებზე, რომლებიც განსაზღვრავს პროცესის ხარისხს და სხვ.

ზედაპირული, თვითდინებითი რწყვების (მათ შორის ზოლებში მორწყვის) ხარისხი დამოკიდებულია იმაზე თუ რამდენად კმაყოფილდება საუკეთესო (ანუ ოპტიმალური) რწყვებისადმი წაყენებული მოთხოვნები, ესენია:

- სიგრძეზე თანაბარი დატენიანება;
- სარწყავი წყლის ეფექტური გამოყენება;
- გრუნტის წყლების აწევის დაუშვებლობა;
- ირიგაციული ეროზიის შეზღუდვა;
- მექანიზმების და შრომის წარმადობის ზრდა;
- ფართობის ერთეულის მორწყვა უმოკლეს დროში და სხვა.

ზოლებში რწყვების დაგეგმვისას ყოველთვის არის მორწყვის ზოგიერთი პარამეტრის შერჩევის გარკვეული თავისუფლება. ასეთებია, მაგალითად, სარწყავი ხარჯი, ფსკერის ქანობი, ზოლების სიგრძე, სასაზღვრო პირობები და სხვა. ამ პარამეტრების რიცხვითი მნიშვნელობები მორწყვის პროცესის კომპიუტერული იმიტაციის დროს შესატანი მონაცემების როლს თამაშობს, რომლებიც შერჩეულ უნდა იქნეს მორწყვის ხარისხის მოთხოვნათა მაქსიმალური დაკმაყოფილებით, რასაც მორწყვის ოპტიმიზაციას უწოდებენ.

აღნიშნული მოთხოვნები მოიცავს განსხვავებული ბუნების საკითხთა ფართო წრეს. იმის გამო, რომ ამ მოთხოვნათა სრული და ერთდროული დაკმაყოფილება პრაქტიკულად შეუძლებელია, ისინი შეიძლება

**ზოლებში მორწყვის ჰიდრავლიკა და პროცესის კომპიუტერული იმიტაცია
პროგრამირების C++ ენის გამოყენებით**

დაკმაყოფილებულ იქნეს მხოლოდ ნაწილობრივ, კონკრეტულ პირობებზე დამოკიდებული შეფარდებით.

როგორც ვხედავთ, მორწყვის მაღალი ხარისხის მიღწევის ამოცანა შესატანი მონაცემების ვარირებით და შერჩევით საკმაოდ რთულია და მიეკუთვნება ვექტორული (ანუ მრავალკრიტერიული) ოპტიმიზაციის ამოცანათა რიცხვს.

1. ზოლებში მორწყვის კომპიუტერული იმიტაციის ალგორითმები მორწყვის ამ სახე-

ობისთვის აღნიშნულ თავისებურებათა გათვალისწინებით შედგენილია გრანტის ფარგლებში რეზო კილადის და შოთა გოგოლაურის მიერ, ხოლო შესაბამისი კომპიუტერული პროგრამები C++ ენაზე შედგენილია და კომპიუტერზე გამართულია თეოდორე ზარქუასა და ნათია ზარქუას მიერ. ამ პროგრამების მუშაობის შედეგები მორწყვის სხვადასხვა ვარიანტებისთვის მოცემულია ცხრილში.

ცხრილი 1

პროგრამირების ენა C++

ზოლებში რწყების კომპიუტერული იმიტაციის შედეგები (ბოლოში ზღუდა).

ინფილტრაციის პარამეტრები: $\alpha = 0,5$; $K = 0,00001$ მ/სთ; $b = 9000$; პირველი 6 სტრიქონისთვის $n_0 = 0,06$; შემდეგი სტრიქონებისათვის $n_0 = 0,04$													
№	შესატანი მონაცემები			გამოსატანი მონაცემები – განსაზღვრავს მორწყვის ხარისხს									
	ფსკერის ქსნობი 100-ი	ზოლებს სიგრძე (მ) S მ	მიწოდებული წყლის ხარჯი სივანის ერთეულზე Q ლ/მ ²	დატენიანება კვთში მ ³ /ჰა		მიწოდებული სარწყავი ნორმა W ^მ /ჰა	დრო საათებში				წყლის სიღრმე საწყის კვთში H ₀ სმ	H _N სმ	$\frac{W_s}{W_0}$
				დასაწყისში W ₀	ბოლოში W _s		ბოლოში მიწვევის t _ბ	წყლის მიწოდების t _მ	წყლის დრო				
									დღისი t _დ	ბოლოში t _ს			
1	0,2	200	14	1464	1171	1418	0,77	0,57	0,65	0,42	10,3	6,5	0,80
2	0,4	200	12	1500	1241	1416	0,79	0,66	0,68	0,47	7,7	8,9	0,83
3	0,6	200	12	1473	1392	1400	0,74	0,65	0,66	0,59	6,9	8,4	0,95
4	0,8	200	12	1470	1314	1400	0,70	0,65	0,66	0,79	6,3	8,8	0,90
5	0,2	300	20	1625	1440	1685	0,93	0,70	0,80	0,63	12,6	16,4	0,89
6	0,4	300	15	1777	1424	1680	1,11	0,93	0,96	0,61	8,8	16,5	0,80
7	0,1	200	20	1290	1001	1250	0,56	0,35	0,50	0,30	12,2	3,6	0,78
8	0,2	200	15	1309	1052	1250	0,61	0,46	0,52	0,33	8,5	8,2	0,80
9	0,4	200	12	1400	1119	1250	0,69	0,58	0,59	0,38	6,1	5,7	0,80
10	0,1	300	23	1540	1205	1500	0,82	0,54	0,72	0,44	13,2	4,4	0,78
11	0,2	300	18	1578	1222	1500	0,90	0,70	0,76	0,45	9,4	9,6	0,77
12	0,1	400	24	1794	1252	1700	1,18	0,79	0,98	0,48	13,6	3,7	0,70

დასკვნა

ზედაპირული რწყების ოპტიმალური დაგეგმვის მეთოდი ითვალისწინებს შესატანი მონაცემების (ყველას ან ნაწილის) ისეთ შერჩევას, როცა გამოსატანი მონაცემების მიხედვით მიღწეული მორწყვის ხარისხი იქნება მისაღები ან საუკეთესო. შემუშავებული მეთოდის გამოყენების მიმდევრობა ასეთია: შესატანი მონაცემების პირველ მიახლოებას ვირჩევთ ტრადიციული მეთოდით – დაგროვილი გამოცდილების საფუძველზე და ვახდენთ მორწყვის პროცესის კომპიუტერულ იმიტაციას. თუ გამოსატანი მონაცემების

მიხედვით მორწყვის ხარისხი დაბალია, ვცვლით (გარკვეული მოსაზრებების საფუძველზე) ერთ ან რამდენიმე შესატან მონაცემს და კვლავ ვახდენთ სახეცვლილი პროცესის იმიტაციას კომპიუტერზე. ასეთი იმიტაციების ციკლი სქემით: ანალიზი–შეცვლა–იმიტაცია გრძელდება მორწყვის მისაღები ან საუკეთესო ხარისხის მიღწევამდე, ხოლო ასეთნაირად შერჩეულ შესატან პარამეტრებს შეიძლება ვუწოდოთ ოპტიმალურები, რაც მეთოდის ძირითად მიზანს წარმოადგენს.

ლიტერატურა

1. **Kiladze, Revaz.** Study of the Stability of Finite Difference Schemes to Solve Saint-Venant Equations. //Bul. Georg.Acad. of Sciences V.3, no.1, 2009. P 96-99.
2. **Киладзе Р.М.** Эколого-экономический подход к решению задач оптимизации поверхностных способов орошения. //ж. Инженерная экология, М. №3, 2003. С. 26- 28.

**РАСЧЕТЫ ПониЖЕНИЙ УРОВНЕЙ ГРУНТОВЫХ ВОД
ОТ ДЕЙСВИЯ СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА
В УСЛОВИЯХ АРИДНОГО КЛИМАТА**

Литвак Р.Г.

(996-312) 541175, Email: *Lit1@elcat.kg*

Институт водных проблем и гидроэнергетики Национальной Академии наук КР
720083, Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Фрунзе 53

ВВЕДЕНИЕ

Инверсия испарения – важнейший параметр, который необходимо учитывать при выполнении гидрогеологических расчетов в условиях аридного климата. При понижении уровней грунтовых вод (УГВ) ниже критического уровня объем дополнительной воды за счет уменьшения ее испарения может составить 5 – 8 тыс м³ /га в год и более. Игнорирование этого фактора при расчетах вертикального дренажа приводит к значительным погрешностям в прогнозных глубинах УГВ (в условиях северной части г. Бишкек величина

погрешности составляет 1 - 2 м). Критическая глубина УГВ для Чуйской долины примерно равна 3 м. В большинстве работ инверсия испарения задается константой, т.е. не зависит от глубины УГВ [1]. Это приводит к заниженному влиянию дренажных скважин на УГВ. В данной статье будет произведена соответствующая сопоставительная оценка. Имеются работы, где предусматриваются различные виды пространственного осреднения инверсии испарения [2].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Приемлемый для аридного климата способ задания инверсии испарения в зависимости от величины заранее неизвестных понижений глубины УГВ приведен ниже:

$$W = \frac{U_0}{S_{kr}} S \text{ при } 0 \leq S \leq S_{kr}, \quad (1)$$

$$W = U_0 \text{ при } S > S_{kr}, \quad (2)$$

где W – инверсия испарения грунтовых вод, м/сут;

U_0 – испарение грунтовых вод при исходном положении УГВ, м/сут;

$S = S(r)$ – искомые понижения УГВ, м;

r – расстояние до дренажной скважины, м;

S_{kr} – величина понижения исходного УГВ до критического уровня, м.

Если УГВ не понижаются ниже критического уровня, то во всей зоне фильтрации действует зависимость (1), и принципиальных сложностей при решении соответствующих уравнений фильтрации нет. Не возникают проблемы, если повсеместно УГВ устанавливаются ниже критического уровня. В этом случае во всей зоне фильтрации действует зависимость (2). Однако, наиболее типичным является случай, когда в зонах, прилегающих к скважинам, УГВ устанавливаются ниже критического уровня, а вне их УГВ – выше критического уровня. Положение границы между зонами заранее неизвестно. Математическая постановка задачи о скважине,

в условиях перетекания с учетом инверсии испарения грунтовых вод по зависимостям (1), (2) имеет вид рис. 1 [3, 4]:

$$\frac{d^2}{dr^2} S_1(r) + \frac{1}{r} \left(\frac{d}{dr} S_1(r) \right) - \frac{S_1(r)}{B^2} - \frac{W}{T} = 0, \quad (3)$$

при $0 < r \leq R$

$$\frac{d^2}{dr^2} S_2(r) + \frac{1}{r} \left(\frac{d}{dr} S_2(r) \right) - \frac{S_2(r)}{P^2} = 0, \quad (4)$$

при $r \geq R$

где $S_1(r)$ – понижения УГВ в зоне $0 < r \leq R$, м;
 $S_2(r)$ – понижения УГВ в зоне $r \geq R$, м;
 R – расстояние от скважины до границы зоны с УГВ выше критического уровня, м;
 r – расстояние до скважины, м;
 T – водопроницаемость водоносного слоя, м²/сут;
 W – инверсия испарения грунтовых вод, м/сут.

$$B = \sqrt{\frac{T \cdot m}{k}}, \quad P = \sqrt{\frac{T \cdot m}{k + a \cdot m}}, \quad a = \frac{U_0}{S_{kr}},$$

где m , k – мощность и коэффициент фильтрации подстилающего слабопроницаемого слоя, м; м/сут.

Для решения уравнений (1) и (2) используются пять граничных условий, которые приведены ниже. Традиционная постановка

задачи, включающей 2 обыкновенных дифференциальных уравнения второго порядка, требует четыре граничных условия. Однако, в рассматриваемом случае неизвестной величиной является также положение границы, что приводит к дополнительному условию.

Условие на "стенке" скважины:

$$\lim_{r \rightarrow 0} \left(2\pi r \cdot T \frac{d}{dr} S_1(r) \right) = -Q, \quad (5)$$

где Q – расход скважины, м³/сут.

Условия на границе $r = R$:

$$\frac{d}{dr} S_1(R) = \frac{d}{dr} S_2(R) \quad (6)$$

$$S_1(R) = S_2(R) \quad (7)$$

$$S_1(R) = S_{kr} \quad (8)$$

Условие на бесконечности:

$$\lim_{r \rightarrow \infty} S_2(r) = 0 \quad (9)$$

Общее решение системы дифференциальных уравнений (1), (2) выражается линейной комбинацией цилиндрических функций от мнимого аргумента [5,6] с дополнительным слагаемым, связанным с дополнительным питанием:

$$S_1(r) = C_1(R) I_0\left(\frac{r}{B}\right) + C_2(R) K_0\left(\frac{r}{B}\right) - \frac{B^2 W}{T} \quad (10)$$

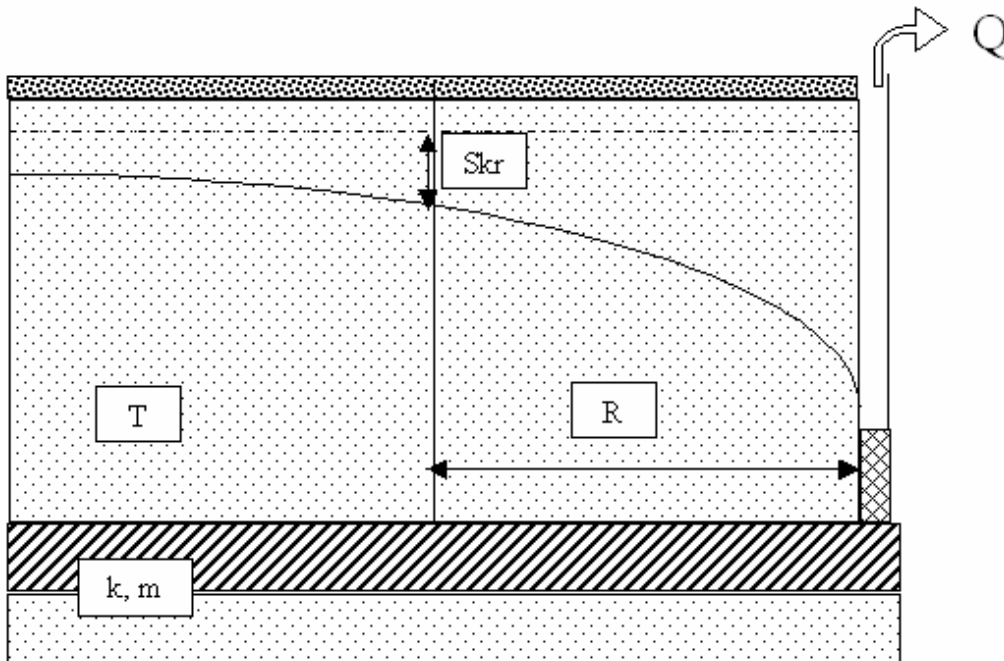


Рис. 1. Расчётная схема

**РАСЧЕТЫ ПОНИЖЕНИЙ УРОВНЕЙ ГРУНТОВЫХ ВОД ОТ ДЕЙСТВИЯ СКВАЖИН
ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В УСЛОВИЯХ АРИДНОГО КЛИМАТА**

$$S_2(r) = C_3(R)I_0\left(\frac{r}{P}\right) + C_4(R)K_0\left(\frac{r}{P}\right), \quad (11)$$

где $I_0(x)$, $K_0(x)$ – цилиндрические функции от мнимого аргумента нулевого порядка первого и второго рода соответственно; $C_1(R)$, ..., $C_4(R)$ – произвольные постоянные, зависящие от R (положение границы между зонами).

Они определяются с помощью соотношений (5) – (9) с использованием свойств цилиндрических функций [7]. Ниже приведены выведенные соотношения для C_1 – C_4 , промежуточные выкладки для краткости опущены:

$$C_2 = \frac{Q}{2\pi T} \quad (12)$$

$$C_3 = 0 \quad (13)$$

$$C_1(R) = \frac{C_2 \left[\left(\frac{1}{P} \frac{K_0\left(\frac{R}{B}\right)}{K_0\left(\frac{R}{P}\right)} K_1\left(\frac{R}{P}\right) - \frac{1}{B} K_1\left(\frac{R}{B}\right) \right) \right]}{\frac{1}{P} \frac{I_0\left(\frac{R}{B}\right)}{K_0\left(\frac{R}{P}\right)} K_1\left(\frac{R}{P}\right) + \frac{1}{B} I_1\left(\frac{R}{B}\right)} \quad (14)$$

где $I_1(x)$, $K_1(x)$ – цилиндрические функции от мнимого аргумента первого порядка первого и второго рода соответственно;

$$C_4(R) = C_1(R) \frac{I_0\left(\frac{R}{B}\right)}{K_0\left(\frac{R}{P}\right)} + C_2 \frac{K_0\left(\frac{R}{B}\right)}{K_0\left(\frac{R}{P}\right)} - \frac{B^2 W}{2TK_0\left(\frac{R}{P}\right)} \quad (15)$$

Величина R находится из уравнения (8) с использованием выражений (12) – (15). Упомянутое уравнение (8) не решается традиционными методами, его легко решить графически с любой точностью с использованием компьютерной системы Mathcad. Для удобства уравнение предоставляется в виде:

$$F(R) = S_1(R) - S_{kr} = 0 \quad (16)$$

Для дренажной скважины глубиной 80 м с дебитом 40 л/с в условиях северной части г. Бишкек $F(R)$ представлена на рис. 2. Построение графика автоматизировано, решение уравнения (8) очевидно при $R = 50$ м.

По найденному значению R определяются произвольные постоянные $C_1(R)$ и $C_4(R)$, затем определяются $S_1(r)$ и $S_2(r)$.

Для рассматриваемой в данной статье территории найденная функция понижений УГВ от действия одиночной скважины представлена на рис. 3. На том же рисунке приведены кривые понижений, рассчитанные без учета инверсии испарения, и кривая понижений при задании инверсии испарения в виде константы. Разница в прогнозных глубинах УГВ превышает 1м, что указывает на невозможность использования традиционных формул для расчета вертикального дренажа в климатических условиях Средней Азии.

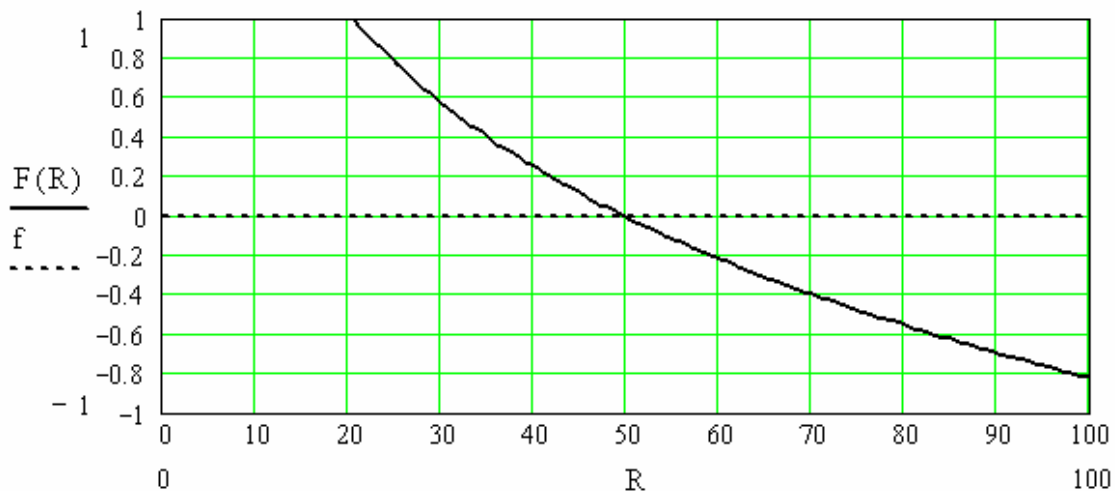


Рис. 2. График $F(R)$ для решения уравнения $F(R) = 0$

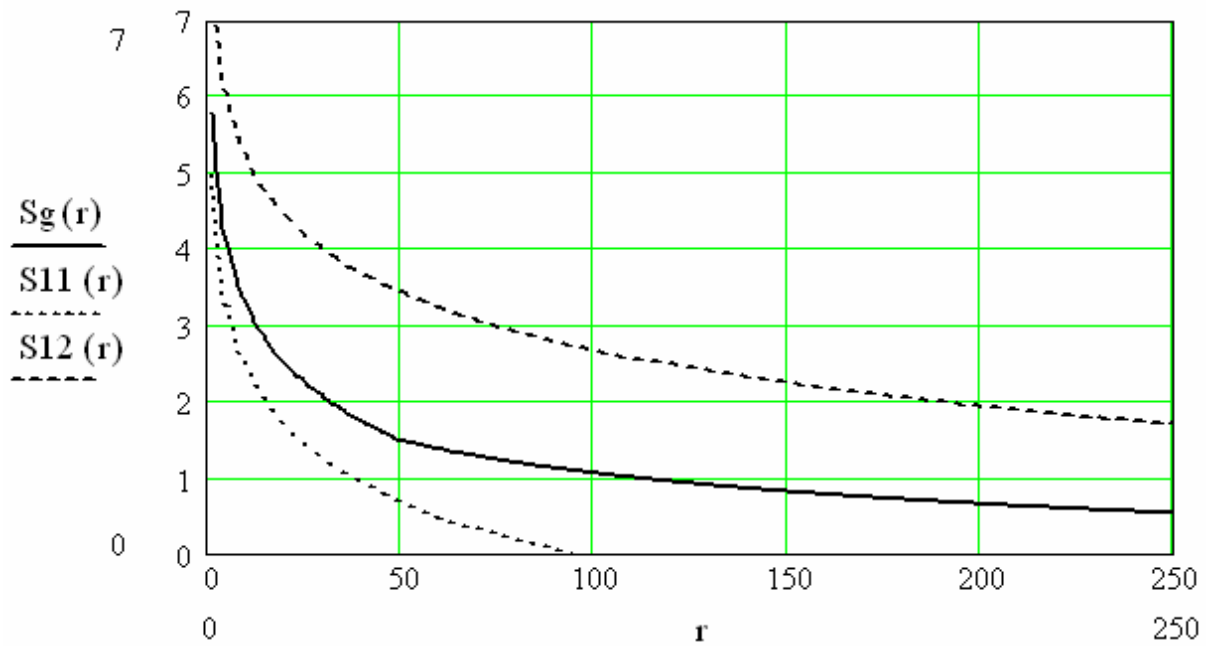


Рис. 3. Расчетные понижения под действием дренажной скважины в условиях северной части г. Бишкек (S_g – рекомендуемое решение, S_{11} – инверсия испарения не зависит от глубины УГВ, S_{12} – инверсия испарения не учитывается)

Литература

1. Ведомственные строительные нормы. Мелиоративные системы и сооружения. Дренаж на орошаемых землях. Нормы пр-я. 33-2.2.03-86. Москва, 1987, 114 с.
2. Решеткина Н.М., Якубов Х.И. Вертикальный дренаж. М., "Колос", 1978, 319 с.
3. Уист Де Р. Гидрогеология с основами гидрологии суши. М., Мир, 1969, 312 с.
4. Мироненко В.А. Динамика подземных вод. М., "Недра", 1983, 357 с.
5. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель М., "Колос", 1978, 288 с.
6. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М., "Наука", 1971, 576 с.
7. Янке Е., Эмде Ф., Леш Ф. Специальные функции. М., Наука, 1977, 342 с.

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ ОПРЕДЕЛЕНИЮ
ПЛАНОВОЙ КОНФИГУРАЦИИ НАНОСОЗАЩИТНОГО ПОРОГА**

Логинов Г.И.

Email: genloginov@gmail.com

Кыргызско-Российский Славянский университет (КРСУ) им. Б.Н. Ельцина
Кыргызская Республика 720000 г. Бишкек, ул. Киевская 44

ВВЕДЕНИЕ

Ранее нами были обоснованы компоновочные схемы водозаборных сооружений для деривационных ГЭС (Патент КР №607) и горных рек (Патент КР №917), которые оборудованы ломаными в плане наносозащитными трех и четырех секционными порогами [1].

Результаты проведенных лабораторных исследований свидетельствуют, что устройство наносозащитного порога перед берего-

вым водоприемным оголовком водозаборного сооружения обеспечивает создание в верхнем бьефе циркуляционного вальца, который отталкивает наносы от передней грани порога и транспортирует их к промывному элементу. Этот фактор определяет условие, при котором донные пороги с рациональными плановыми и вертикальными параметрами могут быть отнесены к активным средствам защиты от наносов[2].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

С целью теоретического обоснования характеристик циркуляционного вальца возникающего вдоль передней грани наносозащитного порога в верхнем бьефе водозаборного гидроузла, воспользуемся известной теорией динамического взаимодействия тел и жидкости [3]. В рамках этой работы А.Я. Миловичем было доказано, что при набегании потока жидкости на преграду происходит переход поступательного движения частиц потока к вращательному движению без изменения количества движения. Автор, при рассмотрении теории косоугольного обтекания плоской пластинки, обосновал, что плоскости возникающих вихревых поверхностей параллельны между собой и развиваются с постоянной скоростью $C\pi$, которая равна по значению и прямо противоположна по направлению вектору скорости набегания жидкости V_0 на пластинку из

бесконечности [3], (рис. 1).

Рассматривая приведенную схему применительно к внешней поверхности наносозащитного порога, устраиваемого перед водоприемным оголовком (рис. 2), можно записать выражения:

$$V_{np} = v_0 \cos \varphi = C\pi \cos \varphi, \quad (1)$$

где V_{np} – продольная составляющая вихревой скорости распространения вихревой поверхности, направленной по нормали к пластинке.

Поперечная составляющая скорости вихревой поверхности, направленная по нормали к пластинке, определится по формуле [3]:

$$V_m = v_0 \sin \varphi = C\pi \sin \varphi \quad (2)$$

В результате преобразования уравнений (1) и (2) можно получить выражение для расчета необходимого значения угла φ размещения пластинки к струям потока:

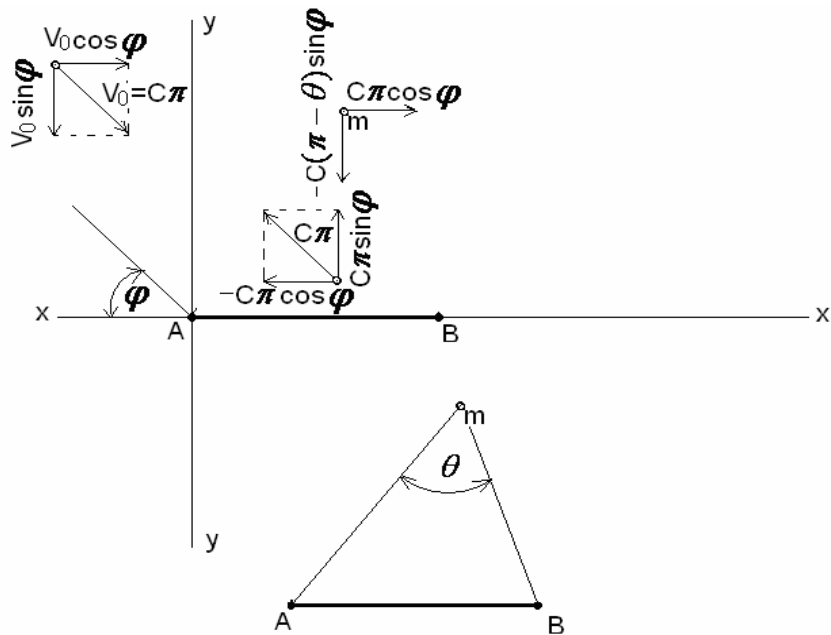


Рис. 1. Расчетная схема к определению величин и направлений векторов скоростей жидкости в вихревых поверхностях, при косом набегаии потока на плоскую водонепроницаемую пластинку АВ – плоская пластинка; φ – угол набегаии потока; V_0 – скорость набегаии жидкости; $C\pi$ – скорость распространения вихревых поверхностей; m – точка рассмотрения пластинки АВ; θ – угол, под которым рассматривается пластинка.

$$V_{np} \cos \varphi = V_{nm} \sin \varphi \rightarrow \varphi = \arctg \frac{V_{nm}}{V_{np}} + \pi m \quad (3)$$

В ходе многочисленных исследований нами было установлено, что лучшие наносозащитные свойства донные пороги имеют при его относительной длине равной ширине водного потока в подводящем русле [1].

Выполнение приведенного условия предопределяет равномерное распределение водного потока по длине наносозащитного порога подходящего со стороны подводящего русла. При работе водозаборного гидроузла в режиме максимального коэффициента водозабора $\alpha \geq 0,9$ поток, пройдя входной створ сооружения, смещается в сторону наносозащитного порога. Смещение от динамической оси потока происходит по кривой с радиусом кривизны $R_{\partial.o.}$ [4]. При рекомендованной относительной величине длины наносозащитного порога создаются условия для равномерного развития циркуляционного вальца.

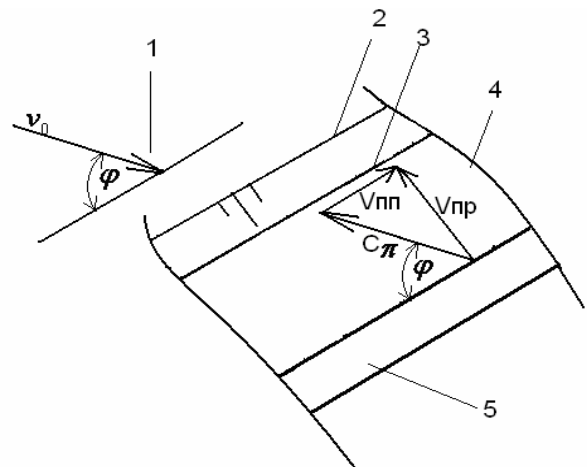


Рис. 2. Расчетная схема направленности струй водного потока циркуляционного вальца вдоль внешней поверхности наносозащитного порога 1 – направление струй воды в верхнем бьефе водозаборного сооружения перед порогом; 2 – поверхностная грань призмы наносов; 3 – донная грань призмы наносов; 4 – зона влияния циркуляционного вальца; 5 – гребень наносозащитного порога; φ – угол набегаии струй водного потока на порог.

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ ОПРЕДЕЛЕНИЮ
ПЛАНОВОЙ КОНФИГУРАЦИИ НАНОСОЗАЩИТНОГО ПОРОГА**

Так же в ходе исследований различных наносозащитных порогов, устроенных на водозаборных гидроузлах из малых горных рек, с мутностью потока воды $\rho = (0,5 \div 0,8)$ г/л было определено, что достаточный транспорт наносов в циркуляционном вальце наблюдался при следующем перераспределении продольных скоростей воды V_{np} по длине наносозащитного порога [1], (рис. 3). Исследования проводились при коэффициенте водозабора $\alpha = 0,9$.

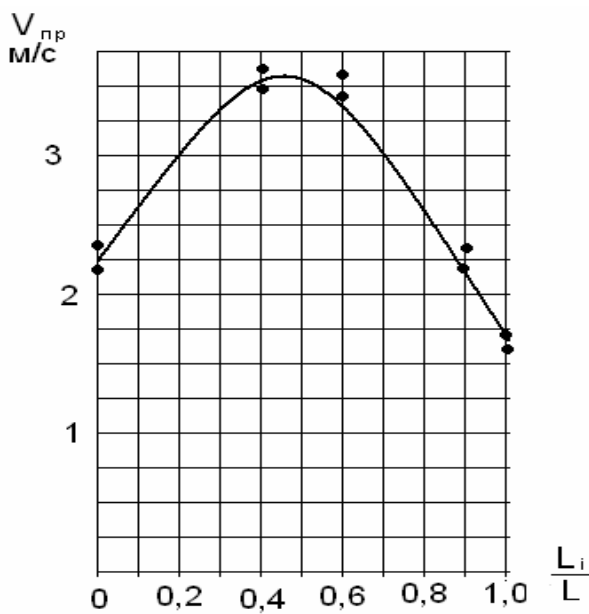


Рис. 3. Графическая зависимость $V_{np} = f(L_i/L)$

Используя известные методы статистической обработки, нами была получена эмпирическая зависимость для расчета возможного перераспределения скоростей водного потока по длине наносозащитного порога, которая с достаточной точностью аппроксимирована в виде степенной зависимости при тесноте связи $r = 0,94$:

$$V_{np} = -6.21 \left(\frac{L_i}{L} \right)^2 + 5.44 \frac{L_i}{L} + 2.33, \quad (4)$$

где L_i – длина рассматриваемого участка порога от его начала; L – полная длина ломаного в плане наносозащитного порога; $\frac{L_i}{L}$ – относительная длина участка наносозащитного

порога.

Анализ результатов исследований кинематики циркуляционного вальца показывает, что уменьшение продольной составляющей циркуляционного вальца по длине ломаного в плане наносозащитного порога вызывает необходимость устройства промежуточного бычка [2]. Это необходимо для продления зоны действия промывного тракта водозаборного гидроузла.

Рассматривая расчетную схему перераспределения удельных расходов двухфазного потока (вода – наносы) на подходном участке наносозащитного порога (рис. 4), можно сделать вывод, что мутность потока, перемещающегося в циркуляционном вальце, увеличивается на всем протяжении длины порога, так как объемы воды на предыдущих участках поступая в водоприемную камеру, очищаются от наносов, транспортируемых потоком к промывнику.

Далее перемещающийся объем воды в циркуляционном вальце рассмотрим как отдельный поток, развивающийся за счет набегания струй водного потока на преграду в виде порога.

Продольная составляющая абсолютной скорости циркуляционного вальца по данным более ранних исследований в этой области Соболина Г.В. [5], из условия лучшего транспорта наносов должна увеличиваться по длине порога. Используя эти рекомендации и продлив закономерность положительного ускорения водного потока от начала порога до его конечного участка по прямой, нами был определен следующий вид линейной зависимости при тесноте связи $r = 0,99$:

$$V_{np} = 3 \frac{L_i}{L} + 2.25, \quad (5)$$

которую можно представить в виде:

$$V_{np} = \Delta v \frac{L_i}{L} + V_H, \quad (6)$$

где Δv – величина приращения поперечной составляющей скорости по длине циркуляционного вальца (от начала порога до промывного отверстия);

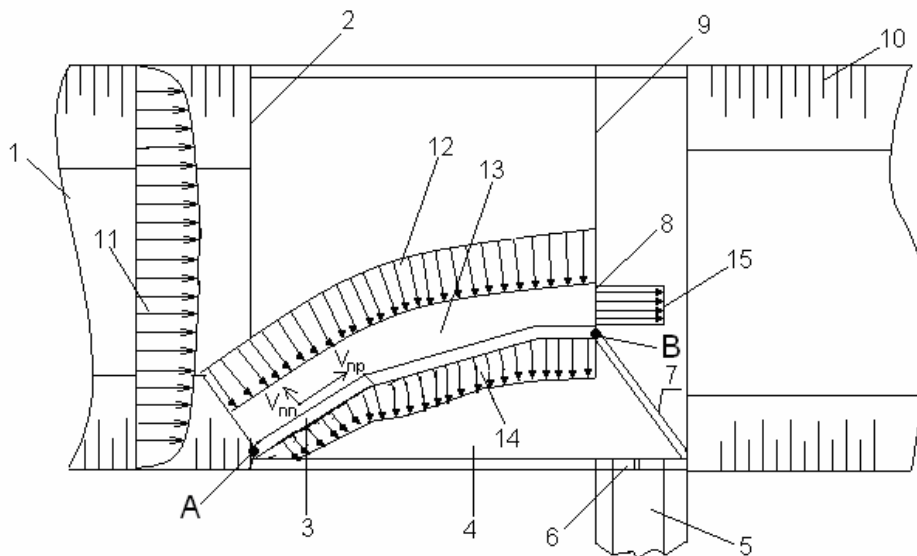


Рис. 4. Расчетная схема распределения удельных расходов воды на водозаборном сооружении с наносозащитным порогом при коэффициенте водозабора $\alpha = 0,9$.

1 – подводящее русло; 2 – входной створ сооружения; 3 – наносозащитный порог; 4 – водопропускная камера; 5 – отводящий канал; 6 – водоприемный оголовок; 7 – автоводослив; 8 – промывное отверстие, оборудованное затвором; 9 – речной пролет с затвором-автоматом; 10 – отводящее русло; 11 – эпюра распределения удельных расходов в подводящем зарегулированном русле; 12 – эпюра равномерного распределения удельных расходов воды по внешней поверхности наносозащитного порога; 13 – зона развития циркуляционного вальца; 14 – возможная эпюра удельных расходов воды, проходящих через гребень наносозащитного порога; 15 – эпюра распределения удельных расходов сбрасываемых через промывное отверстие А – точка, соответствующая началу наносозащитного порога; В – точка, соответствующая концевому сечению наносозащитного порога

V_H – значение продольной составляющей абсолютной скорости движения потока в циркуляционном вальце на начальном участке порога.

С учетом выражений (3), (4) и (6) можно составить следующее выражение:

$$\varphi_i = \arctg \frac{V_{nm}}{\Delta \frac{L_i}{L} + V_H} + \pi, \quad (7)$$

Анализ зависимости (7) показывает, что предпочтительной плановой компоновкой наносозащитного порога является форма, конструкция которой позволяет одновременно поддерживать по длине постоянную величину поперечной составляющей V_{nm} абсолютной скорости V_{abc} циркуляционного вальца, и увеличивать значение продольной V_{np} [5].

В ходе исследований нами было получено подтверждение ранее озвученного факта [4], что при $\alpha = 0,9$ величина смещения от динамической оси подводящего русла струй потока в сторону водоприемной камеры происходит по кривой с изменяющимся радиусом кривизны $R_{d.o.}$. Искривление струй предположительно начинается от входного створа водозаборного сооружения и продолжается до водоприемного створа, соответствующего линии АВ (рис. 5).

Далее примем точку (А) в качестве начала координат осей x и y . При этом ось x будет проходить по линии (АВ), а ось y по входному створу водозаборного гидроузла. Предварительно условимся, что центр кривизны O струй потока в зоне I, будет находиться в точке (А). Это предположение предопределяет, что струи потока подойдут к линии (АВ) с

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ ОПРЕДЕЛЕНИЮ
ПЛАНОВОЙ КОНФИГУРАЦИИ НАНОСОЗАЩИТНОГО ПОРОГА**

касательными направленными по нормали, так как (AB) является радиальной их составляющей. Это допущение с учетом уравнения (3) дает нам возможность получить предварительные функциональные зависимости для определения приращения координат поверхности наносозащитного порога на определенном расстоянии от точки (A):

$$y_i = L_i \cos \varphi_i, \quad (8)$$

$$x_i = L_i \sin \varphi_i \quad (9)$$

Действительные координаты внешней поверхности наносозащитного порога, учитывающие фактор взаимовлияния поверхностей и условного направления струй потока согласно расчетной схеме приведенной на рисунке 6, могут быть определены по формулам:

$$y_i = -(y_{i-1} + (L_i - L_{i-1}) \cos \varphi_i) \quad (10)$$

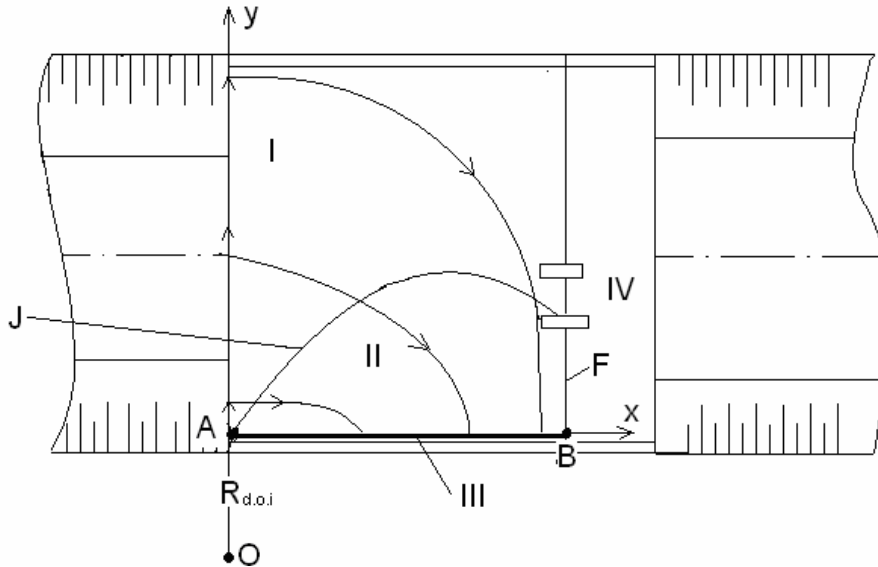


Рис. 5. Расчетная схема смещения струй водного потока от динамической оси подводящего русла к створу устройства наносозащитного порога (AB)

O – центр кривизны струй потока; J – кривая ограничивающая зону устройства наносозащитных порогов выпуклых в сторону верхнего бьефа (ломаных в плане и криволинейных); I – зона искривления струй водного потока в верхнем бьефе водозаборного гидроузла; II – зона размещения наносозащитных порогов; III – зона определяющая область водоотбора, размещаемая между наносозащитным порогом и береговым устоем при плотинном водозаборе; IV – зона сброса излишков воды; F – автоводослив водозаборного гидроузла, входящий в состав подпорожного створа.

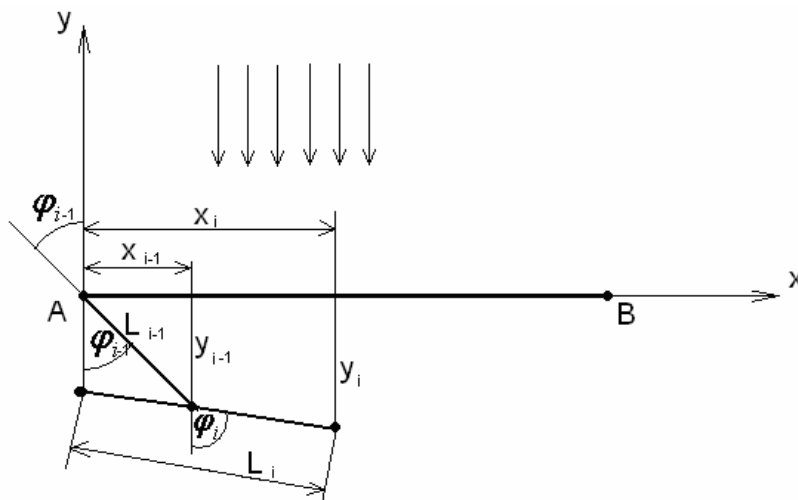


Рис. 6. Расчетная схема для определения координат точек внешней поверхности

виртуального наносозащитного порога

$$x_i = x_{i-1} + (L_i - L_{i-1}) \sin \varphi_i \quad (11)$$

Знак (-) координаты (y) соответствует случаю организации движения двухфазного потока жидкости в циркуляционном вальце от точки (А) до точки (В).

Анализируя расчетную схему (рис. 6) можно сделать вывод, что наносозащитные пороги, построенные по расчетным координатам, найденным по формулам (10 и 11), имеют вогнутую форму. Этот факт дает нам возможность предположить, что вогнутые пороги могут быть устроены на прямолинейных каналах перед тупиковыми водоприемниками.

Чтобы учесть изменение размещения центра кривизны струй водного потока в верхнем бьефе на основании выше приведенных рассуждений предположим, что действительный угол набегания струй потока φ_{ui} на

линию (АВ) будет изменяться пропорционально ее длине и увеличиваться от 0° до $\frac{\pi}{2}$ (рис. 5). Это обуславливает необходимость ввода в предлагаемые формулы (10 и 11) величины, учитывающей изменение угла набегания. Принимая линейное изменение угла набегания потока, поправочная величина угла φ_{ni} может быть определена по формуле:

$$\varphi_{ui} = 90^\circ - 90^\circ z_i, \quad (12)$$

где z_i – относительная длина рассматриваемого участка порога:

$$z_i = \frac{L_i}{L} \quad (13)$$

Тогда с учетом зависимости (12) уравнения (10 и 11) примут вид:

$$y_i = y_{i-1} - (L_i - L_{i+1}) \cos(\varphi_i + \varphi_{ui}), \quad (14)$$

$$x_i = x_{i-1} + (L_i - L_{i+1}) \sin(\varphi_i + \varphi_{ui}) \quad (15)$$

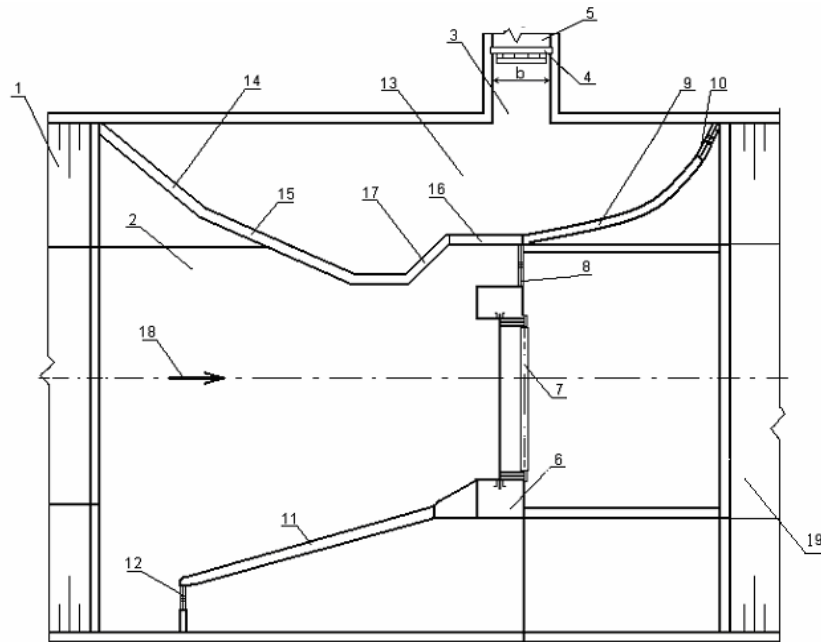


Рис. 7. Компонированная схема водозаборного сооружения для горных рек (ВСГР) конструкции КРСУ:

1 – береговой устой, 2 – подводящее русло, 3 – водоприемный оголовок, 4 – стабилизатор расхода, 5 – отводящий канал, 6 – подпорное сооружение, 7 – речной пролет, оборудованный затвором-автоматом уровня верхнего бьефа, 8 – затвор промывного отверстия, 9 – криволинейный в плане катастрофический водослив, 10 – затвор опораживающего отверстия водоприемной камеры, 11 – сбросной водослив, 12 – затвор наносоотводящего отверстия, 13 – водоприемная камера, 14 – усовершенствованный ломаный в плане порог, 15 – часть трапецидальной в плане формы ломаного в плане наносозащитного порога, вступающего в сторону речного пролета, 16 – разделительный бычок водоприемной камеры и верхнего бьефа сооружения, 17 – концевая секция ломаного в плане наносозащитного порога, 18 – динамическая ось потока в верхнем бьефе сооружения, 19 – отводящее русло.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведя построения, с использованием уравнений (14) (15), для потоков с гидроморфометрией, встречающейся при водозаборе из горных рек северного склона Кыргызского хребта, нами были получены теоретические плановые профили внешней поверхности наносозащитных порогов выпуклой формы, с

обратной направленностью концевого участка. Этот факт, наряду с результатами экспериментальных исследований, подтверждает рациональность компоновочной схемы водозаборного сооружения из горных рек, обобщенной ранее и приведенной на рис. 7 [1].

Литература

1. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны /Под ред. Н.П. Лаврова. Б.: "Салам", 2009. 504 с.
2. **Логинов Г.И.** Совершенствование водозаборных гидроузлов для целей ирригации и гидроэнергетики. //Автореф. дисс. канд. техн. наук. – Бишкек, 2004. 20 с.
3. **Милович А.Я.** Теория динамического взаимодействия тел и жидкости. 2-е издание исправленное и доработанное. М.: "Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре", 1955, 309 с.
4. **Жаманмурунова Б.Т.** Исследование бокового водозабора с удаленным промывным шлюзом: //Автореферат диссертации канд. техн. наук; Алма-Ата, 1965, 24 с.
5. **Соболин Г.В.** Водозаборные узлы для оросительных систем рек горно-предгорной зоны. Киргизский научно-исследовательский институт экономики Агропрома Фрунзе: 1990. 241 с.

კოლხეთის მძიმე ჰარბტენიანი ნიადაგბრუნების ბასტრუქტურება
პოლიკომპლექსის სსბმ-ის გამოყენებით

ლია მაისაია, მარინე შავლაყაძე,
შორენა კუპრეიშვილი, ფერიდე ლორთქიფანიძე
Email: shorena_12@mail.ru

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

შეჯამება

პოლიკომპლექსი სსბმ 0,3-1,0% დოზების ფარგლებში წარმოადგენს მაღალეფექტურ, ეკოლოგიურად უსაფრთხო სტრუქტურშემქმნელ პრეპარატს ნიადაგბრუნების ფართო სპექტრისთვის [1].

საქართველოს პირობებისათვის სსბმ-ის, როგორც მასტრუქტურირების, გამოყენება ყველაზე მიზანშეწონილია კოლხეთის დაბლობისათვის, რომლის სრულფასოვანი ათვისება უკიდურესად გაძნელებულია არახელსაყრელი ფაქტორებით – გრუნტის წყლების მაღალი დონით, უხვი ატმოსფერული ნალექებით და, რაც მთავარია, უადრესად მძიმე ნიადაგბრუნებით, რომლებიც ხასიათდება დაბალი წყალგამტარობით, მაღალი პლასტიურობით, მაღალი გაჯირჯვებით, მაღალი წყალშთანთქმით და წებოვნებით, უსტრუქტურობით, მაღალი მოცულობითი მასით და სიმკვრივით.

ამიტომ კოლხეთის დაბლობის ათვისების მრავალწლიანი გამოცდილების საფუძველზე მეცნიერთა ძირითადი ნაწილი [1-7] მივიდა დასკვნამდე, რომ ამ რეგიონის ნიადაგბრუნების წარმატებული ათვისება შეუძლებელია მათი წყალ-ფიზიკური თვისებების ძირფესვიანი გაუმჯობესების გარეშე, რათა შესაძლებელი გახდეს სასოფლო-სამეურნეო

და მელიორაციული თვალსაზრისით ხელსაყრელი სტრუქტურის მიღება და შენარჩუნება.

არსებული ღონისძიებებიდან ზედაპირული ჩამონადენის მოცილება, მექანიკური გაფხვიერება და ფიტომელიორაცია დღეისათვის არ წარმოადგენს გადაუჭრელ პრობლემას, წყალ-ფიზიკური თვისებების არსებითი გაუმჯობესების საკითხი ჯერ-ჯერობით აქტუალური რჩება.

ამიტომ პოლიკომპლექსის სსბმ-ის გამოყენების საშუალებით შეიძლება ზემოაღნიშნული ამოცანის დადებითი გადაწყვეტა.

გარდა სტრუქტურაშემქმნელობის მაღალი უნარისა, სსბმ-ის გამოყენება მიზანშეწონილია კიდევ რიგი სხვა მნიშვნელოვანი მოსაზრებით:

- სიიაფე (ღირებულება 30 \$/ტ);
- დამზადების ძალიან მარტივი ტექნოლოგია;
- უშუალოდ სამუშაოთა ადგილზე დამზადების შესაძლებლობა;

ძირითადი კომპონენტის სსბმ-ის სიახლოვე (ენგურის ცელულოზა-ქაღალდის კომბინატი) და დიდი რაოდენობით (არანაკლები 50000 ტ/წელ) მიღების საშუალება [1].

ძირითადი ნაწილი

საველე კვლევები ჩატარებულია ხობის რაიონის მეურნეობა “კოლხეთი“-ს ტერიტორიაზე [1], რომელიც განლაგებულია კოლხეთის დაბლობის აღმოსავლეთის რაიონის მესხეთე ქვერაიონში და ხასიათდება მძიმე

თიხოვანი ნიადაგბრუნებით და გრუნტის წყლების განლაგებით 0,5-10 მეტრის სიღრმეზე. ძირითადი კულტურები: ჩაი, ციტრუსები, სიმინდი. ნიადაგბრუნების ძირითადი მახასიათებლები მოყვანილია ცხრ. 1-ში.

საკვლევი ნაკვეთის ნიადაგბრუნების მახასიათებლები

უმცირესი ტენიანობა %	ხვედრითი მასა ტ/მ ³	მოცულობ. მასა ტ/მ ³	ფორიანობა %	პლასტიურობა			მმ/წ %	
				დენადობა	გაგორ.	რიცხვი		
41.8	2.73	1.35	55.3	68.0	36.0	32.0	28,0	
ფრაქციული ზომა, მმ								
ქვიშა		მტვერი		თიხა				
1.0-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001			<0.001	
0.6	10.95	26.87	10.54	10.07			30.87	
გაჯირჯევა %	წყალდაშლა %	წყალშთანთქმა %	წყებოვნება ნ/სმ ²				K _ფ სმ/წმ	
28.0	86.0	42.0	3.48				4.5• 10 ⁻⁷	
აგრეგატული შემადგენლობა, %								
<0.25	0.25-0.5	0.5-1.0	1.0-2.0	2.0-3.0	3.0-5.0			>5.0
30.8	20.8	16.1	13.8	10.2	6.8			1.5

საკვლევი ნიადაგბრუნები წარმოადგენს კოლხეთისათვის დამახასიათებელ მიძიმე თიხებს და გამოირჩევა მაღალი პლასტიურობით, გაჯირჯევით, წებოვნებით, დაბალი წყალმდგრადობით და წყალგამტარობით და სუსტად გამოსატყლი აგრეგატულობით. კვლევები ტარდებოდა 5 ნაკვეთზე ზომებით 6,8 მ × 20 მ = 136 მ², ნაკვეთებს შორის მანძილი – 2,5 მ, შემდეგი სქემით:

პირველი ნაკვეთი – გაფხვიერებული, საკონტროლო;

მეორე ნაკვეთი – გაფხვიერებული, დათესილი სიმინდით;

მესამე ნაკვეთი – დამუშავებული სსბმ-ით, საკონტროლო;

მეოთხე ნაკვეთი – დამუშავებული სსბმ-ით, დათესილი სიმინდით;

სსბმ-ის შეტანის დოზა ყველა შემთხვევისათვის შეადგენდა 50 ტ/ჰა.

გრუნტების დამუშავების ტექნოლოგია შედგებოდა მათი ერთდროული გაფხვიერებისა და სსბმ-ის შეტანისაგან. გაფხვიერება ხორციელდებოდა საჭიდროეკოლოგიის ინსტიტუტის მიერ შექმნილი ფრეზერული მანქანის МНФ-500 საშუალებით, რომელიც უზრუნველყოფს გრუნტის გაფხვიერებას 2,0-10,0 მმ ზომის ნაწილაკებად 0,6±0,8 მ სიღრმეზე და გაფხვიერებული ზოლის 1,7 მ სიგანეზე.

სსბმ-ის შეტანისათვის ფრეზერული დოლის თავზე დამონტაჟებული იყო გამფრქვევი მოწყობილობა, რომელიც მოაწოდებდა ხსნა-

რის საჭირო რაოდენობას 2 ატმ. წნევისას.

გრუნტის და სსბმ-ის შერევას უზრუნველყოფდა ფრეზერული დოლი. სსბმ ხსნარი მზადდებოდა შემრევი მოწყობილობით ტუმბოთი აღჭურვილ ავტოციისტერნაში და შლანგით მიეწოდებოდა გამფრქვევ მოწყობილობას. ავტოციისტერნა მოძრაობდა МНФ-500-ის მოძრაობის პარალელურად. მცენარეთა ზრდაზე და განვითარებაზე გასტრუქტურების გავლენის დასადგენად მესამე და მეხუთე ნაკვეთებზე დათესილი იყო სიმინდი. დათესვა წარმოებდა აპრილის დასაწყისში, მოსავლის აღება – სექტემბრის ბოლოს.

კვლევების პროცესში პირველ, მეორე და მეოთხე ნაკვეთებზე მიმდინარეობდა დაკვირვებები ნიადაგბრუნების მახასიათებლებზე (ცხრ. 2, 3, 4).

მესამე და მეხუთე ნაკვეთებზე ფიქსირდებოდა სიმინდის აღმოცენება-განვითარება, მწვანე მასის და მარცვლის მოსავლიანობა.

სიმინდის თესლის აღმოცენება ორივე ნაკვეთზე ხდებოდა თითქმის ერთდროულად დათესვიდან ორი კვირის შემდეგ. აპრილის და მაისის პირველ ნახევარში მცენარის განვითარებაში სხვაობა პრაქტიკულად არ შეიმჩნეოდა. მაისის მეორე ნახევრიდან და, განსაკუთრებით, შემდგომ პერიოდში სსბმ-ით დამუშავებულ ნაკვეთზე სიმინდის განვითარება საგრძნობლად უსწრებდა მესამე ნაკვეთს (სიმაღლე 60 სმ და 35 სმ). შესაბამისად, თუ მოსავალი მესამე ნაკვეთზე

ლია მასია, მარინე შავლაყაძე, შორენა კუპრეიშვილი, ფერიდე ლორთქიფანიძე

შეადგენდა 31.0 ც/ჰექტარზე, რაც შეესაბამება ხობის რაიონისათვის საშუალო სიმინდის მოსავლიანობას (30.8 ც/ჰა). მეოთხე სსბ-ით დამუშავებულ ნაკვეთზე მიღებული იყო

50.0 ც/ჰა მშრალი მარცვალი, რაც 60% აღემატება საშუალო მოსავლიანობას. (ნამატი – 19,2ც/ჰა), (ცხრ. 5, 6)

ცხრილი 2

საკვლევი ნაკვეთების გრუნტების მოცულობითი მასა და ტენიანობა

მოცულობითი მასა ტ/მ ³						
ყამირი	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
გაფხვიერებული	1.06	1.16	1.20	1.26	1.28	1.30
სსბ-მ	1.06	1.08	2.10	1.10	1.12	1.12
საშუალო ტენიანობა %						
ყამირი	41.0	37.0	40.5	42.0	45.5	46.0
გაფხვ.	38.0	35.5	37.0	39.0	45.0	45.5
სსბ-მ	36.5	34.5	35.0	35.5	35.0	36.5

ცხრილი 3

საკვლევი ნაკვეთების გრუნტების აგრეგატული შემადგენლობა

დამუშავების სახე და სსბ-მის დოზა	პერიოდულობა	აგრეგატული შემადგენლობა %					
		<0.25	0.25-0.5	0.5*1.0	1.0-2.0	2.0-3.0	3.0-5.0
ყამირი	–	36.8	24.5	18.1	11.1	5.2	3.8
გაფხვიერებული	IV	24.1	23.4	21.3	15.8	7.4	5.6
	IX	27.4	24.3	19.0	15.3	7.2	4.8
ყამირი	IV	7.8	10.0	10.9	10.5	12.6	30.0
	IX	8.0	8.6	14.3	13.4	13.2	27.8

ცხრილი 4

საკვლევი ნაკვეთების გასტრუქტურებული გრუნტების მახასიათებლები.

დამუშავების სახე	პერიოდულობა	გაჯირჯევა %	პლასტიურობა (რიცხვი)	წებოვნება ნ/სმ ²	$K_{ფA} \cdot 10^{-17}$
ყამირი	–	28.0	32.0	3.48	$4.5 \cdot 10^{-7}$
გაფხვიერებული	IV	28.0	32.0	3.50	$5 \cdot 10^{-4}$
	IX	28.0	32.0	3.50	$3.6 \cdot 10^{-7}$
ყამირი	IV	12.0	21.0	1.65	$4.8 \cdot 10^{-4}$
	IX	14.0	23.0	1.82	$8.2 \cdot 10^{-5}$

ცხრილი 5

გასტრუქტურებულ გრუნტებში სიმინდის განვითარება.

ნაკვეთი	თვე	ფლორტის სიმაღლე სმ	ფლორტის სისქე შუაში სმ	ფესვის სიგრძე სმ	ფესვის სიგანე სმ	ფესვის სისქე	ფესვების წონა	
							გაშრობამდე	გაშრობის შემდეგ
III გაფხვიერებული	IV	15.0	0.7	2.5	–	–	–	–
	VI	35.0	–	–	–	–	–	–
	IX	146.0	2.1	14.0	6.1	2.1	46.0	14.0
V სსბმ	IV	15.0	0.7	2.5	–	–	–	–
	VI	60.0	–	–	–	–	–	–
	IX	203.0	2.6	21.0	10.0	2.4	63.0	23.0

ცხრილი 6

გასტრუქტურებულ გრუნტებში სიმინდის მოსავალი

ნაკვეთი	ფაქტიური მოსავალი, კგ			მოსავალი ც/ჰა		
	ტარო	მწვანე მასა	მშრალი მარცვალი	ტარო მოსავალი ალების შემდეგ	მწვანე მასა	მშრალი მარცვალი
III გაფხვიერებული	79.0	86.0	42.0	58.0	31.0	63.0
V – სსბმ	128.0	131.0	68.0	94.0	50.0	96.0

ცხრილი 7

საკვლევი ნაკვეთების საინჟინრო-მელიორაციული შეფასება

გრუნტი	τ გ/სმ ³	ρ გ/სმ ³	π %	$W_{ხლვ}$ %	$W_{კონკრ}$ %	$W_{მმწ}$ %	W_{Amin} 20გ%	W_{Amax} %	$W_{პროდ}$ %	W_{max} %	შეფასების კრიტერიუმები $W_{Amax} > W_{Amin}$ $W_{პრო} > 0$ $W_{უმც} < W_{მაქს}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
გაფხვიერება	1.06	2.73	61.1	57.6	38.0	28.0	18.8	19.6	10.10	38.8	19.6>18.8 10.0>0 38.8=38.8
	1.16	2.73	57.5	49.5	35.5	28.0	17.2	14.0	7.5	32.3	14<17.2 7.5>0 35.5>32.3
	1.20	2.73	56.0	46.7	37.0	28.0	16.6	9.7	9.0	30.1	9.7<16.6 9.0>0 37.0>30.1
	1.26	2.73	53.8	42.7	39.0	28.0	15.8	3.7	11.0	26.9	3.7<15.8 11.0>0 39.0>26.9
	1.28	2.73	53.1	41.5	45.0	28.0	15.6	-3.5	17.0	25.9	-3.5<15.6 17.0>0 45.0>25.9
	1.30	2.73	52.4	40.3	45.5	28.0	15.4	-5.2	17.5	24.9	-5.2<15.4 17.5>45.5>2 4.9
სსბმ	1.06	2.73	61.1	57.6	36.5	18.0	18.8	21.1	18.5	38.8	21.1>18.8 18.5>0 36.5<38.8
	1.08	2.73	69.4	56.0	34.5	18.0	18.5	21.5	16.5	37.5	21.5>18.5 16.5>0 45.5<37.5
	1.10	2.73	59.7	54.2	35.0	18.0	18.2	19.2	17.0	36.0	19.2>18.2 17.0>0 35.5<36.0
	1.10	2.73	59.7	54.2	35.5	18.0	18.2	18.7	17.5	36.0	18.7>18.2 17.5>0 35.5<36.0
	1.12	2.73	59.0	52.4	36.0	18.0	17.8	16.4	18.0	34.6	16.4<17.8 18.0>0 36.0>34.6
	1.12	2.73	59.0	52.4	36.5	18.0	17.8	15.9	18.5	34.6	15.9<17.8 18.5>0 36.5>34.6

ნაკვეთების ნიადაგგრუნტების საინჟინრო-მელიორაციული შეფასება მოყვანილია ცხრ. 7-ში და ნათელს ჰვენს ზემოთ მოყვანილ შედეგებს.

ყამირი საერთოდ ვერ უზრუნველყოფს მეტნაკლებად მაინც მისაღებ წყალ-ჰაერის რეჟიმს. მთელი წლის განმავლობაში ნიადაგგრუნტები საერთოდ არ შეიცავს ჰაერს და იმყოფება ჭარბტენიან ($\bar{W} > \bar{W}_{\text{ზღ}}$) და უსტრუქტურო მაღალი მოცულობის მასის (1,35 ტ/მ³) მქონე მასივის მდგომარეობაში.

გაფხვიერებული ნაკვეთის ნიადაგგრუნტების მოცულობითი მასა აპრილ-მაისში შეადგენს 1,06-1,16 ტ/მ³, და უზრუნველყოფს მეტნაკლებად მისაღებ წყალ-ჰაერის რეჟიმს, რის გამოც ამ პერიოდში არ შეიმჩნევა მასზე და სსბმ-ით დამუშავებულ ნაკვეთზე

სიმინდის აღმოცენების და განვითარების შესამჩნევი სხვაობა. თვითდატკეპნის და შესაბამისად მოცულობითი მასის ზრდასთან ერთად მკვეთრად უარესდება წყალ-ჰაერის რეჟიმი, რომელიც ივლისში და შემდეგ თვეებში ფაქტობრივად უახლოვდება ყამირს, რის გამოც ფერხდება სიმინდის განვითარება, რაც საბოლოოდ აისახება მოსავლიანობაზე.

ნაკვეთის ნიადაგგრუნტები პრაქტიკულად ინარჩუნებს აგრეგატულ სტრუქტურას და შესაბამისად მოცულობითი მასის ცვლილება მცირეა, ისინი მთელი წლის განმავლობაში ძირითადად უზრუნველყოფს ხელსაყრელ წყალ-ჰაერის რეჟიმს, რაც ხელს უწყობს სიმინდის შეუფერხებელ განვითარებას და მაღალ მოსავლიანობას.

დასკვნა

მიღებული შედეგები შეიძლება საფუძვლად დაედოს კოლხეთის მდომე ჭარბტენიანი ნიადაგგრუნტების გასტრუქტურების ახალი

კომპლექსური მეთოდის და მისი პრაქტიკული განხორციელების ტექნოლოგიის შემუშავებას.

ლიტერატურა

1. **იტრიაშვილი ლ.** ნიადაგგრუნტების თვისებების მიზნობრივი მართვა. „მეცნიერება“, თბილისი, 2005, 322 გვ.
2. **Моцерелия А.В.** Мелиорация Колхидской низменности и вопросы практической экологии. //Тезисы докл. "Повышение надежности и эффективности действия осушительных систем в экстремальных условиях", М., ЦБНТМ, 1984, с. 99-100.
3. **Паписов Р.И.** Вопросы агромиелорации почв Колхидской низменности. //Бюлл. ВНИИЧиСК, №3, 1951, с.18-20.
4. **Абелишвили Г.В., Никурадзе Д.В., Кутателадзе Д.И.** Технология и практика окультуривания тяжелых глинистых почв Колхиды. //Сб-к: Тезисы научн.-техн. конф. по проблеме "Осу-

- шение и с.х. освоение переувлажненных земель Колхидской низменности", Тбилиси, 1981, с.3-6.
5. **Биркая А.Ф.** Мелиорация болот и заболоченных земель влажных субтропиков. Тбилиси, "Ганатлеба", 1967, 305 с.
6. **Итришвили Л.А.** Пути химической мелиорации тяжелых переувлажненных почв Колхидской низменности. //Сб-к научных трудов "Мелиорация влажных субтропиков Колхиды.", Тбилиси, 1981, с. 35-39.
7. **Итришвили Л.А.** Совершенствование приемов осушения и освоения тяжелых глинистых почвогрунтов Колхидской низменности. //Сб-к "Водохозяйств. стр-во и водное хоз-во". ЦБНТИ, М., 1984, с. 123-126.

**РОЛЬ МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ В ЗАЩИТЕ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ
(На примере Таджикистана)**

Маматканов Д. М.,¹ Муртазаев У.И.,² Саидов И.И.³

² Тлф.: 224-57-86, E-mail: *Soista_g_buh@mail.ru*

³ Тлф.: 224-49-77, E-mail: *sibra@rambler.ru*

¹ Институт водных проблем и гидроэнергетики НАН КР

² Таджикский государственный педагогический университет им.С. Айни
734003, г. Душанбе, проспект Рудаки 121

³ Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ
Бакинский Государственный Университет
734054, г. Душанбе, ул. Шамси, 5/1

ВВЕДЕНИЕ

Число маловодных лет превышает количество многоводных для большинства речных бассейнов Таджикистана, за исключением рек Искандар-дарья (пост Головной), Вахш (пост Туткаул), Варзоб (пост Гушары) и некоторых других малых рек. Поэтому так велика здесь роль водохранилищ в регулировании речного стока, поскольку именно они являются важнейшим фактором водохозяйст-

венного обустройства территории. В статье представлено значение водохранилищ как техногенного фактора минимизации тяжёлых последствий от стихийных бедствий (сели, наводнения и пр.). К числу главных направлений инженерной защиты территории Таджикистана от селевых явлений предлагается отнести создание малых водохранилищ как для селезадержания, так и для селехранения.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Распространение на территории Таджикистана овражно-балочной сети способствует созданию водохранилищ, вовлекая в сельскохозяйственное производство свободные земли. Районы с повышенной расчленённостью рельефа (Южный и Северный Таджикистан) более благоприятны для выбора мест под строительство малых и средних водохранилищ. Здесь густота овражно-балочного расчленения достигает 100-120 м/км². Именно в этих районах запроектировано строительство Ховалингского, Бальджуанского, Джарского и др. водохранилищ [1].

Не менее важным представляется значение водохранилищ как техногенного фактора

минимизации тяжёлых последствий от стихийных бедствий (сели, наводнения и пр.). Вне зависимости от преобладающих элементов затопленного рельефа (руслые, долинные, наливные) почти все инженерные сооружения, включая водохранилища и стокорегулирующие сооружения (запруды, барражи, селехранилища), используются в противоселевых целях.

К числу главных направлений инженерной защиты территории Таджикистана от селевых явлений можно отнести: систематическое и периодическое наблюдение за состоянием селевых долин, агролесомелиорацию, организацию сбора стока поверхностных вод

в зонах зарождения селей с помощью водосборных лотков и каптажа родников, укрепление и расчистка русел, ограничение или запрещение освоения селевых зон, создание селезадерживающих запруд и селехранилищ, представляющих собою, по сути, малые водохранилища. Последние являются наиболее рациональными типами гидротехнических противоселевых сооружений, поскольку аккумулируют в себе сток селевых вод, объем которых может достигать достаточно больших величин.

К примеру, до строительства Каттасайского водохранилища (защищающего г. Истравшан от селей) этот сток в долине р. Каттасай достигал по данным Средазгипроводхоза следующих размеров: 1939 г. – 3,8 млн.м³; 1940 г. – 5,6 млн.м³, 1941 г. – 1,3 млн.м³, 1942 г. – 2,5 млн.м³, 1943 г. – 0,1 млн.м³. Таким образом, среднемноголетний сток селевых вод был равен 2,66 млн.м³, что соответствует среднегодовому расходу 0,084 м³/с. Позднее в этом районе были отмечены еще большие по размерам сели: 29-30 апреля 1954 г. (продолжительность – 5 ч. 30 мин., максимальный расход – 320 м³/с) и 5 мая 1955 г. (продолжительность – 5 часов, максимальный расход – 615 м³/с).

Опыт эксплуатации построенных противоселевых сооружений показывает, что они иногда не полностью оправдывают свою защитную функцию. Наблюдаются случаи прорывов дамб, как это имело место на реках Сашубсай (1969 г.) и Саргазон (1986 г.) [1]. Тем не менее, противоселевые сооружения должны строиться и в будущем.

Возникает необходимость наращивать высоту защитных дамб, что имеет технические ограничения, или удалять русловые отложения. При проектировании противоселевых сооружений особое внимание должно быть обращено на характер прохождения селей, объемы их выноса и важность защищаемых объектов.

Эффект запруд и селехранилищ сказывается сразу же после их сооружения, поскольку

проведение фитомелиоративных мероприятий в предгорьях и на адырах Северного Таджикистана (здесь расположены Каттасайское и Даганасайское водохранилища, используемые в целях селезащиты, а также будет построено новое малое водохранилище – Джарское) затруднено глубоким залеганием грунтовых вод, малым среднегодовым количеством осадков и незначительной толщиной мелкозернистого почвенного покрова.

Учитывая особую значимость малых водохранилищ для орошения, селезащиты, рекреации и коммунально-бытового водоснабжения, можно надолго сохранить их мертвые объемы путем устройства на транзитном участке русла саев и запруд, которые благодаря фиксации базиса эрозии будут способствовать прекращению наиболее опасной глубокой эрозии, ограничив тем самым расходы селевых потоков за счет самонасыщения рыхлых русловых отложений.

На основе накопленного эксплуатационного опыта рекомендуется размещать запруды на продольном профиле по возможности в местах выхода скальных пород, что обеспечивает их хорошую устойчивость. В створах, за которыми вверх по течению следует значительное расширение русла, рационально размещать основные запруды высотой до 8-10 м, а между ними запруды высотой в 2 раза меньшей – 4-5 м [2].

При этом расстояние между запрудами должно составлять 60-120 м для селей, транспортирующих обломки крупнее 0,5 м; и 40-60 м – для селей средней мощности, транспортирующих обломки менее 0,5 м, с тем, чтобы обеспечить равномерное установившееся движение селевого потока, при котором происходит прекращение транспорта наносов указанных размеров [3,4].

Запруды (селеуловители) сооружают чаще всего из бута на цементном растворе, бетона и сборного железобетона. Их основные параметры следующие: высота 4-5 (8-10) м; ширина по гребню 1-1,5 м; заложение откосов: низового – 1:0,5, верхового – 1:0,25 –

РОЛЬ МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ В ЗАЩИТЕ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ (На примере Таджикистана)

1:0,5; глубина заложения фундаментов 1,5-2,5 м [5].

В целях селезащиты необходимо устройство селехранилищ гораздо больших по размерам, чем запруды-селеуловители. Основная функция селехранилищ – не полная аккумуляция стока, а частичное регулирование его (в этом плане они схожи с водохранилищами суточного и недельного регулирования). Размещают их, как правило, в верхней части конуса выноса рек, т.е. в месте перехода транзитной зоны в зону рассеяния стока. Створы селехранилищ располагают в наиболее узких участках с наименьшим уклоном и расширенным руслом, что позволяет иметь больший, при прочих равных условиях, объем и небольшое поступление донных наносов. Плотина в этом случае отсыпается из грунта и камня, вынутого из котлована, высотой от 3 до 8 м [6]. В зависимости от конкретных физико-географических условий плотины селехранилищ могут быть различной высоты. Строительство селехранилищ высотой более 10 м сложно и не всегда выгодно, поскольку затраты материалов на их создание растут пропорционально квадрату их высоты [7].

По вышеописанным методикам спроектированы и построены в Таджикистане запруды и селехранилища. В 1974-1979 гг. в русле селеносного оврага в южных отрогах Гиссарского хребта были построены 3 запруды с высотой плотины 3,5 м, задержавшие за это время около 300 м³ селевых наносов и возвративших в сельскохозяйственный оборот ранее заносимые селями земли.

Имеется опыт удачного использования селехранилищ в районах расположения малых водохранилищ Таджикистана. Так, в 1963 г. в 600 м выше канала Танапчи были построены, а в 1985 г. модернизированы перегораживающая дамба и отводящий канал, в результате чего селевые воды стали использоваться для заполнения Сельбурского водохранилища. Полный объем селехранилища достиг при этом 125 тыс.м³ и позволил существенно снизить ущерб, наносимый ранее ливневыми водами и составлявший в 1960-

1963 гг. - 42,74 тыс. руб., или в среднем за год 10,68 тыс.руб. (в старых ценах) [1].

В настоящее время в республике вполне реально по сравнению с прежней, возможность гораздо более интенсивного строительства малых водохранилищ в горных ущельях, предназначенных для локального орошения горных земель. При этом приостанавливается процесс эрозии почв и в значительной степени уменьшается селеопасная обстановка [8].

Благодаря строительству запруд и селехранилищ можно значительно интенсифицировать сельскохозяйственное производство на тысячах гектарах плодородных богарно-пастбищных предгорных земель в результате использования осветленного жидкого стока для их орошения. Окупаемость капитальных вложений в строительство подобных сооружений, согласно проектным проработкам планирующих организаций, учитывающих ежегодную прибыль от реализации дополнительной сельскохозяйственной продукции, полученной в результате предотвращенного ущерба, составит 8-10 лет [1], т.е. является вполне допустимой с точки зрения эффективного использования денежных средств в сельском хозяйстве. Контроль за обеспечением надлежащего состояния сооружений необходимо возложить на специальную службу эксплуатации.

Исследования селехранилищ предгорной части Ферганской долины, показали, что средняя интенсивность их заиления составляет в Согдийской области 0,5-1,7 % в год [9]. Т.е. полное заиление селехранилищ может произойти через 60-100 лет. Ограничивают срок их службы до 35 лет другие факторы эндогенного и экзогенного характера (последние проявляют себя наиболее интенсивно). В любом случае срок службы запруд и селехранилищ можно увеличить путем:

– сброса максимально возможных расходов, которые могут безаварийно пропустить селебросные тракты; при этом большая часть взвешенных наносов будет сбрасываться в нижний бьеф и лишь незначительное количество – осаждаться в селехранилище;

– последовательного наращивания, по мере заполнения твердой селевой массой, бортов напорных граней запруд;
– периодической очистки селехранилищ.
Вынутый при этом грунт рекомендуется

использовать для рекультивационных работ (засыпки различных промоин, оврагов) или в качестве инертных заполнителей при производстве сезонных работ.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Таким образом, на территории Таджикистана все инженерные сооружения, включая малые водохранилища, запруды, барражи,

селехранилища целесообразно использовать в противоселевых целях.

Литература

1. **Муртазаев У.И.** Водохранилища Таджикистана и их влияние на прилегающие ландшафты: Монография. Душанбе: Изд-во "Ирфон", 2005. с. 256-261.
2. **Каганов Я.И., Костецкий В.И., Красицкий П.Р.** Методические рекомендации по размещению системы запруд на горных потоках. Львов, Львовский СХИ, 1971, 36 с.
3. **Флейшман С.М.** Система запруд – главное средство борьбы с селями //Гидротехника и мелиорация, 1967, №8, с. 39-46.
4. **Флейшман С.М.** Сели. Л.: Гидрометиздат, 1978, 352 с.
5. **Рождественский Г.Д.** Основные элементы комплекса противоселевых инженерных мероприятий (применительно к горной системе Заилийского Алатау //Динамика и термика речных потоков. М., Наука, 1972, с. 95-108.
6. **Панова О.Г.** Гидротехнические сооружения противоселевых потоков //Хлопководство, 1968, №10, с. 32.
7. **Херхеулидзе И.И.** Вопросы регулирования (стабилизации) селевых русел сквозными селеуловителями из сборного железобетона //Селевые потоки и горные русловые процессы. Ереван, 1968, с. 35-54.
8. **Клецьман У.Х.** Экономико-географические проблемы освоения горных районов Таджикской ССР //Экономико-географические исследования горных районов: состояние и задачи. М., ИГАН, 1987, с. 66-76.
9. **Исматилоев Х., Туляганов С.Х.** Заиление селехранилищ предгорной части Ферганской долины //Труды САНИИРИ, 1976, вып. 151. с.12-15.

**ВЛИЯНИЕ ОРОСИТЕЛЬНОЙ И ОСУШИТЕЛЬНОЙ МЕЛИОРАЦИИ НА
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ МУГАНО-САЛЬЯНСКОЙ
СТЕПИ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Мамедова Э.А., Алиев С.А.

E-mail: *m.esmiralda@yahoo.com*

E-mail: *aliyev_siyah@rambler.ru*

Бакинский Государственный Университет
г. Баку, Азербайджан

ВВЕДЕНИЕ

Для более полного обеспечения населения сельскохозяйственными продуктами необходимо улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель и повышение отдачи с каждого гектара сельхозугодий. Для разработки мероприятий по мелиоративному улучшению орошаемых земель, большое зна-

чение должно придаваться изучению процессов, происходящих под влиянием оросительной и осушительной мелиорации. С этой целью авторами исследованы при-рода режима и баланса грунтовых вод до и после строительства Главного Мильско-Муганского Коллектора.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Грунтовые воды распространены повсюду в толще современных аллювиальных отложений. В питании грунтовых вод активное участие принимают поливные, напорные воды и атмосферные осадки. Движение грунтового потока направлено с запада на восток с гидравлическим уклоном 0,0003-0,0005. В этом же направлении увеличивается мощность грунтового потока от 10 до 20 м [1].

Анализ глубин залегания грунтовых вод показывает, что уровень грунтовых вод (УГВ) с 1980 г. по 2000 г. систематически поднимался со скоростью, в среднем, 10 мм в год, что было связано с превышением водоподдачи над расходной частью баланса [2].

По сравнению с периодом до 1980 г. водоподдача увеличилась в 3 раза, а отвод грунтовых вод всего в 1,5 раза. В результате занимаемые площади с градацией УГВ менее 1 м увеличились на 4,2%, а с градацией УГВ

2-3 и 3-4 м уменьшились на 49 и 11% соответственно, УГВ ниже 4 м полностью исчезли.

Средневзвешенный УГВ в 1990 г., по сравнению с 1980 г., увеличился на 0,35 м, в 2000 г., по сравнению с 1990 г. – на 0,08 м.

Величина подъема, в основном, зависит от исходной глубины залегания грунтовых вод. Чем больше исходная глубина, тем больше многолетний подъем УГВ. Так, при глубине 2,80 м подъем произошел на 1,20 м, при УГВ 1,65 м – только на 0,13 м. В общем, отмечается тенденция к стабилизации УГВ на глубине 1,5-1,7 м [3].

С подъемом УГВ, под влиянием оросительной мелиорации и отводом высокоминерализованных грунтовых вод, произошло их опреснение со скоростью 0,45 г/л в год.

Изменение минерализации занимаемых площадей произошло в пределах всех градаций. При этом занимаемые площади с

градацией минерализации грунтовых вод (МГВ) более 50 г/л полностью исчезли на территории Мугано-Сальянской степи, а 10-25 и 25-50 г/л – уменьшились на 25,2 и 38,6% соответственно.

Опреснение ГВ, в основном, связано с влиянием ирригационных каналов.

Потери воды из каналов на фильтрацию часто увеличиваются в результате создаваемых водопользователями искусственных подпоров воды для вывода ее в хозяйственные отводы. Высота подпора воды достигает иногда 3-4 м и при малых уклонах распространяется на большие расстояния, в зависимости от категории канала и механического состава грунтов.

Инфильтрационные воды из ирригационных каналов оказывают большое влияние на режим химизма грунтовых вод. Кроме уменьшения их минерализации также изменяются количественные соотношения между отдельными химическими компонентами.

Под влиянием оросительной мелиорации происходит метаморфизации гидрохимических типов воды. Таким образом, выявлено: если на территории Мугано-Сальянской сте-

пи 1980 г. преимущественно распространялись четыре гидрохимических типа воды, то в 1990 г. их количество доходило до семи, а в 2000 г. – до девяти. Из них: гидрокарбонатно-кальциевые (натриевые) и гидрокарбо-натро-сульфатно-натриевые (кальциевые) воды с минерализацией до 2 г/л встречаются в приканальной полосе; сульфатно-натриевые воды с минерализацией 2-7 г/л – на интенсивно орошаемой, а хлоридно-магниевые-натриевые воды с минерализацией выше 20 г/л – на целине (табл.1) [3].

Изменение гидрохимических типов воды в определенной степени связано с механизмом инфильтрационных вод. Инфильтрационные воды, содержащие кислород и углекислоту, поступающие из областей питания, растворяют рассеянные в породах гипс и карбонатные соли, нарушая при этом установившееся равновесие между породой и водой. Вследствие перехода в раствор кальция, процессы обменной адсорбции сдвигаются в сторону вытеснения кальцием натрия из состава поглощенных оснований пород, в результате появляются сульфатно-натриевые и

Таблица 1

Динамика гидрохимического типа воды в пределах колеблемости минерализации грунтовых вод в различных периодах Мугано-Сальянской степи

Гидрохимические типы воды	Май – 1980	Май – 1990	Май – 2000
	М, г/л	М, г/л	М, г/л
Гидрокарбонатно-кальциевые (натриевые)	–	–	Менее 1
Гидрокарбонатно-сульфатно-натриевые (кальциевые)	–	–	1 – 2
Сульфатно-гидрокарбонатно-натриевые (магниевые)	–	Менее 3	2 – 3
Сульфатно-натриевые	–	3 – 5	3 – 7
Хлоридно-сульфатно-натриевые	–	5 – 10	7 – 10
Хлоридно-сульфатно-магниевые-натриевые	Менее 3	10 – 20	10 – 15
Сульфатно-хлоридно-магниевые-натриевые	3 – 10	20 – 25	15 – 20
Хлоридно-натриевые	10 – 20	25 – 50	20 – 25
Хлоридно-магниевые-натриевые	Более 20	Более 50	Более 25

ВЛИЯНИЕ ОРОСИТЕЛЬНОЙ И ОСУЩИТЕЛЬНОЙ МЕЛИОРАЦИИ НА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ МУГАНО-САЛЬЯНСКОЙ СТЕПИ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

гидрокарбонатно-натриевые воды. Хлоридно-натриевые и хлоридно-магниевые-натриевые воды характерны для напорных вод. Это еще раз доказывает, что гидрохимический облик грунтовых вод формируется в определенной степени под влиянием напорных вод [4].

Выявлено, что хлоридно-кальциевые воды – так называемые воды глубинного происхождения, зафиксированы в южной части территории, где практически отсутствует влияние мелиоративных мероприятий; хлоридно-магниевые воды, т.е. воды морского происхождения – встречаются в восточной части; воды с гидрокарбонатно-натриевым составом, т.е. воды аллювиального происхождения, распространенные вдоль речных артерий; а воды сульфатно-натриевого состава, т.е. воды ирригационного происхождения, распространенные в центральной части, сильно влияют на ирригационно-мелиоративные мероприятия [3].

В гидрогеолого-мелиоративном условии орошаемых земель Кура-Аразской низменности основную роль играет Главный Мильско-Муганский Коллектор, который введен в эксплуатацию в 2010 г. Этот коллектор, охватывая Гянджа-Казахскую, Мильско-Карабахскую и Мугано-Сальянскую степи, отводит накапливаемые поверхностные и подземные воды и соли, что оказывает положительное влияние на гидрогеолого-мелиоративное условие территории, так как понижает УГВ и предотвращает засоление почв зоны аэрации.

Таким образом, после ввода в эксплуатацию Главного Мильско-Муганского Коллектора УГВ понизился на 0,08-0,65 м, а минерализация уменьшилась на 0,52-7,11 г/л. Большая амплитуда в понижении УГВ наблюдается вдоль Главного Мильско-Муганского Коллектора, а наименьшая – в зонах, расположенных в значительных расстояниях от коллектора (табл.2).

Большое значение минерализации ГВ отмечается в скважинах, в зонах близко расположенных к коллектору, наименьшее – в значительных расстояниях от коллектора.

Радиус влияния Главного Мильско-Муганского Коллектора изменяется в пределах 650-820 м. Минерализация ГВ по их стоку увеличивается в 1,5 раза (4,73-6,96 г/л). Аналогично с режимом ГВ изменяются минерализация и химические составы дренажных вод.

Таким образом, результаты режимных наблюдений до 2000 г. показывали, что на 75-85% территории Мугано-Сальянской степи УГВ в течении года колебался в интервалах 1,2-1,5м, а в вегетационный период даже составлял 0,5-1,0 м. А в настоящее время на 63,7% территории Мугано-Сальянской степи грунтовые воды распространены на глубине 1-2 м, на остальной части - более 2 м.

В т.ч., на 8,8% орошаемой площади минерализация грунтовых изменяется в пределах 0,5-1,0 г/л, на остальной части - более 1 м (табл.3).

Таблица 2

Площади, занимаемые различными градами глубины залегания уровня грунтовых вод (в % от общей площади)

Глубина залегания уровня грунтовых вод, м	Май – 1980	Май – 1990	Май – 2000	Май – 2010
	%	%	%	%
До 1 м	2,6	8,3	7,9	6,2
1 – 2	46,3	59,0	67,7	57,5
2 – 3	47,5	32,1	24,0	27,7
3 – 4	2,3	0,6	0,4	5,6
Более 4	1,3	–	–	3,0
Средневзвешенное значение глубины залегания уровня грунтовых вод, м	2,09	1,74	1,66	2,31

Таблица 3

**Площади, занимаемые различными градациями минерализации грунтовых вод
(в % от общей площади)**

Минерализации грунтовых вод, г/л	Май – 1980	Май – 1990	Май – 2000	Май – 2010
	%	%	%	%
До 1	5,8	0,9	1,7	8,8
1 – 3	4,2	7,1	29,2	32,1
Более 3	90,0	92,0	69,1	59,1
Средневзвешенная минерализация грунтовых вод, г/л	30,7	23,4	12,7	10,7

ВЫВОДЫ

1. Уровень грунтовых вод (УГВ) с 1980 г. по 2000 г. систематически поднимался со скоростью, в среднем, 10 мм в год, что было связано с превышением водоподачи над расходной частью баланса.

2. С подъемом УГВ под влиянием оросительной мелиорации и отводом высокоминерализованных грунтовых вод, произошло их опреснение со скоростью 0,45 г/л в год.

3. После ввода в эксплуатацию Главного Мильско-Муганского Коллектора УГВ понизился на 0,08-0,65 м, а минерализация уменьшилась на 0,52-7,11 г/л.

3. После ввода в эксплуатацию Главного Мильско-Муганского Коллектора УГВ понизился на 0,08-0,65 м, а минерализация уменьшилась на 0,52-7,11 г/л.

Литература

1. **Алимов А.К.** Гидрогеологические основы регулирования водно-солевого режима орошаемых земель аридной зоны. Баку: "Элм", 1996, 381 с.
2. **Майылов Г.Ю., Магомедов А.М., Алимов А.К.** Баланс грунтовых вод конусов выноса речных артерий и их регулирования. Баку: "Элм", 1995, 340 с.
3. **Мамедова Э.А.** Водно-солевой режим покровной толщи Северной Мугани и гидрогеологические прогнозы для обоснования мелиорации. Баку: "Элм", 1995, 120 с.
4. **Мамедова Э.А.** Водоснабжение и мелиоративная гидрогеология. Баку: "Кюр", 2003, 220 с.

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ АРМЕНИИ

Мартиросян Т.С.

E-mail: *Tigran7711@mail.ru*

Ереванский государственный университет архитектуры и строительства
Ереван, 375009, Республика Армения

В последние годы вопросы охраны и совместного использования водных ресурсов, нерационального их использования и загрязнения, предотвращения засух и наводнений находятся в центре внимания правительств почти всех стран мира. Водные запасы сложно оценить и невозможно однозначно прогнозировать их изменение в течение времени. Вода чрезвычайно чувствительна к отрицательному влиянию человеческой деятельности.

При проведении реформ в сфере управления водными ресурсами необходимо учитывать, как основу то обстоятельство, что для Республики Армения водные ресурсы имеют особое значение в качестве не только социальной, экономической, экологической, стратегической, но и политической ценности.

Основными направлениями водопользования в Армении являются орошение, бытовое водоснабжение, гидроэнергетика, рыболовство, промышленность и рекреация.

Наиболее крупным водопользователем в республике была и остается система орошения, которая потребляет около 76% доступного запаса воды, что ежегодно составляет примерно 2 млрд. м³. Потребность орошаемого земледелия в воде колеблется в широких пределах в зависимости от сезона и водности рек. Так, сокращение стока в маловодные годы с 21 до 42% при 75-95% обеспеченности по сравнению со средне водным годом может привести к увеличению потребности в оросительной воде на 20-51%. Наибольший дисба-

ланс между стоком рек и потребностью в воде орошаемого земледелия возникает в летнее время, когда поверхностный сток составляет около 19% от годового, а потребность в оросительной воде достигает 66% [2]. Около 40% орошаемого земледелия зависит от насосных станций, поднимающих воду на высоту более 100 м. В 1985г. существующие 300,0 тыс. га орошаемых угодий сократились к настоящему времени до 135,0 тыс. га. Основными факторами этого спада являются масштабный износ систем перекачки воды, высокие затраты на эксплуатацию насосных станций, реформирование коллективных хозяйств в мелкие частные фермы, вопросы, связанные с дренажом и т.д. В местах, где зафиксировано большое сокращение орошаемых площадей, повысился индекс бедности населения.

Муниципальное и промышленное водоснабжение потребляют около 24% доступного количества воды. Водозабор для нужд муниципального водоснабжения, в основном, производится из чистых источников, в частности, из родников и глубоко расположенных грунтовых вод. Только 5% водозабора для муниципальных нужд осуществляется из поверхностных источников, что происходит, в основном, на территориях, где нет запаса подземных вод.

В Армении инфраструктура водоснабжения и водоотведения была построена около 50 лет назад. Следует отметить, что ремонт объектов инфраструктуры в последние годы

практически не проводился. На протяжении многих лет не менялись внутридомовые и распределительные сети, не выполнялись другие восстановительные работы, что привело к их чрезвычайно высокой аварийности. По сей день, существует несоответствие между тенденцией развития систем питьевого водоснабжения, низким уровнем и не целенаправленностью инвестиций, не обеспечивающих ни воспроизводство капитала, ни увеличение собственных оборотных средств.

Из-за отсутствия химикатов, разрушения оборудования для очистки и финансовых ограничений снизилось качество подготовки питьевой воды. К ускоренному загрязнению окружающей среды также ведет недостаточная переработка сточных вод и их канализация. Общая длина канализационной системы Армении составляет примерно 4200 км. Всего в республике 20 канализационно-очистных сооружений. Единственная станция аэрации в Ереване проводит только механическую очистку стоков. Из 19 других функционируют только 5-6, также обеспечивая лишь механическую очистку [3].

В Армении широко распространено использование биоресурсов, в том числе рыбодоводство. Использование биоресурсов в на-

стоящее время не имеет законодательной базы и потому нескольким биологическим видам грозит исчезновение, а экосистемам – безвозвратное изменение. Проблема использования биоресурсов находится в центре внимания государства. Для ее решения правительство РА осуществило ряд мероприятий, направленных на обеспечение стабильного использования биоресурсов [4].

Таблица 1

Отведение сточных вод (млн. м3) [5]

	2005	2006	2007	2008	2009
Отведенные сточные воды – всего	340	363	365	375	359
Из них:					
Нормативно чистые (без очистки)	102	124	199	289	264
Нормативно очищенные	81	89	75	3	6
Загрязненные	157	150	91	83	89

На рис. 1 и 2 показаны показатели по водозабору и водопотреблению, а также основные направления водопотребления в РА. [5].

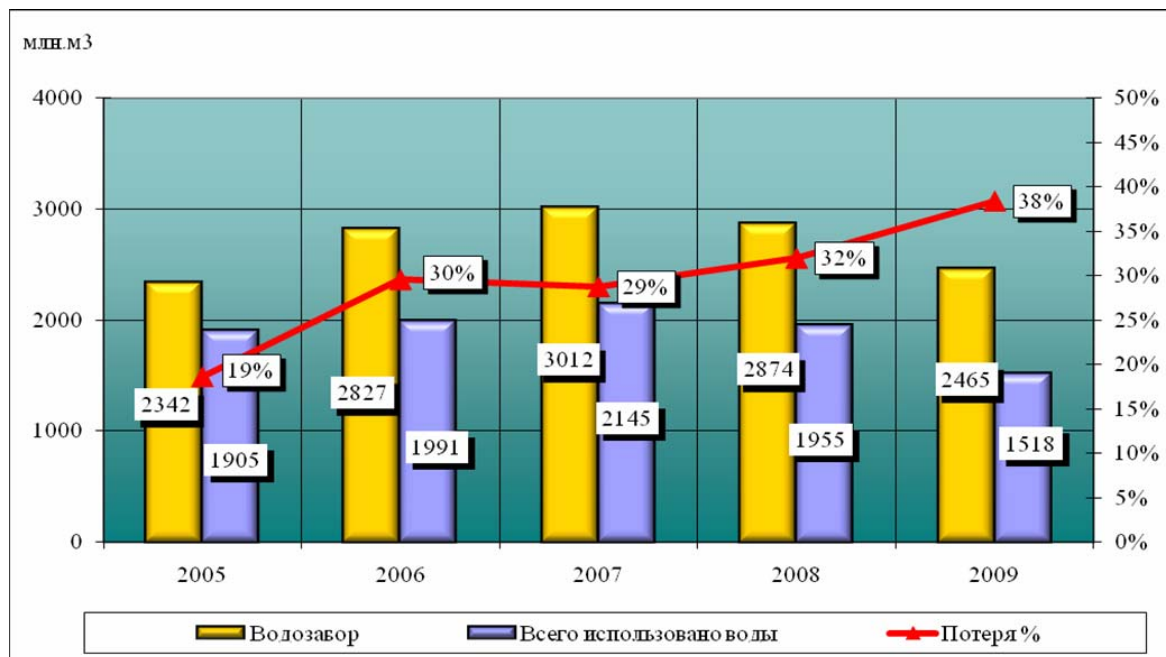


Рис.1 Водозаборы и водопотребление в РА (млн. м³)

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ АРМЕНИИ

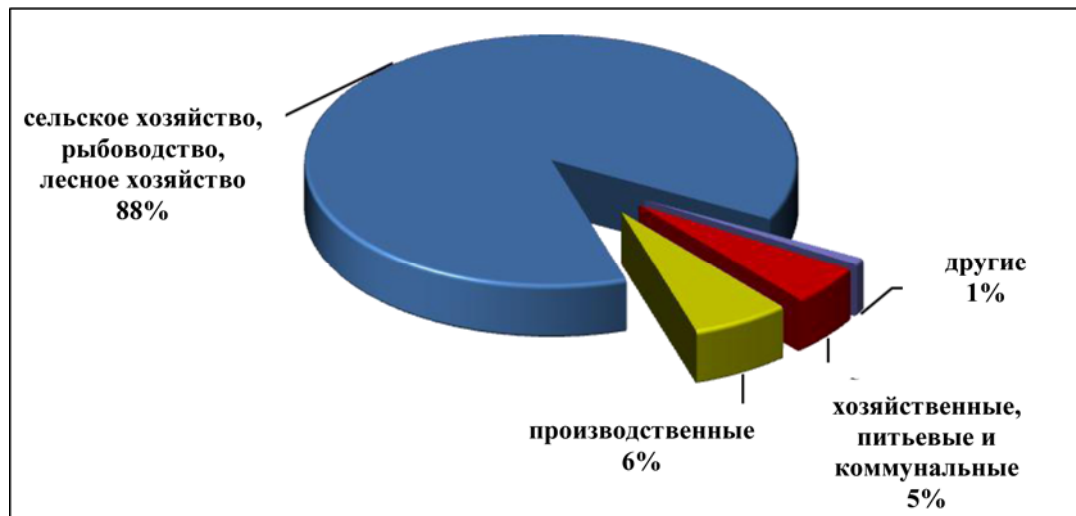


Рис.2 Основные направления водопотребления в РА (2009 г.)

Социальное и экономическое развитие страны требует планового использования возобновляемых водных ресурсов в целях, по возможности, целостного удовлетворения нужд населения. В то же время, вместе с ростом жизненного уровня, растут и потребности людей, в том числе в воде, что затрудняет решение задачи использования и планирования водных ресурсов. Всеобъемлющее управление водными ресурсами, а также преобразование управления водными системами зависят от ряда, требующих решения, проблем. К числу таких проблем следует отнести:

- уточнение и закрепление прав владения, управления, распределения и использования водных ресурсов ответственными органами;
- проблемы экономического и финансового характера, включая плату за пользование водными ресурсами, эффективность использования водных систем;
- проблемы социального характера, которые учитывают доступность, особенности распределения воды и его справедливость;
- низкий уровень качества услуг по содержанию и эксплуатации систем водохозяйственных сооружений;
- неудовлетворительное состояние водоснабжения сельских общин;
- традиционный недостаток средств на

реконструкцию и перевооружение морально устаревших и изношенных технических средств;

- неполноценную нормативную базу защиты и эксплуатации водохозяйственных систем;
- отсутствие реалистичной стратегии очистки сточных вод;
- нехватку материально-технической оснащенности организаций и неудовлетворительную кадровую политику водного сектора, отсутствие квалифицированных специалистов в данной сфере;
- отставание в разработке научного обеспечения и внедрения в практику необходимых новых нормативно-законодательных актов;
- неудовлетворительное осуществление обмена данными между организациями, ответственными за управление водными ресурсами и предприятиями сектора водоснабжения и водоотведения.

Необходимо применение принципиальных подходов в вопросе оценки развития водных ресурсов и управления ими. Эти подходы могут быть реализованы в случаях выполнения государственными органами своих политических обязанностей при заинтересованном участии общин. Растущая роль рынка, как средства повышения эффективности водопотребления, приводит к изменениям в

нашей идеологии, а также в структуре управления и распределения существующих водных ресурсов.

Вышеуказанные проблемы можно решить путем осуществления следующих мероприятий:

- подготовки квалифицированных специалистов в данной сфере;
- пересмотра действующих в Армении норм водоснабжения и водоотведения, их гармонизации с европейскими нормами;
- разработки правил по технике безопасности на водохозяйственных сооружениях, содействию становлению служб по безопасной эксплуатации;
- уточнения и регулирования процесса координации программ, направленных на улучшение водохозяйственных систем;
- усовершенствования методов гидравлического расчета режимов совместной работы насосов, резервуаров, водоводов и распределительной сети с применением компьютерных технологий;
- разработки и осуществления мероприятий по улучшению систем водоснабжения, эксплуатируемых сельскими общинами;
- пересмотра порядка выдачи разрешений на водопользование и усиления контроля;
- в сфере орошения должно урегулироваться управление дренажными системами;
- создания принципов эффективных

механизмов механического орошения и их внедрение;

- восстановления государственного финансирования на исследования в сферах планирования, управления, строительства, безопасности и охраны водных ресурсов;
- для учета водных ресурсов и достоверности данных создать единую мониторинговую систему.

Экономия воды – один из тех основных рычагов, который в состоянии защитить экосистему. Для этого необходимо, в первую очередь, направить все усилия на повышение уровня сознательности населения. Важно, чтобы люди поняли, что цена воды очень высока. Значительно увеличить расходы на осуществление мероприятий по охране природы и, в частности, по охране водных ресурсов. Экономия водных ресурсов можно достичь путем введения таких тарифов, при которых предполагается взимание более высокой платы за перерасход воды, принуждая потребителей беречь воду. Необходимо учитывать, что на каждый литр используемой воды приходится литр проточной воды. Загрязнения приводят к значительным расходам на их устранение, к отрицательным воздействиям на здоровье людей. Все это вместе взятое оказывает негативное влияние на развитие экономики страны, требует значительных средств на увеличение запасов питьевой воды, восстановление ее качества.

Литература

1. **Маркосян А.Х., Мартirosян Г.А., Токмаджян О.В.** Экономика водных ресурсов. Изд. ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева, Санкт-Петербург 2005, 508 с.
2. **Симонян А.В.** Об управлении системами водоснабжения и водоотведения: Анализ ситуации в мире и особенности развития сектора в Республике Армения. //Сб. докладов международного конгресса “ЭТЭВК-2011”, Ялта, Украина 2011, стр. 405-413.
3. Обзор ключевых реформ в секторе городского водоснабжения и водоотведения Республики Армения. М:Итоговый отчет, подготовлено для ОЭСР Фондом “Институт экономики города”, 2004, 92 с.
4. **Гаспарян А.М., Погосян Г.С., Акопян Л.А., Минасян Ж.Н.** Проблемы эффективного использования и охраны водных ресурсов Республики Армения. Ереван, 2007, стр. 47-69.
5. Статистический ежегодник Армении. Ереван, 2010, стр. 216-222.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ
ОСАДКОВ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

Мехралиев А.Ч., Мурадов М.М., Садыхов Г.Р.

**E-mail: *mailoglu@mail.ru*
E-mail: *qorxmaz_sadiqov@mail.ru***

Сумгаитский Государственный Университет
AZ5000, Азербайджанская Республика, г. Сумгаит, 43 – й квартал

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, отходы являются неотъемлемой частью функционирования всего живого мира, которые образуются как естественным, так и искусственным путем. К естественным отходам относится вся биомасса, которая ежегодно образуется в огромном количестве. Отходы, образующиеся в результате жизнедеятельности человека, можно отнести к искусственным. Например, бытовые отходы, отходы сельхозпроизводства и промышленности.

Источником загрязнения окружающей среды являются именно эти, так называемые, искусственные отходы.

Как известно, основную массу всех отходов составляют отходы органического происхождения, и они являются неисчерпаемым источником энергии.

Перспективность развития, экономические и экологические аспекты давно уже подталкивают ученых к разработке промышленно приемлемых технологий переработки этих отходов в энергоносители.

На основе современных технологий получения из отходов органического происхождения топлива и энергии, лежат процессы биохимического и термического разложения, а также их сжигания.

В результате биохимического разложения отходов органического происхождения получается биотопливо (биогаз, биоэтанол, био-

дизель), а также экологически чистое удобрение (жидкое, твердое), которое во многих случаях можно считать основным продуктом процесса. Например, при анаэробном сбраживании навоза, птичьего помета и осадков канализационных сточных вод можно получить обеззараженное, обезвреженное, высококачественное органическое удобрение.

При использовании обычного необработанного навоза в качестве удобрения увеличивается кислотность почвы, нарушается структура и это приводит к снижению урожайности земель. Биохимическая обработка устраняет эти нежелательные свойства навоза и придает ему прекрасные удобрительные качества [1, 2].

Таким образом, процесс биохимического разложения или анаэробного сбраживания отходов органического происхождения имеет очень большое значение как для производства энергоносителей, так и для производства натурального удобрения.

Основным недостатком этого процесса является его низкая скорость. Время осуществления процесса сбраживания измеряется сутками. Проблема ускорения процесса анаэробного сбраживания имеет очень важное значение. Исследования в этой области направлены на разработку биокатализатора и совершенной конструкции биореактора, позволяющую создавать режим, близкий к

режиму идеального перемешивания, а также предотвратить образования корки и другие недостатки, присущие существующим конструкциям биореакторов.

Как отмечено выше, исследование процесса анаэробного сбраживания, в основном, направлены на ускорение этого процесса. Из-

вестно, что скорость процесса анаэробного сбраживания зависит от концентрации метан генерирующих бактерий в реакционной зоне, от температурного режима, а также от эффективного перемешивания реакционной массы [2].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

На основе отходов пищевой промышленности нами был приготовлен ускоритель, который в дальнейшем будем называть биокатализатором [3]. В его присутствии был исследован процесс анаэробного сбраживания навоза и осадков канализационных сточных вод в термофильном режиме.

Экспериментальные исследования проводились на лабораторной установке, основным элементом которой является биореактор, представляющей собой стеклянную емкость общим объемом 20 литров (рис. 1).

Температурный режим в емкости создавался и поддерживался с помощью водяной бани с электронагревом. Температура измерялась контактным термометром и поддерживалась на заданном уровне терморегулято-

ром.

В экспериментах использовали 10%-ный раствор осадков канализационных сточных вод. Сухая масса органических веществ в канализационных осадках, использованных в эксперименте, составляет 65 – 70%.

Объем раствора составлял 75% от общего объема емкости, т.е. 15 литров. Объем выделенного биогаза определялся газовым счетчиком.

Добавлением разных количеств биокатализатора, т.е. 0.5, 1.0, 1.5, 2.0% от объема раствора, осуществляли процесс анаэробного сбраживания.

Зависимость суточного количества выделения биогаза от количества биокатализатора приведена в таблице 1.

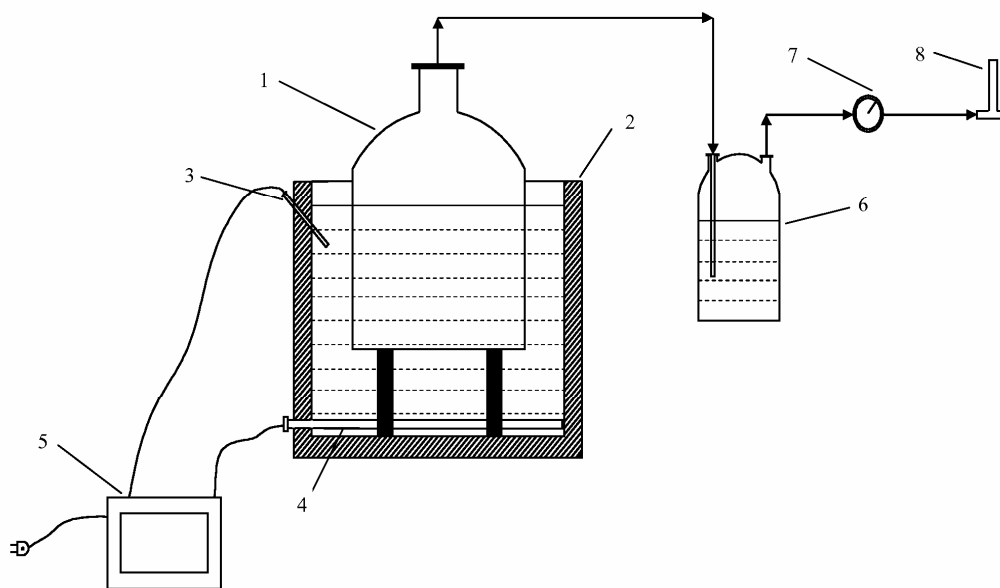


Рис. 1. Экспериментальная лабораторная установка

1 – Биореактор; 2 – водяная баня; 3 – гнездо для термодатчика; 4 – электронагреватель;
5 – терморегулятор; 6 – гидрозатвор; 7 – газовый счетчик; 8 – горелка.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ
ОСАДКОВ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

Таблица 1

Смесь	Без биокатализатора	0,5 % биокатализатора	1,0% биокатализатора	1,5% биокатализатора	2,0% биокатализатора
Выделение биогаза, литр/сутки	25 - 26	40 – 41	45 – 46	48 – 49	50 – 51

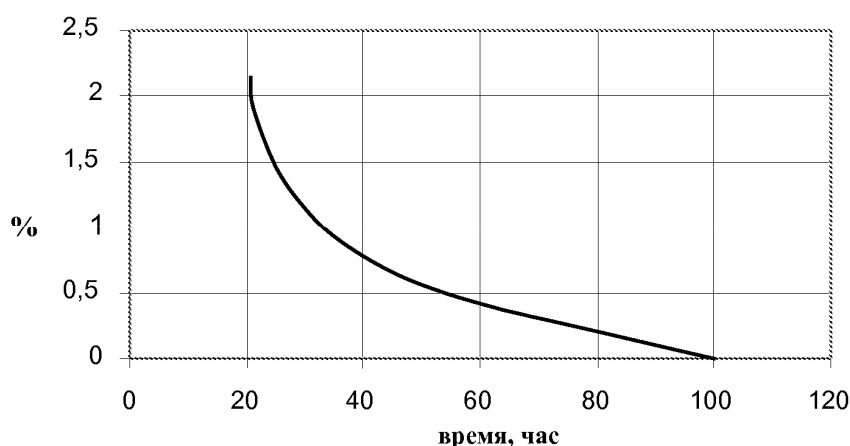


Рис. 2. Зависимость времени расслоения от количества биокатализатора

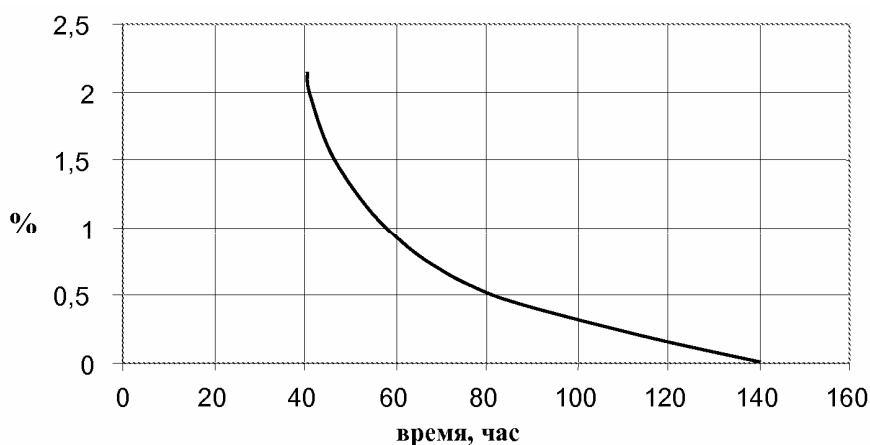


Рис. 3. Зависимость начального времени выделения газа от количества биокатализатора

Результаты экспериментальных исследований показывают, что чем больше биокатализатора, тем лучше для процесса анаэробного сбраживания.

Однако, ограниченное количество отходов для приготовления биокатализатора, при огромных объемах биореакторов ставят ограничение количеству биокатализатора. Поэтому, по нашему мнению добавление биокатализатора до 1,0 % от объема загрузки в стартовом положении и 1,0 % от объема ежедневной дозировки позволит вести процесс

на достаточно больших скоростях.

Разработанная нами новая конструкция биореактора позволит создавать режим в реакционной зоне близкой к режиму идеального перемешивания, способствует равномерному распределению температур по всему объему биореактора и предотвращает коркообразование [4]. Она также способствует быстрому выводу биореактора на температурный режим при относительно низких расходах энергии.

На основе новой конструкции был

изготовлен биореактор с общим объемом 20 м³. Проведенные испытания на установке, основным элементом которой был названный биореактор, подтвердили теоретические предположения и экспериментальные результаты, полученные в лабораторных условиях. Принципиальная схема установки приведена на рис.4.

Таким образом, приготовленный биокатализатор вместе с новой конструкцией биореактора позволяют вести процесс анаэробного сбраживания навоза, птичьего помета и осадков канализационных сточных вод на достаточно высоких скоростях и тем самым обеспечивают большую производительность установок.

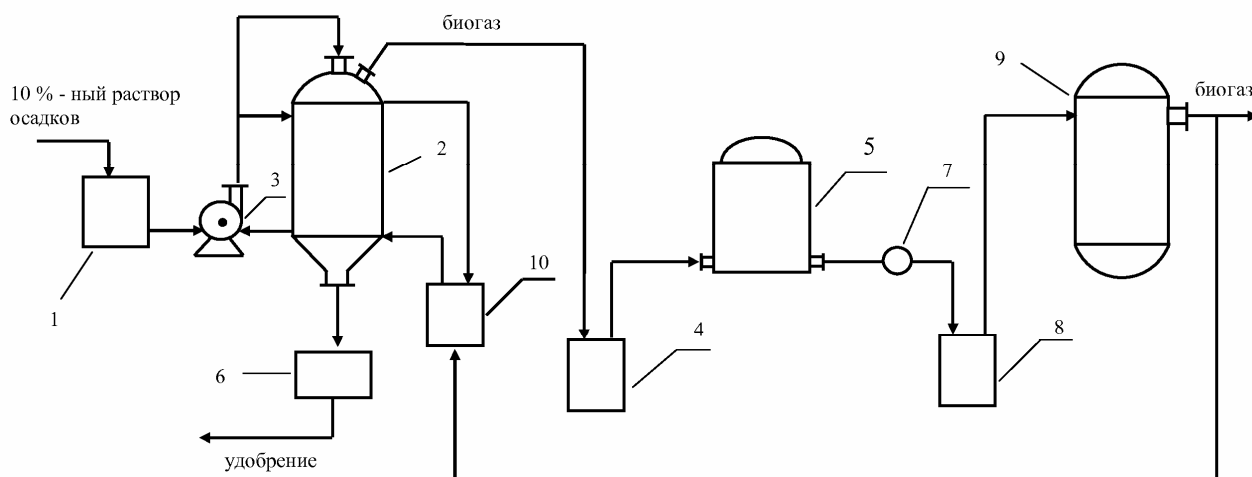


Рис. 4. Принципиальная технологическая схема пилотной биогазовой установки
 1 - емкость для суточной дозировки раствора; 2 - биореактор; 3 – насос; 4 – гидрозатвор;
 5 – газгольдер; 6 - емкость для сброженной массы; 7 – газовый счетчик; 8 – компрессор;
 9 – ресивер; 10 – подогреватель

ВЫВОДЫ

1. На основе отходов пищевой промышленности приготовлен эффективный биокатализатор для процесса анаэробного сбраживания навоза, птичьего помета и осадков канализационных сточных вод.

2. В присутствии биокатализатора исследованы закономерности процесса анаэробного сбраживания осадков канализационных сточных вод.

3. Определено оптимальное количество биокатализатора, которое ускоряет процесс в

2,5 раза.

4. Разработана новая конструкция биореактора, которая позволяет эффективно осуществить процесс анаэробного сбраживания и исключить недостатки существующих аналогов.

5. На основе биореактора новой конструкции построена пилотная биогазовая установка. Результаты проведенных испытаний на этой установке подтвердили результаты полученные в лабораторных условиях.

Литература

1. **Фостер К.Ф.** Экологическая биотехнология. Л.: Химия, 1990, 383 с.
2. **Бейли Дж., Оллис Д.** Основы биохимической инженерии. Пер. с англ. В 2-х частях. 4.2. М.: Мир, 1989, 590 с.
3. Патент № a20100150, Азербайджан, 2010.
4. Патент № a20100150, Азербайджан, 2010.

BASIC ISSUES ON MANAGEMENT OF IRRIGATION WATER SUPPLY

Mkrtumyan Mher, Hovhannisyan Gor

E-mail: *mkrtumyan-m@rambler.ru*

E-mail: *g.s.hovhannisyan@gmail.com*

Yerevan State University of Architecture and Construction
Republic of Armenia

INTRODUCTION

Irrigation water supply has a great role in the development of agriculture of the Republic of Armenia. Irrigated area is 207.7 thousand ha in the republic, the factually irrigated area of which is 129.2 in regard to the cadastre irrigation area 62.3%.

During the last years there was recorded 13% increase of the cultivated land and change in the composition of crops - there was 15% increase of the profitable crops occupying areas in the republic.

There are 3 irrigation-water intake realization organizations which serve 34 water-users' companies, 10 water-users' companies perform water intake only from local sources. 44 water-users' companies serve 618 communities in their turn signing about 200 thousand water-usage contracts.

Water-users' companies serve about 16000 km inner economic and mid-economic irrigation network, 51 tanks, 703 in number deep pits and 254 pump stations, the yearly expenditure of electricity of which is 100-120 million kw per hour.

3 closed joint-stock companies performing irrigation-water intake exploit 18 tanks, 345 km main canals and 41 pump stations, the yearly expenditure of electricity of which is 48 million kw per hour. The systems of the greatest main canals (especially main canals of Arzni Shamiram, Lower Hrazdan, Artashat, Armavir, Talin) of the republic are served by these companies.

The role of correct tariff policy is of great importance in the sphere of irrigation. 3 closed joint stock companies performing irrigation-water intake supply the irrigation water in gravity and mechanical way for which separate tariffs are defined. The price of irrigation water supplied by the water-users' companies is 11 AMD. The cost price of irrigation water is rather high (about 18 AMD without VAT) in the result of which appropriate assistance is supported by the government.

About 4.18 milliard AMD subsidy was anticipated to be assigned to the water-users' companies in 2011. The expenditure of electricity is 24.5% of the budget of water-users' companies.

About 583.7 million AMD subsidies are assigned to the irrigation-water intake performing organizations for not increasing the tariffs. The expenditure of electricity is 43.7% of the budget of irrigation-water intake performing companies.

Totally the yearly demand for monetary means needed for the exploit of the irrigation systems is about 8.4 milliard AMD, 4.76 milliard AMD was assigned yearly – 56.7% of the demand. 24.5% of the common budget of the system (and taking into account the expenditure of electricity included in the water intake expenditure is 35.1%) formed the value of electricity, 12% – tax liabilities, 16%- spring preparation and the price of current repair works, 12% – current exploitation and other expenditures, 19.6% – the salary, about 15.9% – the expenditures of irrigation-water intake.

MATERIAL AND METHODS

Decreasing tendency of yearly assigned subsidy amounts is obvious during the last years.

One of the main problems of the system is the water supply in mechanical way, which is a serious load increasing the cost price of irrigation water.

More complicated problems of water supply are also the great quantity of water losses in the irrigation system, because of the high degree of wear and tear and decay of the system the water losses only in the inner economic network forms about 40%.

Because of high degree of decay of canals there was yearly about 26% loss of water in the main canal systems. Serious problems emerged during water supply because of poor technical condition of canal systems. A significant contribution to the solution to that problem was the construction works (sheathing: concrete, gunned material, restoration of water structures, etc.) of about 20.38 million USD made in the main canals by Millennium Challenges-Armenia project.

Since 1950s there have been built 1052 km open drainage systems on 26.7 thousand ha and 631 km closed systems on 8 thousand ha in overdamped land areas for the purposes of improvement of meliorative condition of land of the republic, ground water level regulation, salinization of lands, prevention of settlements watering and infectious diseases, provision of normal growth of agricultural crops, which is served and exploited by "Melioration" closed joint-stock company.

In drainage system there appeared some phenomena hindering the exploitation of systems, which are liable to attention and amendment. The significant part of hydro-technical structures located on the systems is technically obsolete and liable to rebuilding, in many places alienation zones are illegally occupied with buildings and agricultural objects, the sewage and household waste of towns and rural settlements, the back waters of fish farms which cause the interruption of productive work of drainage systems, the raising of water level in

it and overdamping of adjacent lands. For the purpose of alleviating these problems projects of passing from mechanical irrigation to gravity systems with a value of 6 milliard AMD were performed with the help of RA Government International bank, which gave the chance to save yearly 61.9 million kw per hour electricity with a value of 1.6 milliard AMD. Electricity saving is also realized in the system due to the accounting, strengthening of the management and increasing of the efficiency: accounting systems have been and are invested.

Of means of electricity saving and securing are the two projects of tank stronghold security. In the framework of these projects 74 in number tank strongholds have been restored. At the expense of saved means the building of Marmarik tank is performed at the moment, which is planned to be finished in summer of 2011.

For the purpose of efficient organization of water supply and decreasing of losses of irrigation water in the inner economic system about 317 km inner economic system was repaired and rebuilt in the republic with the help of RA Government and International bank, with a value of 4.8 milliard AMD.

Restoring projects of main canals were realized, in the result of which about 310 km main canals have been restored with a value of 29 milliard AMD. The urgent repair project of irrigation systems comes to an end at the moment due which Armavir main canal was restored totally and the 81% of Talin main canal, in the result of which about 86 million cubic irrigation water will be saved yearly.

Taking into consideration the periods of construction works realized on irrigation systems, the restoration works were realized out of the irrigation period, during the winter months. Due to the great work and savings 90 km irrigation system was restored instead of anticipated 83 km. The water sources of Talin and Armavir main canals systems are Akhuryan tank and the river Araks. The mentioned water

sources are of strategic importance of the republic. Taking into consideration this circumstance RA Government realized the development program of irrigation systems, in the result of which the main junction of Armavir main canal situated on the river Araks was restored. The restored junction gave the opportunity to realize the additional water intake from the boundary Araks River using more efficiently the Armenian portion of water supply of the river Araks.

Since 1998 at the expense of means assigned by the state budget once 2-3 years the drainage systems are cleaned and repaired, which gives the opportunity to keep the ameliorative state of lands in sufficient condition, to prevent the watering of the settlements, the salinization of

lands and the spread of malaria disease focuses. Basic repairing and restoring works of open and closed drainage systems are basically involved in the project of Millennium Challenge Account with a total value of 15.68 million USD. In the result of pressure collapse of gravity feed bores about 1200 ha land hasn't been irrigated during last years, which was previously irrigated. It is also the result of intensive development of pisciculture in this area, in the result of which the quantity of bores has significantly increased.

Actually the exploration works of water using and water removal conditions of the existing fish farms was finished, in the result of which the right places of water removal of gravity feed bores will be given, that is Hrazdan and Sevajur rivers without pouring into drainage systems.

CONCLUSIONS

Even after implementation of such measures there is an obvious problem of a great amount of water supply in the mechanical way in the companies providing the irrigation of lands of the republic, in the result of which the cost price of irrigation water is rather high (about 18 AMD without VAT). That's why it is necessary to continue the building of gravity systems and tanks, the repair of removing canals of pump stations and inner economic system, to make conditions for modernization of watering techniques and for new technologies, such us drop irrigations for the promotion of investment and use. The implementation of the pointed measures will bring the decrease of the cost price of irrigation water and the payment weight reduction for irrigation water in the expenses for agricultural product. The approximate price of these works is 1.5 milliard USD, till now the price of works carried out due to the investment projects is about 300 million USD (120 million USD out of which by Millennium Challenges projects) which forms the 20% of demand.

Urgent restoration projects of irrigation systems and tank of Kaps are in the process. In the result of urgent projects of irrigation systems it

will be possible to irrigate additionally 8.300 ha land, and in the result of restoration of Kaps' tank about 1.200 ha. The implementation of the mentioned works will essentially improve the agricultural development growth.

National policy concept of RA irrigation sphere met the approval of RA Government, the medium-term strategy of state assistance to water users' companies was established, irrigation water supply transactions by water users' companies were relieved of paying of VAT, there were established adjustments of profit tax payment transactions, the state financial assistance processes to water users' companies in 2012-2016 in the form of current grants during 2012-2016, as well as the changes and additions to RA laws "About local self-government" and "About water users' companies" met the approval of RA Government in RA Water code. It is planned to strengthen and develop the participatory management of water users' companies (WUC) created by water users by the mentioned legal acts and their projects, as well as to create incentives and preconditions for raising the efficiency of financial activity of those companies (by law giving the chance to the WUCs also to carry out

other activities in commercial form), for more transparency and publicity of the activity (particularly competitive elections of directors and chief accountants of WUCs, unconditional acceptance and strengthening of the activity of commissions on solving disputes and auditors,

etc.). Meantime by the mentioned legal acts the appropriate culture formed between companies and water users will be completed in the sense of receiving water, paying for it and raising the accountability and transparency.

REFERENCE

1. Water code of the Republic of Armenia, the RA official bulletin 2002/24 (199) 10.07.2002.
2. The law of the RA about water users companies and water users companies alliances 04.06.2002.
3. The law of the RA about provisions in national water policy 15.06.2005.
4. The law of the RA about national water program of The Republic of Armenia 25.12.2006.
5. Yearly reports of State Committee of Water System of the RA Ministry of Territorial Administration 2008-2010

ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოფის ფორმირების, წყალსადინარში მოძრაობისა და ნარიყის კონუსზე ბაჩერების ჰიდრაგლიკური მოღეღეპი

ოთარ ნათიშვილი, ვახტანგ თევზაძე

Email: vitev@rambler.ru

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

შესავალი

ცნობილია თუ რა საშიშროებას უქმნის ღვარცოფული ნაკადები გარემოს ეკოსისტემას და მიმდებარე ტერიტორიებზე განთავსებულ ინფრასტრუქტურას. აღნიშნული ნაკადების გავლას ხშირად თან სდევს არა მარტო სოლიდური მატერიალური ზარალი, არამედ, არც თუ ისე იშვიათად, ადამიანის მსხვერპლიც [1-6, 11, 13-15].

ბუნებაში არსებულ ღვარცოფულ ნაკადებიდან წარმოშობის მოულოდნელობით, მოქმედების ხანმოკლეობითა და დიდი დამანგრეველი ძალით გამოირჩევა ე.წ. ბმული,

სტრუქტურული, ანუ ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოფები [1, 6, 7, 8, 11].

აღნიშნული სახის ღვარცოფული ნაკადები ტექნიკურ ლიტერატურაში უპირატესად მოიხსენება როგორც „ბმული“, „სტრუქტურული“ ღვარცოფული ნაკადები, რომელთა მოცულობითი წონა γ იცვლება 1700 კგ.ძ/მ³-დან 2300 კგ.ძ/მ³-მდე. მათ ახასიათებს, აგრეთვე სიბლანტის დინამიკური კოეფიციენტის (μ) და საწყისი წინაღობის ძვრაზე (τ_0) მაღალი მნიშვნელობები.

ძირითადი ნაწილი

ღვარცოფის წარმოშობის წინაპირობას წარმოადგენს ეროზიულ კერაში ე.წ. ღვარცოფული მასის ფორმირების პროცესი, რომელიც ხორციელდება მთის ქანების ნგრევის შედეგად დაგროვებული პროდუქტების წყლოვან ფაქტორთან (წვიმა, თოვლის დნობა, გრუნტის წყლები და ა.შ.) ურთიერთქმედებით. ასეთ პირობებში ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოფის წარმოშობისათვის საკმარისია კრიტიკულ მდგომარეობაში მყოფ დაგროვებულ მასას დაემატოს თუნდაც უმნიშვნელო რაოდენობის წყალი, რომ იგი მოძრაობაში მოვიდეს და დიდი სიჩქარით გადაადგილდეს წყალსადინარის კალაპოტში ჰიპერკონცენტრირებული ნაკადის სახით.

ამოცანის კორექტულად გადაწყვეტის მიზნით მივიღოთ, რომ ღვარცოფულ კერაში დაგროვებული მასის ზედაპირის Ω ფართი მთელი ამ პროცესის დროს მუდმივი სიდი-

დეს, ამ მასის საწყისი სიღრმეა H_1 , სიგრძე L , ხოლო კერის ფსკერის ქანობი – i .

ღვარცოფულ კერაში დაგროვებული მასა dt დროში დაიწვევს dH სიდიდით; მაშინ მისი მთლიანი მოცულობა იგივე დროში ტოლი იქნება ΩdH -ის.

დავუშვათ, რომ ღვარცოფული კერიდან გამოსული ჰიპერკონცენტრირებული ნაკადი განსაზღვრული კვეთიდან გადაადგილდება აბსტრაქტული თანაბარი მოძრაობის რეჟიმით h_1 სიღრმითა და b სიგანით კალაპოტის ფსკერის i ქნობის პირობებში. მაშინ ამგვარი ნაკადის ხარჯი შეიძლება განესაზღვროთ შემდეგი დამოკიდებულებით [11].

$$Q = \frac{gbh_1^3 i}{v} f(\beta) \tag{1}$$

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

g – სიმძიმის ძალის აჩქარება;

$v = \frac{\mu}{\rho}$ – სიბლანტის კინემატიკური კოეფიციენტი;

ρ – ღვარცოფული მასის სიმკვრივე;

$\beta = \frac{h_0}{h_1}$ – ნაკადის ფარდობითი სიღრმე;

h_0 – ნაკადის გულის (უგრადიენტო შრის) სიღრმე, ანუ ნაკადის სიღრმე მისი ზედაპირიდან საგრადიენტო შრემდე;

ნაკადის სიღრმე შესაძლებელია დადგინდეს შემდეგი დამოკიდებულებით [8]

$$h_1 = \sqrt{\frac{4v\sqrt{H_1 - H_2}}{g \cos \theta i f(\beta)}}, \quad (2)$$

სადაც H_2 – ეროზიულ კერაში დარჩენილი ღვარცოფული მასის სიღრმე;

θ – წყალსადინარის ფსკერის დახრის კუთხეა, რომლის დროსაც ღვარცოფული მასა მოცემული სიღრმითა და კონცენტრაციით იწყებს გადაადგილებას [8,11].

ამ მონაცემების გათვალისწინებით შესაძლებელია შედგენილი იქნეს შემდეგი განტოლება:

$$-\Omega dH = Q dt. \quad (3)$$

(1) და (2) გამოსახულებების მხედველობაში მიღებით (3)-ის ნაცვლად გვექნება:

$$dt = \frac{K dH}{\left(\sqrt[4]{H_1 - H_2}\right)^3}, \quad (4)$$

სადაც:

$$K = \frac{\Omega v}{\text{bigf}(\beta) \left[\frac{\sqrt{4v}}{\sqrt[4]{\cos \theta} \sqrt{if(\beta)}} \right]^3} \cong \text{const}. \quad (5)$$

(4) დამოკიდებულების ინტეგრირება გვაძლევს კერის ღვარცოფული მასისაგან დაცლის დროს:

$$t = 4K \sqrt[4]{H_1 - H_2} \quad (6)$$

ღვარცოფის საშუალო ხარჯი განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$Q_{\text{საშ.}} = \frac{W_1 - W_2}{t}, \quad (7)$$

სადაც W_1 და W_2 – ღვარცოფის მოცულო-

ბებია H_1 და H_2 სიღრმეებისას.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ღვარცოფულ კერაში დაგროვებული მასის ფორმა განსხვავდება სწორკუთხოვანი ფორმის პრიზმისაგან, რასაც რეალურად აქვს ადგილი, მაშინ (5)-ის ნაცვლად შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს შემდეგი სახის კოეფიციენტი:

$$K = \frac{W_1}{W_2} \quad (8)$$

ზემოთ მოყვანილი მეთოდის საშუალებას იძლევა პირველი მიახლოებით განხორციელდეს ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოფის ეროზიული კერიდან მოწყვეტის მომენტი.

მოძრაობის რაოდენობის შენახვის კანონის თანახმად და ელემენტარულ სივრცეზე ჰიდრავლიკური დაწნევის ცვლილების გათვალისწინებით ეს დამოკიდებულება შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს შემდეგი ტოლობით:

$$\frac{\gamma h}{2} - \frac{\gamma(h-dh)^2}{2} = \frac{\gamma}{g} \left(h - \frac{dh}{2} \right)^2 (V - V_{\text{შპ}}) dV, \quad (9)$$

სადაც V – ნაკადის საშუალო სიჩქარე აღნიშნულ უბანზე;

$V_{\text{შპ}}$ – ნაკადის უკუტალღის სიჩქარე.

(9) ტოლობიდან ვღებულობთ, რომ

$$dh = \frac{V_1 + V_{\text{შპ}}}{g} dV \quad (10)$$

ამ ტოლობის ინტეგრირების შედეგად სასაზღვრო პირობებისა და იმის გათვალისწინებით, რომ ღვარცოფის კერაში ღვარცოფული დანარიყის სიღრმე ტოლია h_2 , ხოლო სიჩქარე $V_2 = 0$ მივიღებთ, რომ კერაში უკუტალღის სიჩქარე ტოლი იქნება

$$V_{\text{შპ}} = \frac{2g}{\sqrt{g \cos \theta}} \sqrt{h_2 - h_1}, \quad (11)$$

სადაც h_1 არის ღვარცოფული კერიდან მოწყვეტილი მასის თანაბარი მოძრაობის სიღრმე, ხოლო მისი სიჩქარე შესაძლებელია განისაზღვროს (1) ტოლობიდან გამომდინარე დამოკიდებულებით:

$$V_1 = \frac{g i h_1^2}{v} f(\beta). \quad (12)$$

ღვარცოფული კერიდან მოწყვეტილი მასის

საშუალო სიჩქარე შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს შემდეგი გამოსახულებით:

$$\frac{0 + V_1}{2} = |V_{\text{ტალ.}}|$$

ანუ

$$V_1 = 2|V_{\text{ტალ.}}|, \quad (13)$$

სადაც $|V_{\text{ტალ.}}|$ - უკუტალღის სიჩქარის (ანუ უარყოფითი ტალღის) აბსოლუტური მნიშვნელობაა.

თუ გამოვიყენებთ (2) დამოკიდებულებას შეცვლილი ფორმით გვექნება:

$$h_1 = \sqrt{\frac{4\nu\sqrt{h_2 - h_1}}{\sqrt{g \cos\theta} i f(\beta)}} \quad (14)$$

აღნიშნული პროცესების შემდეგ ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოვი გადადის რა აბსტრაქტულ თანაბარი მოძრაობის რეჟიმზე ბუნებრივია, რომ იგი განიცდის წნევის კარგვას სიგრძეზე, რაც მხედველობაშია მისაღები წყალსადინარში მოსალოდნელი სხვადასხვა სახის წინაღობების გათვალისწინებით.

ცნობილია, რომ წნევის დანაკარგები l სიგრძეზე წყლის ნაკადისათვის დგინდება შემდეგი დამოკიდებულებით [12]:

$$h_{\text{დაბ.}} = i_0 l \quad (15)$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ ჰიპერკონცენტრირებული ნაკადის საშუალო სიჩქარის საანგარიშო (12) დამოკიდებულებას, მაშინ წნევის დანაკარგების მხედველობაში მიღებით გვექნება:

$$V = \frac{g i (H - h_{\text{დაბ.}})^3}{3\nu H} \quad (16)$$

და წყალსადინარის ქანობი ამ შემთხვევაში შეიძლება განისაზღვროს შემდეგნაირად:

$$i = \frac{3\nu H V}{g(H - h_0)^3} \quad (17)$$

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე წყალსადინარის l სიგრძეზე წნევის გრძივი დანაკარგები ტოლი იქნება [8, 9]:

$$h_l = \frac{3\nu H V l}{g(H - h_0)^3} \quad (18)$$

მარტივი გარდაქმნების შედეგად მივი-

ღებთ რეინოლდსის რიცხვს ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოვისათვის:

$$Re_* = \frac{V(H - h_0)^2}{\nu H} \quad (19)$$

დამოკიდებულება (18)-ს უნდა შეესაბამებოდეს ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოვის სიგრძეზე დანაკარგები შემდეგი სახით [9]:

$$h_l = \frac{6}{Re_*} \frac{1}{(H - h_0)} \frac{V^2}{2g} \quad (20)$$

გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედებისას ერთ-ერთ მოწვევად უბანს წარმოადგენს წყალსადინარის ნარიყის კონუსი. ამ შემთხვევაში განსაკუთრებული შესწავლის საკითხია ნაკადის განფენა ამ მონაკვეთზე.

დასმული ამოცანის გადაწყვეტის მიზნით ჰიპოტეტურ ნაკადში გამოიყოფა ნარიყის კონუსის დასაწყისიდან x მანძილზე დაშორებული ელემენტარული მოცულობა მასით

$\frac{\gamma}{g} \omega dx$. თუ ამ მოცულობის მიმართ გამო-

ვიყენებთ დინამიკური წონასწორობის განტოლებას გვექნება:

$$\frac{\gamma \omega dx}{g} \frac{dV}{dt} + \lambda \chi \frac{V^2}{2g} dx = 0, \quad (21)$$

სადაც ω - ნაკადის განივკვეთის ფართობი;

χ - განსახილველ კვეთში ნაკადის სველი პერიმეტრია და იგი ტოლია - $b_0 + 2x \operatorname{tg}\theta$;

b_0 - ნაკადის სიგანეა საანგარიშო კვეთში;

θ - ჰიპერკონცენტრირებული ნაკადის ნარიყის კონუსზე განფენის კუთხეა და იგი იცვლება 11° -დან 13° -მდე [4].

თუ ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოფული ნაკადი ნარიყის კონუსზე გამოსვლისას არ იზღუდება წყალსადინარის გვერდითი ნაპირებით, მაშინ მისი განივი კვეთი იღებს მრუდწირული ტრაპეციის ფორმას გვერდების ფერდების დახრის კუთხით

$$\theta_1 = 60 - 70^\circ \quad [4].$$

აღნიშნული შემთხვევისათვის დინამიკური წონასწორობის განტოლება ნაკადის სველი პერიმეტრის გათვალისწინებით მიიღებს შემდეგ სახეს [10]:

$$\omega \frac{dV}{V} + \lambda \frac{b_0 dx}{2} + \chi tg \theta dx = 0 \quad (22)$$

(22)-ში და ქვემოთ მოყვანილ დამოკიდებულებებში ნულოვანი ინდექსით აღნიშნული სიდიდეები განეკუთვნება ტრანზიტული უბნის ბოლო კვეთს. ცვლადი ω შევცვალოთ V სიდიდით, რისთვისაც გამოვიყენოთ დროის ერთეულში მოძრაობის რაოდენობის მუდმივობის განტოლება [11,12]:

$$V_0^2 \omega_0 = K_{\text{ბ.ა.შ.}} V^2 \omega \quad (23)$$

აქ $K_{\text{ბ.ა.შ.}}$ წარმოადგენს კოეფიციენტს, რომელიც ითვალისწინებს ურთიერთშეხებაში მყოფ მოხახუნე ზედაპირების (ნაკადის და კალაპოტის) მდგრადობას, ანუ როდესაც ნარიყის კონუსის ზედაპირი წარმოადგენს ადვილად დეფორმირებად სივრცეს, ღვარცოფული ნაკადი წარიტაცებს მის ნაწილაკებს და ნაკადის ხარჯი განიცდის მატებას [5], ამ შემთხვევაში $K_{\text{ბ.ა.შ.}} < 1$. მაშინ როდესაც კალაპოტის ზედაპირი წარმოადგენილია ძნელადდეფორმირებადი ზედაპირის სახით, პროცესს ექნება შებრუნებული ხასიათი და $K_{\text{ბ.ა.შ.}} > 1$. როდესაც $K_{\text{ბ.ა.შ.}} = 1$ მაშინ ბუნებრივია, რომ ღვარცოფული ნაკადი კონუსის ფარგლებში მოძრაობს ისე, რომ იგი არც წარიტაცებს და არც ტოვებს ხარჯის ნაწილს კონუსის ფარგლებში.

მოძრაობის რაოდენობის ცვლილება ამ შემთხვევაში შესაძლებელია აგრეთვე მიახლოებით შეფასდეს შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$K_{\text{ბ.ა.შ.}} = i_1 / i_2, \quad (24)$$

სადაც i_1 – წყალსადინარის კალაპოტის ქანობია სატრანზიტო ზონის მონაკვეთზე, რომელიც ებჯინება ნარიყის კონუსს;

i_2 – ნარიყის კონუსის საშუალო ქანობია.

ნაკადის ნარიყის კონუსზე გაჩერების ადგილის შესაფასებლად, პირველი მიახლოებით შეიძლება მივიღოთ, რომ

$$\omega = V_0^2 \omega_0 / K_{\text{ბ.ა.შ.}} V^2 \quad (25)$$

თუ დავუშვებთ, რომ $K_{\text{ბ.ა.შ.}}$ მუდმივი სიდიდეა, რაც პრაქტიკულად რეალობასთან ახლოსაა, და ჩავსვათ (22)-ში ინტეგრირების შემდგომ სასაზღვრო პირობების გათვალისწინებით როცა $x > 0$, მაშინ $V = V_0$ მივიღებთ:

$$V = V_0 \sqrt{\frac{\omega_0}{\lambda K_{\text{ბ.ა.შ.}} b_0 x + \lambda x^2 tg \theta + \omega_0}}, \quad (26)$$

რაც იძლევა იმის შესაძლებლობას, რომ დადგინდეს ნარიყის კონუსზე გამოსული ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოფის გაჩერების ადგილი.

ამ სიდიდის განსაზღვრა საშუალებას იძლევა, რომ ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობები ნარიყის კონუსის ფარგლებში რაციონალურად იქნეს განთავსებული ობიექტთა უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით.#

დასკვნები

1. ღვარცოფული კერიდან ღვარცოფის ფორმირების პროგნოზირების მიზნით დადგენილია დაგროვებული მასის მოწყვეტის დროს ზედაპირის დაწვევის ხანგრძლივობა;
2. შემოთავაზებულია ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოფის წყალსადინარში მოძრაობის დროს მისი ძირითადი ჰიდრაულიკური პარამეტრების დადგენის მეთოდიკა;
3. ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოფის წყალ-

სადინარში მოძრაობისათვის შემუშავებულია სივრცეზე დანაკარგების საანგარიშო მეთოდიკა;

4. შემოთავაზებულია ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოფის ნარიყის კონუსზე განფენის დროს ნაკადის ძირითადი ჰიდრაულიკური პარამეტრების საანგარიშო მოდელი და ნაკადის გაჩერების ადგილის დადგენის მეთოდიკა, რაც იძლევა ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობების ეფექტურად განთავსების საშუალებას.

ლიტერატურა

1. **Беручашвили Г.М., Кокоришвили В.И.** Некоторые результаты исследования селевых потоков. //Труды КазНИИГМИ "Вопросы изучения селей", 1969, вып. 33, с. 41-62.
2. **Виноградов Ю.Б.** Некоторые вопросы формирования селевых потоков и методика их расчета. //Труды КазНИИГМИ "Вопросы изучения селей", 1969, вып. 33, с. 5-29.
3. **Виноградов Ю.Б.** Этюды о селевых потоках. Л., Гидрометеоздат, 1980, 144 с.
4. **Гагошидзе М.С.** Селевые явления и борьба с ними. Тбилиси, "Сабчота Сакартвело", 1970, 383 с.
5. **Григолян С.С.** Новый закон трения и механизм крупномасштабных горных обвалов и оползней. //Доклады АН СССР, 1979, т. 244, №1, с. 846-849.
6. **Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И.** Движение селей и их взаимодействие с сооружениями. Тбилиси, 2001, 148 с.
7. **Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И.** Определение длительности понижения уровня селевых отложений в эрозионном врезе и среднего расхода селея в водотоке. //Жур. "Экологические системы и приборы", М., 3, 2010, с. 9-11.
8. **Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И.** Параметры гиперконцентрированной селевой массы сорвавшейся с эрозионного вреза. //Жур. "Экологические системы и приборы", М., №8, 2009, с. 40-41.
9. **Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И., Дадвани К.З.** Потери напора в гиперконцентрированных наносами селевых потоках при абстрактно равномерном режиме движения. //Сб. Научных трудов Института водного хозяйства Грузии. №65, 2010, Тбилиси, с. 191-192.
10. **Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И.** Расширение связного селевого потока на конусе выноса. //Жур. "Метеорология и гидрология", М., №7, 2006, с. 97-100.
11. **Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И.** Основы динамики селей. АН Грузии. Институт водного хозяйства. Тбилиси, 2007, 213 с.
12. **Штеренлихт Д.В.** Гидравлика. Энергоатомиздат. Москва, 1984, 639 с.
13. **Hirano M., Harada T., Banihabib M., and Kawahara K.** Estimation of hazard area due to debris flow. /In: Proc. of First Int. Conf. "Debris-Flow Hazard Mitigation", San Francisco, ASCE, 1997, pp. 697-706.
14. **Takahashi T.** Initiation various types of debris flow. Proceeding of the second international conference on debris flow. //Taipei (Taiwan) 16-18 August, 2000, p.p. 15-25.
15. **Jakob M., Rungz O., and Thomson B.** Two debris flows with anomalously high magnitude. //In Proc. of First Int. Conf. "Debris-Flow Hazard Mitigation", San Francisco, ASCE, 1997, pp. 382-394.

მთისა და მთისწინა ფართობების ნიადაგმშენებლობა-წვეთური
მორწყვის სრულყოფის პერსპექტივა

გივი ომსარაშვილი,¹ აჩიკო სახვაძე,¹ გიორგი ომსარაშვილი,² ლევან სახვაძე¹

Email: giomsarashvili@mail.ru

¹ საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი

დავით აღმაშენებლის მე-13 კმ, ქ. თბილისი, საქართველო

² საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

ბოლო პერიოდში გავრცელებულმა მიწისქვეშა წვეთური მორწყვის მეთოდმა გამოავლინა მისი ზოგიერთი უარყოფითი მხარე, რაც ნაწილობრივ მცენარის ფესვთა სისტემის სისქეში ზედმეტი რაოდენობის წყლის დაგროვებით არის შესაძლებელი. აღნიშნული მოვლენა მკვეთრად აუარესებს ნიადაგის წყალ-ჰაეროვან რეჟიმს და მცენარის ფიზიოლოგიურ პროცესებს, რაც ამ მეთოდის ტექნიკური სისტემის და მცენარეზე წყლის უშუალო მიწოდების მეთოდის სრულყოფას საჭიროებს. ასეთ შემთხვევას ადგილი შეიძლება ჰქონდეს დიდქანობიან

უბნებზე სისტემის მოწყობის დროს, სადაც ხვრეტებიდან წყლის არათანაბარ გამოდინებას აქვს ადგილი. ტექნიკური ხარვეზის აღმოფხვრის მიზნით შემოთავაზებული სქემის მიხედვით განმანაწილებელი მილსადენის სათავეში დამონტაჟებულია აპარატი, რომელიც ახშობს წნევებს აღნიშნულ წერტილში. გამოცდის შედეგებმა აჩვენა, რომ აპარატის მეშვეობით მორწყვის პროცესში შესაძლებელია, როგორც წყლის თანაბარი მიწოდება სარწყავ ფართობზე, ასევე გამოირიცხოს წყლის ზედმეტი დანაკარგები სისტემიდან.

პირითაღი ნაწილი

კვლევის ობიექტი. ნიადაგქვეშა-წვეთური მორწყვის სისტემა და მრავალწლიანი ვახის კულტურა.

ნიადაგქვეშა წვეთური მორწყვის მეთოდის გამოყენებისას მიწის ზედაპირიდან გარკვეულ სიღრმეზე ჩაწყობილ მილსადენებზე მოწყობილი ხვრეტებით წყალი წნევით შეიწოვება ნიადაგში. ამ დროს მილსადენის ირგვლივ წარმოიქმნება გატენიანებული ზონა, სადაც წყლის მოძრაობა ძირითადად ჰიდროსტატიკური დაწნევის მოქმედებით წარმოებს. აღსანიშნავია, რომ მაღალი დაწნევის პირობებში ხდება წყლის დიდი რაოდენობის გადინება ფესვწარმოქმნელი შრის გარეთ, ხოლო უდაწნეო რეჟიმის შემთხვევაში შესაძლებელია მოსახნავი ჰორიზონტის არასაკმარისად გატენიანება. ზემოაღნიშნუ-

ლიდან გამომდინარე, მცენარის ტენით ოპტიმალურად უზრუნველყოფა წვეთური მორწყვის სისტემების ტექნიკური სრულყოფის გზით შეიძლება იქნეს მიღწეული.

ბუნებრივია, ყველაზე ოპტიმალურ შემთხვევას მაშინ ექნება ადგილი, როდესაც წყლის ცალკეული პორცია მცენარის ზრდაგანვითარების პროცესში შეესაბამება მის აუცილებელ წყალმოთხოვნილებას. წყლის ასეთი მიწოდება ბუნებრივი ავტომატიზაციის პოტენციალური შესაძლებლობების გამოყენებით შეიძლება იქნეს მიღწეული [1].

განსაკუთრებით დიდ ყურადღებას იმსახურებს ზემოთ აღნიშნული სქემის გამოყენება მთიან რაიონებში, სადაც მელიორაციის საშუალებები ნაკლებად ეფექტურია ეროზიული მოვლენების მიმართ. არსებული სხვა

**მთისა და მთისწინა ფართობების ნიადაგქვეშა-წვეთური
მორწყვის სრულყოფის პერსპექტივა**

სქემებისაგან განსხვავებით, მორწყვის ახალი სქემა საშუალებას იძლევა გამოირიცხოს ნიადაგის ცალკეულ აგრეგატებად დაშლის უარყოფითი მოვლენები და ამასთანავე აჩქარებს ნიადაგის გატენიანების პროცესს (ნახ.1).

მიწისქვეშა მორწყვის სისტემის მაგისტრალურ მილსადენსა და განმანაწილებლებში დიდი სიჩქარეებისა და ხარჯების შემთხვევაში შესაძლებელია შთანთქმული წყლის მოცულობა მიწოდებული წყლის მოცულობაზე ნაკლები იყოს, რაც ყოველი კონკრეტული შემთხვევისათვის მოითხოვს ისეთი ხარჯების ფართობებზე მიწოდებას, რომელიც რწყვის ფაქტიური ნორმის შესაბამისი იქნება. დიდი ქანობების შემთხვევაში ($i = 0.1 \div 1.0$) მილსადენების ხერცებში შესაძლებელია შეიქმნას არასასურველი პირობები. სახელდობრ, წყლის არათანაბარი გამოდინება ხერცებიდან და ნიადაგის აქტიურ შრეში წყალ-ჰაერის რეჟიმის დაუბალანსებელი პროცესი. სწორედ ასეთი უარყოფითი პროცესების აღმოფხვრას ემსახურება განმანაწილებლების სათავეში მოწყობილი (დამონტაჟებული) წნევის მარეგულირებელი აპარატი [2, 5]. მათი განლაგების სქემა მოცემულია ნახ.1-ზე.

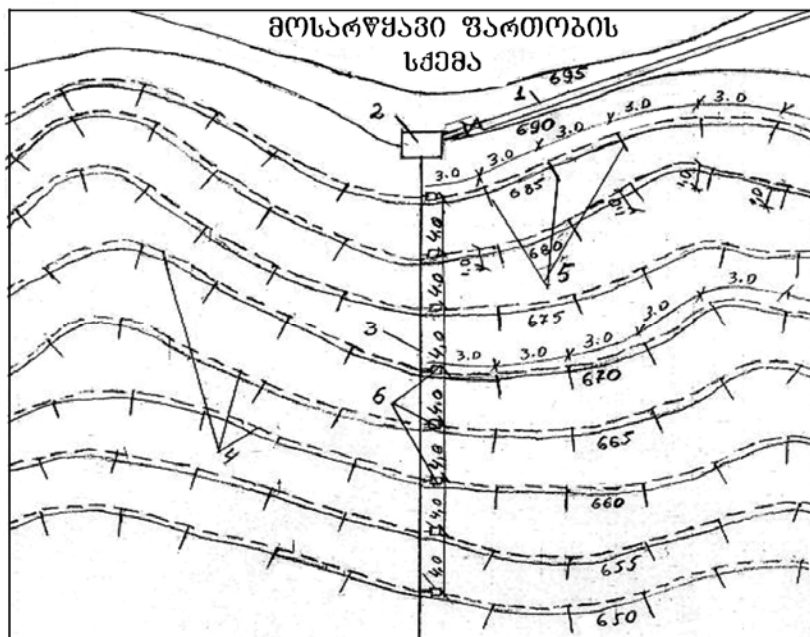
შემოთავაზებული აპარატის საშუალებით შესაძლებელია წნევების 5-დან 0.03 ატმო-

სფერომდე რეგულირება და სისტემის შეუფერხებელი მუშაობა, აგრეთვე წყლის თანაბარი მიწოდება ქსელში.

მოცემული სქემის მიხედვით (ნახ. 1) სარწყავ სისტემაზე გაფილტრული წყლის მიწოდება სარწყავი უბნის სათავეში დამონტაჟებული რეზერვუარით ხდება, რასაც წყლის ენერჯის საშუალებით მასში დამონტაჟებული ავტომატური დანადგარი უზრუნველყოფს [5].

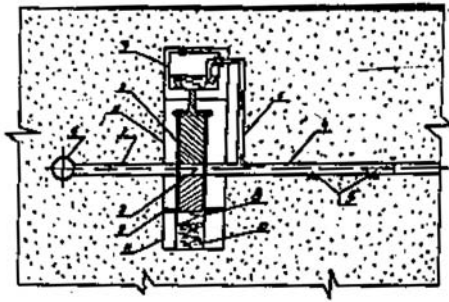
წნევის მარეგულირებელი (ჩამქრობი) აპარატის მუშაობის პრინციპი შემდეგია (ნახ.2).

დანადგარი (აპარატი) წყალს იღებს მაგისტრალური მილსადენით (1), საიდანაც წყალი მიეწოდება საუბნო (2) მილსადენს (განმანაწილებელს). აპარატის დგუშში (3) გავლის შემდეგ წყალი მიეწოდება ნიადაგის მკვებავ (4) მილსადენს. როდესაც მკვებავი მილი მთელ სიგრძეზე შეივსება წყლით მიკრომილით (6) ნიადაგისათვის ზედმეტი წყალი გროვდება მოცულობით ჭურჭელში (ავზში) (7); შესაბამისად, ამ უკანასკნელის წონა მოიმატებს და როდესაც იგი გადაატარებს დგუშის (3) ხახუნისა და ზამბარის (8) წინაღობას, მკვებავ მილსადენს წყალს აღარ მიაწოდებს ვიდრე მასში წნევა არ დაეცემა მინიმუმამდე.

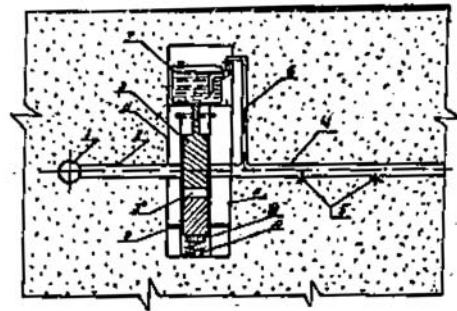


ნახ. 1. ვაზის კულტურისათვის ნიადაგქვეშა-წვეთური მორწყვის სისტემის სქემა
1. მკვებავი მაგისტრალი; 2. რეზერვუარი; 3. მაგისტრალური მილი; 4. განმანაწილებელი მილსადენი; 5. ნიადაგის მკვებავი მილი; 6. წნევის მარეგულირებელი (ჩამქრობი) აპარატი.

ა) ბალუნის მომენტი

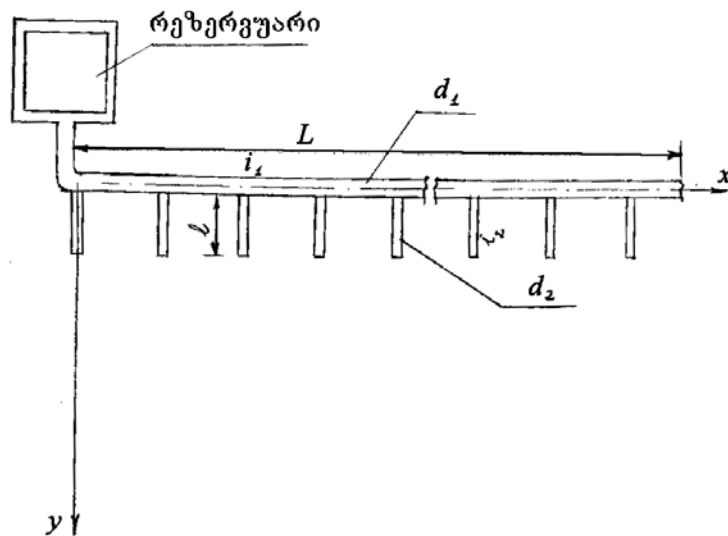


ბ) ღაკპტვისის მომენტი



ნახ. 2. წნევის მარეგულირებელი (ჩამქრობი) აპარატი

1. მაგისტრალური მილი; 2. მიმყვანი განმანაწილებელი; 3. დგუში; 4. განმანაწილებელი-მკვებავი მილი; 5. ხვრეტები; 6. პოლიეთილენის მილაკი; 7. მოცულობითი ჭურჭელი; 8. ზამბარა; 9. ელასტიური კბილანა; 10. კორპუსი



ნახ. 3. ნიადაგქვეშა-წვეთური მორწყვის წყალსადინართა საანგარიშო ჰიდრაულიკური სქემა

წნევის დაცემის შემდეგ მოცულობითი ჭურჭლიდან (7) მილაკის (6) საშუალებით წყალს გაიწოვს ნიადაგის მკვებავი მილსადენი (4). ავზის მთლიანად დაცლისას შეკუმშულ მდგომარეობაში მყოფი ზამბარა, მიაწვება დგუშს (3) და აამოძრავებს ქვემო-დან ზემოთ ე.ი. გაიხსნება საკეტი და დაიწყება ხელახალი პროცესი.

როდესაც წნევითა ვარდნის სიდიდე აღემატება 5 ატმოსფეროს, აუცილებელია მაგისტრალური მილსადენის დიამეტრის, წნევის ჩამქრობი აპარატისა და მკვებავი რეზერვუარის გაბარიტული ზომების გაზრდა. მოსარწყავ ფართობზე წყლის თანაბარი მიწოდების უზრუნველსაყოფად ჩატარებული ექსპერიმენტული და თეორიული კვლევების საფუძველზე შემოთავაზებულ იქნა ნიადაგქვე-

შა-წვეთური მორწყვის წყალსადინართა ჰიდრაულიკური გაანგარიშების მეთოდიკა [3, 4].

საანგარიშო ჰიდრაულიკური სქემა მოცემულია ნახ. 3-ზე.

განმანაწილებელ მილსადენში წნევის ცვალებადობის სიდიდე შესაძლებელია განისაზღვროს შემდეგი გამოსახულებით [4].

$$P_1(x) = \rho g H_0 + \rho \mu_1^2 \cdot \frac{q^2}{\omega_1^2} [L^2 - (L-x)^2] - \lambda_1 \rho \frac{\mu_1^2 q^2}{6d_1 \omega_1^2} [L^3 - (L-x)^3] \quad (1)$$

სადაც: d_1, ω_1, λ_1 და L გამანაწილებელი მილსადენის დიამეტრი, განივკვეთის ფართობი, ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტი და სიგრძეა;

μ_1 – პერფორაციის ხვრეტებიდან გამოდინებისას ხარჯის კოეფიციენტი;

q – პერფორაციის ხვრეტებიდან გამოდინებული ხარჯის სიდიდე;

x – გრძივი კოორდინატა;

ρ – წყლის სიმკვრივე;

H_0 – დაწნევა განმანაწილებლის საწყის კვეთში;

g – სიმძიმის ძალის აჩქარება.

შემოთავაზებული საანგარიშო დამოკიდებულებით შესაძლებელია დამყარდეს კავშირი საწყის წნევასა, სისტემის მილსადენების სიგრძეებს, დიამეტრებს და გრუნტის ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებლებს შორის.

ჩატარებული კვლევებით, ვაზის მიწისქვეშა-წვეთური მორწყვის შემთხვევაში ყველაზე ეფექტური გატენიანება შეიმჩნევა, როდესაც $H_0 = 0.5 \div 0.8$ მ მიმე და საშუალო შედგენილობის ნიადაგებში, პერფორაციის ფართობი $F = 0.05 \div 0.07$ სმ²/მ-ია. ხოლო დიამეტრი 1.5 მმ.

კვლევებმა აჩვენა აგრეთვე, რომ მორწყვის აღნიშნული მეთოდის გამოყენება, ზედაპირულ მორწყვასთან შედარებით გაცილებით ეფექტურია და მოსავლიანობა 30-35%-ით იზრდება.

განვიხილოთ განმანაწილებელ მილსა-

დენში $P_1(x)$ წნევის ცვალებადობის კონკრეტული შემთხვევა შემდეგი მონაცემების მიხედვით:

$L = 60$ მ (მისი სიგრძე შეიძლება იცვლებოდეს 100-დან 500 მ-მდე); $d_1 = 0.025$ მ; $\mu_1 = 0.65$; l – ნიადაგის მკვებავი მილი; ჩვენ შემთხვევაში $l = 1.0$ მ; $d_2 = 0.010$ მ; $i_1 \approx 0$, $i_2 \approx 0$, (პრაქტიკულად, განმანაწილებელი მილსადენის ქანობი შეიძლება მივიღოთ: $i = 0.00013 \div 0.00035$); H_0 – იცვლება 0.5 მ; 1.0 მ; 1.5 მ.

q ხარჯი განმანაწილებელში შეგვიძლია გამოვითვალოთ შემდეგი დამოკიდებულებით [5].

$$q = H_0 \cdot 2\pi k r n \quad (2)$$

სადაც: H_0 – დაწნევა განმანაწილებლის სათავეში; k – ფილტრაციის კოეფიციენტი; r – პერფორაციის ხვრეტის სიდიდე; $n = 1$ – პერფორაციის სიმკვრივე.

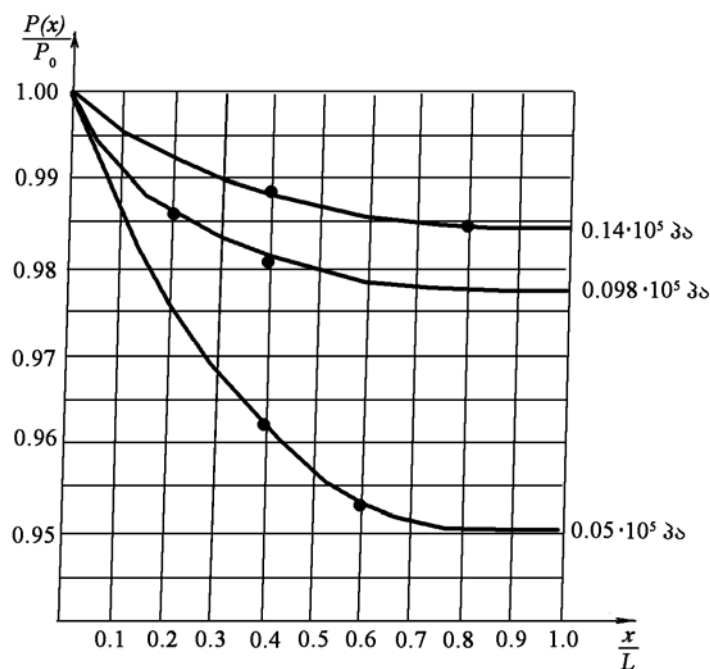
მაგალითად, როდესაც $H_0 = 1.0$ მ;

$k \approx 10^{-5}$ მ/წმ; $r = 1.5 \cdot 10^{-3}$; $n = 1$ ხარჯის სიდიდე ტოლი იქნება:

$$q = 1 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 10^{-5} \cdot 1.5 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \approx 10^{-7} \text{ მ}^3/\text{წმ}.$$

ნახ. 4-ზე მოყვანილია $\frac{P_1(x)}{\rho g H_0}$ და $\frac{x}{L}$

დამოკიდებულების გრაფიკები.



ნახ. 4. წნევის ცვალებადობის გრაფიკი განმანაწილებლის გასწვრივ $P_1(x)/\rho g H_0$ და x/L დამოკიდებულების გრაფიკები

გრაფიკებიდან ნათლად ჩანს, რომ ჰიდროდინამიკური წნევის დანაკარგები განმანაწილებლის სიგრძეზე წყლის მოძრაობის და-

ბალი სიჩქარის შემთხვევაში უმნიშვნელოა და შეიძლება $\rho g H_0$ -ის ტოლი მივიღოთ.

დასკვნები

1. ნიადაგქვეშა-წვეთური მორწყვის დროს ეფექტურ გატენიანებას მძიმე თიხნარებში ადგილი აქვს იმ შემთხვევაში, როდესაც მილსადენის ხარჯის ინტენსივობა შეადგენს $q = (1 \div 4)$ ლ/სთ და დაწნევა $H_0 = 0.5 \div 0.8$ ზღვრებშია მოთავსებული
2. განმანაწილებლის სათავეში დამონტაჟებული ავტომატური აპარატით შესაძლე-

- ბელია, როგორც წყლის ხარჯის, ასევე წნევების რეგულირება;
3. ნიადაგქვეშა-წვეთური მორწყვის დროს ეროზიული პროცესები მინიმუმამდეა დაყვანილი, მოსავლიანობა ზედაპირული მორწყვის მეთოდთან შედარებით ორჯერ იზრდება, ხოლო წყლის დანაკარგები მცირდება 2.5–3.ჯერ.

ლიტერატურა

1. **Марков В.Г.** Орошение, М. Колос, 1979, 303 с.
2. **მელიორატორის ცნობარი**, „საბჭოთა საქართველო“, თბილისი, 1986, 335 გვ.
3. **Кухалашвили Э.Г., Омсараშვილი Г.Г., Сахვაдзе А.Л., Кикабидзе М.Н.** „Гидравлический расчет водоводов подпочвенно-капельного орошения. //Сборник научных трудов Института водного хозяйства Грузии, №63, Тбилиси, 2007, с. 154-157.
4. **Кухалашвили Э.Г., Омсараშვილი Г.Г., Сахვაдзе А.Л., Лория М.Д.** Определение расстояния между распределителями подпочвенно-капельного орошения. //Известия Аграрной науки, Том 7, №1, 2009, с.77-80.
5. **Омсараშვილი Г.Г.** Гидравлика водоводов подпочвенно-капельного орошения. //Автореферат кандидатской диссертации, Тбилиси, 1987, 21 с.

**შპს-საქართველოს ეროვნული საწინააღმდეგო არხის მოწყობის
ახალი ტექნოლოგია და არხისმჭრელი**

ვახტანგ სამხარაძე, თორნიკე ჯანელიძე
Email: vsamxaradze@mail.ru

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

შესავალი

წყლისმიერ ეროზიას ადგილი აქვს უპირატესად მთის და მთისწინა რეგიონებში. დადგენილია რომ 10-20 გრადუსიანი ქანობის ფერდობიდან წელიწადში ჩამორეცხება 200-300 ტ/ჰა [1] ნიადაგი. ამასთან, ქანობისა და წვიმების ინტენსივობის ზრდისას მატულობს ჩამორეცხილი ჰუმუსოვანი ნიადაგის რაოდენობა. ანალოგიურ შედეგს იძლევა არასწორად ჩატარებული მელიორაციული ხასიათის ღონისძიებები, კერძოდ, რწყვის წესებისა და

ტექნოლოგიის დაუცველობისას ფართობების მორწყვის დროს, ადგილი აქვს ნიადაგის გაძლიერებულ ჩამორეცხვას. ეროზიის შესამცირებლად საჭიროა წყლის ნაკადის ენერჯის ჩახშობა, იმ დონემდე, რომ ადგილი არ ჰქონდეს ნიადაგის ჩარეცხვას, ამ პრობლემის გადასაწყვეტად საჭიროა ახალი ტექნოლოგიისა და შესატყვისი არხის მჭრელი მოწყობილობის დამუშავება.

პირითაღი ნაწილი

წყლისმიერი ეროზია მდგომარეობს ფართობის ზედაპირზე ჩამონადენი წყლის ნაკადის მიერ ნიადაგის ზედაპირული ფენის ნაწილაკების ჩამორეცხვაში, რაც განსაკუთრებული ინტენსივობით მიმდინარეობს მთისწინა ნაწილში. ამასთან, წვიმების ინტენსივობის ზრდისას ფერდობზე მატულობს ჩამორეცხილი ჰუმუსოვანი ნიადაგის რაოდენობა. ასეთივე შედეგს იძლევა არასწორი მელიორაცია. სპეციალური ტექნოლოგიით დამუშავებული ნიადაგები ბევრად ამცირებს წყლისმიერ ეროზიულ პროცესებს [2].

წყლისმიერი ეროზია ძლიერდება მანამ, სანამ მცენარე ან ბალახი იწყებს აღმოცენებას. გაზაფხულზე, როცა იწყება ნიადაგის დამუშავება, ადგილი აქვს ატმოსფერული ნალექების, ნიაღვრისებური წვიმების მატებას და შესაბამისად იზრდება ინტენსიური ეროზიის საფრთხე. ამის თავიდან ასაცილებლად ერთ-ერთ ღონისძიებად ითვლება ნიადაგის დამუშავება სპეციალური ტექნოლოგიით. იგი ისე უნდა განხორციელდეს,

რომ გაიზარდოს წინააღმდეგობა ჩარეცხვისადმი, შემცირდეს წყლის ნაკადის სიჩქარე და გაძლიერდეს მისი ენერჯის დახშობა. ინტენსიური წვიმების შესაკავებლად საჭიროა გამოყენებული იქნეს შემდეგი ტექნოლოგიები და ნიადაგდამამუშავებელი მექანიზმები: ნიადაგის ხვნა გამაფხვიერებლებით, ბრტყელსაჭრელი გუთნებით, ფრთამოხსნილ გუთნებით ბელტის გადაბრუნების გარეშე. საფეხურიანი ხვნით, დისკოებიანი კულტივატორებით, ვერტიკალური ნაპრალსაჭრელებით მასში მოწყობილი ბუნკერით, ნაპრალში ჩასაყრელად სპეციალური მულჩირების აგრეგატის გამოყენება და სხვა [3].

აღნიშნული გათვლილია ზედაპირული წყლების შესაკავებლად ფერდობზე, წყლის ნაკადის სიჩქარის შესამცირებლად, რაც ხელს შეუწყობს ფერდობზე ჰუმუსოვანი ფენის შენარჩუნებას და სოფლის მეურნეობის კულტურების წარმოების ზრდას. ზემოთ ჩამოთვლილი მექანიზმები ზედაპირული წყლის ნაკადის სიძლიერის

დასახშობად გაჭრილი არხები ფორმირდება თხრით, რის შედეგადაც არხის კედლები და ძირი იჭრება ნახლენებით. ერთი ინტენსიური წვიმის ნაკადის გავლის შემდეგ არხი იშლება და ვეღარ ასრულებს თავის დანიშნულებას.

არსებული მდგომარეობა გვეარნახობს, ფერდობზე ზედაპირული წყლის ნაკადის დამხშობი არხისმჭრელის ახალი ტექნოლოგიისა და მექანიზმების ძიების აუცილებლობას [4, 5].

არსებული თეორიული მასალების და მექანიზმების კვლევის ანალიზის საფუძველზე შერჩეული იქნა არხის მოწყობის ახალი ტექნოლოგია – ჭრა და ტკეპნა, რითაც თავიდან იქნება აცილებული გუთნისებური არხისმჭრელების უარყოფითი მხარეები.

რეკომენდებული ტექნოლოგიისა და მექანიზმების შერჩევას წინ უძღოდა შემდეგი თეორიული მასალების შესწავლა: გრუნტის სინესტისა და მუშა ორგანოს ჭრის კუთხის გავლენა არხისმჭრელის ფორმირების პროცესზე, არხისმჭრელის პარამეტრების შერჩევა, არხისმჭრელის გადაადგილების ოპტიმალური სიჩქარის დადგენა.

აღნიშნული საკითხის გადასაწყვეტად საქართველოს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში დამუშავდა საგორი ტიპის მუშა ორგანო, რომელიც გამოირჩევა კონსტრუქციის სიმარტივით, მაღალი მწარმოებლობით, ექსპლუატაციაში მდგრადობითა და დაბალი ღირებულებით. ასეთი არხისმჭრელი საშუალებას მოგვცემს ნაწილობრივ მაინც ავიცილოთ თავიდან აღნიშნული სიძნელებები.

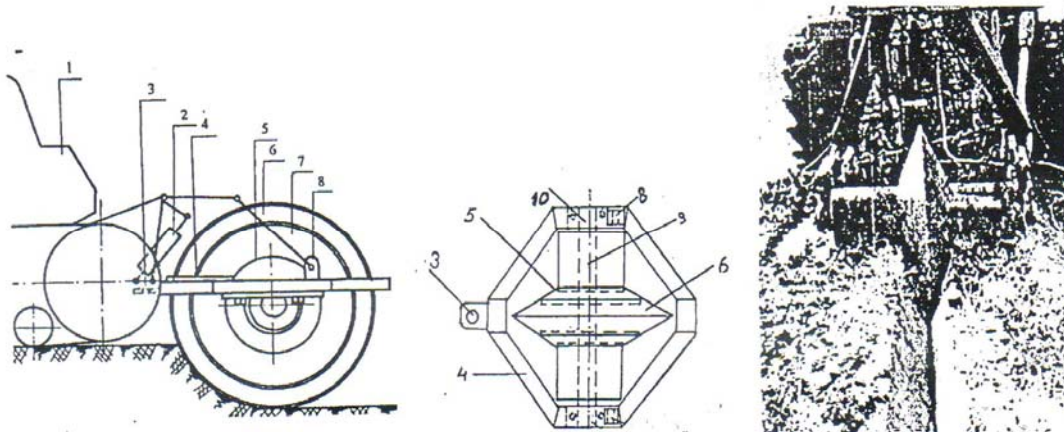
შემოთავაზებული არხისმჭრელის კონსტრუქცია წარმოადგენს კონიური ტიპის საგორ მუშა ორგანოს, რომელიც ღერძის

საშუალებით ჩასმულია შეველერებისაგან შეკრულ ჩარჩოში. იგი შედგება ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად მბრუნავი ორი შემადგენელი დისკოსგან, ორი კონიური გვერდითი საგორისგან და მუშა ორგანოზე დამაგრებული გრუნტის მწმენდებისაგან. იგი იკიდება მე-3 კლასის ტრაქტორის ჰიდრაულიკურ საკიდ მოწყობილობაზე. ჰიდრაულიკური სისტემის დაწოლითა და საკუთარი სიმძიმით იგი ჩაღრმავდება გრუნტში და ტრაქტორის გადაადგილებით უკან დატოვებს სამკუთხედის კვეთის ფორმის ჩატკეპნილ არხს [6÷8].

არხისმჭრელი აგრეგატირდება ტრაქტორის (1) საკიდ მოწყობილობაზე (3). როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, არხისმჭრელი (6) ჩასმულია შეველერებით შეკრულ ჩარჩოში (5), ჩარჩოს ჩასაბმელი თითის საშუალებით უერთდება ტრაქტორის მისაბმელ ღერძს (2). საკიდი მოწყობილობის ვერტიკალური წევები (7) თითების საშუალებით უერთდება ჩარჩოზე დამაგრებულ საყურეებს (8).

არხისმჭრელის ტექნიკური მანვენებლები:

1. არხისმჭრელი აგრეგატირდება მე-3 კლასის ტრაქტორის საკიდ მოწყობილობაზე;
2. სამკუთხედოვანი კვეთი: არხის ზომები სიგანე ზედაპირზე - - - - - 450მმ
სიღმე - - - - - 450მმ
3. სამუშაო სიჩქარე - - - - - 3,5 კმ/სთ;
4. მწარმოებლობა, -- - - - - 4 კმ/სთ;
5. კონიური დისკის დიამეტრი - - 1200მმ;
6. გვერდითი საგორების დიამეტრი – 300, 400 მმ;
7. მუშა ორგანოს წონა- - - - - 1200კგ;
8. მომსახურე პერსონალი (ტრაქტორისტი)- 1.



ნახ. 1. საგორი არხისმჭრელი

**ფერდობზე ეროზიის საწინააღმდეგო არხის მოწყობის
ახალი ტექნოლოგია და არხისმჭრელი**

ფერდობის კალთებზე ეროზიის შესამცირებლად ქანობის მართობული

მიმართულებით, ჭრითა და ტკეპნით იჭრება ინტენსიური წვიმებით გამოწვეული ზედაპირული წყლის დინების ენერჯის დამსშობი არხები, რითაც მცირდება ნიადაგის

ჩამორეცხვის პროცესი. აღსანიშნავია, რომ ჭრითა და ტკეპნით გაჭრილი არხი მდგრადია და არხის ჭრის სხვა ტექნოლოგიურ პროცესებთან შედარებით შეუძლია მთელი წლის განმავლობაში იფუნქციონიროს სამუშაო რეჟიმით.

დასკვნები

1. განხორციელებული თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები იძლევიან საფუძველს, დავასკვნათ, რომ ფერდობზე ინტენსიური წვიმების დროს ადგილი აქვს წყლის ნაკადის ზრდას, რაც აძლიერებს ეროზიულ პროცესს.
2. ზედაპირული წყლის ნაკადის სიძლიერის დასახშობად ფერდობისადმი მართობული მიმართულებით გუთნისებური არხისმჭრელებით იჭრება არხები.
3. გაჭრილ არხებს კედლებზე და ძირზე აქვს ნახლენები, რაც იწვევს ეროზიული პროცესების გაძლიერებას, არის არამდგრადი და მალე იშლება.
4. აქტიური მუშა ორგანოების გამოყენება

- იმავე დანიშნულებით არახელსაყრელია, მათ ახასიათებს: დაბალი წარმადობა და კონსტრუქციული სირთულეები;
5. შემოთავაზებული საგორი არხისმჭრელით გაჭრილი არხი, რომელიც არხს აყალიბებს ახალი ტექნოლოგიით, ჭრითა და ტკეპნით, მდგრადია, კედლები და ძირი აქვს ნახლენების გარეშე და მთელი წლის განმავლობაში შეუძლია შეასრულოს თავისი ფუნქცია – მიიღოს ზედაპირული წყლის ნაკადი და დაახშოს მისი გამრეცხი ძალა;
 6. არხისმჭრელი მარტივი კონსტრუქციისაა და აქვს მაღალი წარმადობა.

ლიტერატურა

1. **Мирцхулава Ц.Е.** Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. М., Колос, 1970.
2. **Котлярова О.Г.** Ступенчатая вспашка на склонах. //ВНИИ механизации работ по защите почв от водной эрозии. М., Колос, 1999, с. 183-189.
3. **Вагина Я.Т.** Механизация защиты почв от водной эрозии. Ленинград, Колос, 1987.
4. **Самхарадзе В.И.** вопросы гидромелиорации в Грузии. //СБ. научн. тр. Тбилиси, 1987.
5. **ურუშაძე თ.** აგროეკოლოგია, თბილისი, 2001

6. **Самхарадзе В.И.** Лабораторные исследования моделей катковых каналорезов разной конструкции. //Жур. "Экологические системы и приборы", №8, М., 2004.
7. **სამხარაძე ვ.** დაჭაობებულ ადგილებში არხის გამჭრელი მოწყობილობა. პატენტი U 579, 1999.
8. **Самхарадзе В.И.** Исследование механизмов и технологии нарезки каналов. //Жур. "Экологические системы и приборы", М., 5, 2004.

ტერიტორიების ეკოლოგიური რისკის შეფასება

ლიანა ფურცელაძე
Email: L.Furceladze@mail.ru

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

შესავალი

ბუნებრივი გარემო, სამოქალაქო, სასოფლო-სამეურნეო და სხვა დანიშნულების ტერიტორიები თანამედროვე ინდუსტრიული განვითარების ეპოქაში მეტ-ნაკლებად ექვემდებარება ამა თუ იმ სახის ტექნოგენური ფაქტორებით გამოწვეულ არახელსაყრელ ზემოქმედებას, რომელთა შესაფასებლადაც შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს მათემატიკური სტატისტიკის, საიმედოობის, რისკი-

სა და სხვა არსებული თეორიები. ეკოლოგიური და ეკონომიკური შეფასებისადმი ტექნოგენური ტერიტორიის ექსპლუატაციის ხანგრძლივობის შეფასებისადმი არაკვალიფიცირებულმა დამოკიდებულებამ შეიძლება გამოიწვიოს მისი ნაადრევად წყობიდან გამოსვლა, ავარიები, კატასტროფები და ეკოლოგიური უწესიერებები რთული და ზოგჯერ კი ურთულესი შედეგებითაც.

ძირითადი ნაწილი

საფრთხე, რომელიც ემუქრება ამა თუ იმ ტერიტორიას, შეიძლება იყოს ბუნებრივი, ტექნოგენური თუ სხვა წარმომავლობის და იგი შემთხვევითი ხასიათის მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული. ცხადია, რომ უსაფრთხოების განმსაზღვრელ მანქანებლებსაც აქვს შემთხვევითი ხასიათი. ამიტომაც ზოგადი სახით მათი უსაფრთხოების მანქანებელი განპირობებულია პირობათა ჯაჭვით.

ჩვეულებრივად, ტერიტორიის შემადგენლობაში შედის ობიექტები, უბნები, ელემენტები, რომლებსაც გააჩნია პასუხისმგებლობის სხვადასხვანაირი ხარისხი, მაგრამ სასურველია მიღებულ იქნეს გაანგარიშების ერთნაირი სქემა, ერთნაირი რისკის ზომა. ამასთან დაკავშირებით ფასდება ყოველი შემადგენელი ელემენტი და დგინდება ამ ტერიტორიისათვის უსაფრთხო ფუნქციონირების საერთო მანქანებელი შესაძლებელი შედეგების გათვალისწინებით ობიექტის წყობიდან გამოსვლისას, ადამიანთა მსხვერპლისას. აუცილებელია მხედველობაში იქნეს მიღებული ტერიტორიის ექსპლუატაციის ვადაც.

რისკის შეფასება წარმოებს შემდეგი

მიმდევრობით: 1. შინაგანი და გარეგანი ფაქტორების გამოვლენა, რომლებიც ზრდის ან ამცირებს კონკრეტულ რისკის ზომას; 2. გამოვლენილი ფაქტორების ანალიზი; 3. რისკის კონკრეტული შეფასება ფინანსურად; 4. ეკონომიკური მიზანშეწონილობის განსაზღვრა (ფინანსური სახსრების ჩადების ეფექტურობა) [6, 5].

ტერიტორიაზე სამშენებლო სამუშაოების განხორციელების შემთხვევაში ორგანიზაციების ქმედებებთან დაკავშირებული რისკის შეფასების შემდგომ დგინდება რისკის დასაშვები დონე და ხორციელდება ცალკეული ოპერაციების ანალიზი რისკის შერჩეული დონის მიხედვით. ანალიზის ბოლოს კი საჭიროა შემუშავდეს რისკის შესამცირებელი ღონისძიებანი, მათი შერჩევითი კანონის შეფასებით – პარამეტრიზაცია. როცა დავადგენთ ტერიტორიის ეკოლოგიური რისკის სიდიდის განაწილების კანონს, შესაძლებელია სათანადო ანალიზის განხორციელებით პრაქტიკულად დასმული ამოცანების ამოხსნა; სახელდობრ, შესაძლებელია პროგნოზირება და მასობრივი პროცესების შედეგთა

შედარება. ა. ეინშტეინი აღნიშნავდა, რომ „თეორიაში არასოდეს არ უნდა შევიზღუდოთ მხოლოდ დაკვირვებებით, სახელდობრ, თეორია განსაზღვრავს რას დავაკვირდეთ“. ტერიტორიებზე ეკოლოგიური რისკის საფრთხეს ექვემდებარება თითქმის ყველა რეგიონი.

სტატისტიკური ხასიათის მასალის არსებობის დროს მოცემულ ტერიტორიებზე ეკოლოგიური რისკის წარმოქმნის სიხშირე V – შეიძლება იქნეს განსაზღვრული შემდეგი გამოსახულებით:

$$V = \frac{n_n}{n_{\Sigma}} \quad (1)$$

სადაც n_n – ფიქსირებული უწყისივრობების შემთხვევათა რიცხვია;

n_{Σ} - ყველა ფიქსირებული და სავარაუდო შემთხვევის საერთო რიცხვი.

ავარიები საერთოდ დისკრეტული ტიპისაა, ისინი განაწილების კანონის მოცემით განისაზღვრება და არა ფუნქციის სახით, მათ შემდეგი ფორმა აქვს [4, 1, 3]:

$$X = \begin{cases} x_1, x_2, \dots, x_n \\ p_1, p_2, \dots, p_n \end{cases} \quad (2)$$

სადაც x_1, x_2, \dots, x_n არის ავარიების შესაძლო რიცხვითი მნიშვნელობები, ხოლო p_1, p_2, \dots, p_n მათი შესაბამისი ალბათობები:

$$p_i = P(X = x_i) \text{ და } \sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad (3)$$

\bar{Q} პარამეტრი იქნება ტერიტორიის ეკოლოგიური რისკის (შესაფასებელი) პარამეტრის შეფასება, თუკი

$$P(|\bar{Q}(x_1, x_2, \dots, x_n) - Q| < \varepsilon) \rightarrow 1 - \text{საკენ,} \quad (4)$$

როცა $n \rightarrow \infty$

ე.ი. ალბათობა იმისა, რომ \bar{Q} სტატისტიკურ შეფასებასა და შესაფასებელ Q პარამეტრს შორის სხვაობის აბსოლუტური მნიშვნელობა ნაკლები იქნება რაგინდ მცირე $\varepsilon > 0$ სიდიდეზე, ახლოს არის ერთთან, როდესაც დაკვირვებათა რიცხვი n საკმაოდ დიდია [1, 2, 5, 4].

ცნობილია, რომ არსებობს გადაადგილებული და გადაუადგილებელი შეფასება: შეფასებას ეწოდება დადებითად გადაადგილებული, თუ მისი მათემატიკური ღოდინი

$$E[Q(x_1, x_2, \dots, x_n)] > Q \quad (5)$$

შეფასებას ეწოდება უარყოფითად გადაადგილებული თუ

$$E[\bar{Q}(x_1, x_2, \dots, x_n)] < Q \quad (6)$$

ხოლო $\bar{Q}(x_1, x_2, \dots, x_n)$ არის Q -ს გადაუადგილებელი შეფასება, თუკი

$$E[\bar{Q}(x_1, x_2, \dots, x_n)] = Q \quad (7)$$

ე.ი. გადაუადგილებელი შეფასების მათემატიკური ღოდინი შესაფასებელი პარამეტრის ტოლია.

ამგვარად, გადაუადგილებელი შეფასების გაბნევის ცენტრი ემთხვევა შესაფასებელი პარამეტრის – ჩვენს შემთხვევაში ტექნოგენური ტერიტორიის ეკოლოგიური რისკის პარამეტრის მნიშვნელობას.

ტერიტორიის ეკოლოგიური რისკის შეფასების შერჩევითი ერთობლიობის შესწავლის შედეგად მიღებული შეფასებანი, ცხადია, მიახლოებითი იქნება, და მიღებულ შეფასებას მხოლოდ მაშინ ექნება გარკვეული აზრი, როდესაც გვეცოდინება შეფასების შესაძლო ცდომილებათა საზღვრები, ან გვეცოდინება ის ინტერვალი, რომლისთვისაც გარკვეული ალბათობით შეგვიძლია ვამტკიცოთ, რომ ის ფარავს შესაფასებელი პარამეტრის – ტერიტორიის ეკოლოგიური რისკის პარამეტრის მუდმივ მნიშვნელობას.

$$P\left\{\alpha < \frac{\bar{x} - a}{\sigma} < \beta\right\} = \quad (8)$$

$$= P\left\{\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \bar{x} - a < \beta \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right\} = \gamma$$

γ ალბათობას „ნდობის ალბათობა“ ეწოდება და მას საჭირო საიმედოობის დონედ წინასწარ ასახელებენ.

პრაქტიკული მიზნებისათვის სავალდებულო არ არის საძიებელი სიდიდის ჭეშმარიტი მნიშვნელობის პოვნა; საჭიროა იმ საზღვრების ცოდნა, რომელთა შიგნით ეს მნიშვნელობა იქნება მოთავსებული. ეს შესაძლებელია სტიუდენტის განაწილების დახმარებით [7].

ცდომილებათა თეორიის ძირითადი დაშვების საფუძველზე შესაძლებელია გაზომვის შედეგად მიღებულ მნიშვნელობათათვის ვუჩვენოთ, რომ დაკვირვებათა რიცხვის

ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის ($n \geq 2$)

$$t = \frac{\bar{x} - a}{S_{\bar{x}}} \quad (9)$$

სიდიდის განაწილების სიმკვრივე იქნება [7]:

$$S(t, k) = C_k \left(1 + \frac{t^2}{k} \right)^{\frac{k+1}{2}}, \quad (10)$$

სადაც C_k დამოკიდებულია მხოლოდ k მუდმივზე, ხოლო $k = n - 1$, (9) ტოლობაში შემავალი $S_{\bar{x}}$ შემდეგნაირად განისაზღვრება:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (11)$$

$S(t, k)$ არის სტიუდენტის განაწილების სიმკვრივე, ხოლო S - შესწორებული საშუალო კვადრატული გადახრა. (10) ტოლობა დაგვეხმარება

$$-t_a < t < t_a$$

უტოლობის აღბათობის ზუსტად განსაზღვრაში, სახელდობრ, თუ დაკვირვებათა რიცხვი $n \geq 2$, როგორც არ უნდა იყოს σ_x , t_a -ს ($t_a > 0$) ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის, ადგილი ექნება შემდეგ ტოლობას:

$$P(-t_a < t < t_a) = \int_{t_a}^{-t_a} S(t, k) dt \quad (12)$$

თუ ამ ტოლობის მარცხენა მხარეს α -თი აღვნიშნავთ და მხედველობაში მივიღებთ, რომ $S(t, k)$ განაწილების სიმკვრივე ლუწი ფუნქციაა, მაშინ დავწერთ:

$$\alpha = P(-t_a < t < t_a) = 2 \int_0^{-t_a} S(t, k) dt \quad (13)$$

თუ გავიხსენებთ t -ს მნიშვნელობას, შევიძლია დავწერთ:

$$-t_a S_{\bar{x}} < \bar{x} - a < t_a S_{\bar{x}}.$$

ამგვარად, (13) ტოლობის ანალოგიურად გვექნება:

$$P(\bar{x} - t_a S_{\bar{x}} < a < \bar{x} + t_a S_{\bar{x}}) = 2 \int_0^{t_a} S(t, k) dt \quad (14)$$

როგორც (10) ტოლობიდან ჩანს, სტიუდენტის განაწილება მხოლოდ t და k -ზეა დამოკიდებული, ამიტომ, როდესაც α აღბათობაა მოცემული, მაშინ, (13) ტოლობით ყოველთვის ვიპოვით t_a -ს ისეთ დადებით

მნიშვნელობას, რომელიც დამოკიდებული იქნება მხოლოდ α და n -ზე, მაშასადამე, თუ შემოვიღებთ აღნიშვნას

$$\varepsilon = t_a S_{\bar{x}}, \quad (15)$$

მაშინ (14) ტოლობის ძალით გვექნება:

$$P(\bar{x} - \varepsilon < a < \bar{x} + \varepsilon) = \alpha, \quad (16)$$

სადაც ε დამოკიდებული იქნება n , x და x_i სიდიდეებზე (ეს უკანასკნელები ε -ში შედის $S_{\bar{x}}$ -ის საშუალებით).

მიღებული (16) ტოლობა საშუალებას გვაძლევს ზუსტად შევაფასოთ $\alpha \cong x$ მიახლოებითი ტოლობა.

ზემოთ, ტექნოგენური ტერიტორიის ეკოლოგიური რისკის შეფასების სიდიდის მიახლოებით მნიშვნელოვად გაზომვათა საშუალო არითმეტიკული მივიღეთ იმ დაშვებით, რომ ამ საშუალოს მათემატიკური ლოდინი გასაზომი სიდიდის α ჭეშმარიტი მნიშვნელობის ტოლია. (16) ტოლობა შესაძლებლობას გვაძლევს სხვა გზითაც დავადასტუროთ ასეთი მიახლოებითი ტოლობით სარგებლობის მართებულობა.

სახელდობრ, (16) ტოლობაზე დაყრდნობით შეიძლება ვუჩვენოთ, რომ თითქმის ერთის ტოლი აღბათობით \bar{x} რაგინდ მცირედ იქნება განსხვავებული α -გან, თუკი x_i სიდიდეების მიმართ ადგილი აქვს ჩვენს ძირითად დაშვებას.

როგორც ზემოთ გვექნება, ძირითადი დაშვების შემთხვევაში შეფასების შედეგად მიღებულ სიდიდეებს ერთი და იგივე დისპერსია ექნება და მაშინ S^2 -ის მათემატიკური ლოდინი σ_x^2 -ის ტოლი იქნება:

$$E(S^2) = \sigma_x^2 \quad (17)$$

მართლაც,

$$\begin{aligned} E(S^2) &= E \left[\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1} \right] = \\ &= \frac{1}{n-1} E \left\{ \sum_{i=1}^n [(x_i - a) - (\bar{x} - a)]^2 \right\} = \\ &= \frac{1}{n-1} E \left[\sum_{i=1}^n (x_i - a)^2 - 2 \sum_{i=1}^n (x_i - a)(\bar{x} - a) + \right. \\ &\quad \left. + \sum_{i=1}^n (\bar{x} - a)^2 \right] = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n (x_i - a)^2 - \right. \end{aligned}$$

$$-2 \sum_{i=1}^n E(x_i - a)(\bar{x} - a) + \sum_{i=1}^n E(\bar{x} - a)^2 \Big] =$$

$$= \frac{1}{n-1} \left[n\sigma_x^2 - 2(\bar{x} - a) \sum_{i=1}^n E(x_i - a) + nE(\bar{x} - a)^2 \right]$$

ახლა გამოვთვალოთ აქ შემავალი გამო-
სახელებები:

$$(\bar{x} - a) \sum_{i=1}^n E(x_i - a) = (\bar{x} - a) nE(\bar{x} - a) =$$

$$= nE(\bar{x} - a)^2 \quad (18)$$

$$E(\bar{x} - a)^2 = E\left(\frac{x_1 - a}{n} + \frac{x_2 - a}{n} + \dots + \frac{x_n - a}{n}\right)^2 =$$

$$= \frac{1}{n^2} [E(x_1 - a)^2 + \dots + E(x_n - a)^2] = \frac{n\sigma_x^2}{n^2} = \frac{\sigma_x^2}{n} \quad (19)$$

(19) ტოლობის მნიშვნელობა შევიტანოთ
(18) ტოლობაში, გვექნება:

$$(\bar{x} - a) \sum_{i=1}^n E(x_i - a) = \sigma_x^2 \quad (20)$$

(19) და (20) ტოლობათა მნიშვნელობები
შევიტანოთ $E(S^2)$ -ის გამოსახულებაში,
გვექნება:

$$E(S^2) = \frac{1}{n-1} \left(n\sigma_x^2 - 2n \frac{\sigma_x^2}{n} \right) = \sigma_x^2.$$

ამგვარად, მივიღეთ:

$$E(S^2) = \sigma_x^2, \quad (21)$$

საიდანაც შემდეგი მიახლოებითი ტოლო-
ბის დაწერა შეგვიძლია:

$$S^2 \approx \sigma_x^2. \quad (22)$$

ნაშრომში მოცემულია ტექნოგენური ტე-
რიტორიის ეკოლოგიური რისკის განმარტება
და მისი ექსპლუატაციის ხანგრძლივობის
შეფასების საჭიროება;

მოყვანილია რისკის შეფასების მიმდევ-
რობა;

მოცემულია დისკრეტული ტიპის ეკოლო-
გიური ავარიები და მისი განაწილების კანო-
ნის სახე;

განხილულია ტექნოგენური ტერიტორიის
ეკოლოგიური რისკის შესაფასებელი პარა-

მარტივად შეიძლება იმის ჩვენება, რომ

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_x^2 = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{S}{\sqrt{n}} = 0 \quad (23)$$

ე.ი., როდესაც $n \rightarrow \infty$, გვექნება

$$\varepsilon = t_a S_x^2 \rightarrow 0. \quad (24)$$

ეს კი იმას ნიშნავს, რომ რაც მეტი იქნე-
ბა გაზომვათა რიცხვი, მით უფრო ზუსტი
იქნება $a \approx x$ მიახლოებითი ტოლობის
სიზუსტე.

ტიპური ამოცანის ამოხსნა

ამოცანა – ტერიტორიის ეკოლოგიური
რისკის შესაფასებლად შემოწმებული იქნა
ხუთი ობიექტი. დასადგენია ტერიტორიების
დაზიანების რისკის ხანგრძლივობის საშუა-
ლო მნიშვნელობისა და დისპერსიის გადა-
უადგილებადი შეფასებები, თუ დაკვირვების
შედეგებია 120 თვე; 123 თვე; 121 თვე; 119
თვე; 117 თვე.

ამოხსნა: გენერალური ერთობლიობის
საშუალო მნიშვნელობის გადაუადგილებადი
შეფასება იქნება

$$\bar{X} = \frac{1}{5} (120 + 123 + 121 + 119 + 117) = 120,$$

ხოლო დისპერსიის გადაუადგილებელი
შეფასება გამოითვლება ტოლობით:

$$S^2 = \frac{1}{5} [(120 - 120)^2 + (123 - 120)^2 +$$

$$+ (121 - 120)^2 + (119 - 120)^2 + (117 - 120)^2] =$$

$$= \frac{1}{5} [0^2 + 3^2 + 1^2 + (-1)^2 + (-3)^2] = \frac{20}{5} = 4$$

დასკვნა

მეტრის ძალღებულის შეფასება;

მოყვანილია ტიპური ამოცანა და მისი
ამოხსნა.

განსაზღვრულია სტატისტიკის არსებო-
ბის დროს ზოგიერთი ტექნოგენური ტერი-
ტორიის ეკოლოგიური რისკის დონის წარ-
მოქმნის სიხშირე.

განხილულია ტექნოგენური ტერიტორიის
ეკოლოგიური რისკის ნდობის ინტერვალის
დადგენა სტიუდენტის განაწილების დახმა-
რებით.

ლიტერატურა

1. **ფურცელაძე ლ.** ჰიდრონაგებობების ავარიები და მათი ალბათური პროგნოზირება. //„მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სამეცნიერო რეფერირებული ჟურნალი №1-2, თბილისი, 2009.
2. **Мициулава Ц.Е.** Опасности и риски на некоторых водных и других системах. Виды, анализ, оценка. В 2-х книгах, "Мециереба", Тбилиси, 2003.
3. **ფურცელაძე ლ.დ.** ბუნებრივი გარემოს საფრთხის პროგნოზირება და ავარიის რისკის შეფასება. //საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი. სამეცნიერო შრომათა კრებული №65, თბილისი, 2010 წ.
4. **მანია გ.** – ალბათობის თეორია.
5. **Кузнецов М.С., Глазунов Г.П.** – Эрозия и охрана почв, 1966.
6. **Гавардашвили Г.В., Диаконидзе Р.В., Чаяя Г.Г., Цулукидзе Л.Н., Пирцхалаишвили И.Т.** Исследование русловых процессов реки Арагви от Жинвальской земляной плотины до впадения в реку Куру. //Сборник научных трудов №65, Институт водного хозяйства, Тбилиси, 2010.
7. **Ллойд Д., Липов М.** Надежность, организация исследования, методы, математический аппарат. «Советское радио», Москва, 1964.

**მდინარე რიონის ქ. ფოთის არხით ზღვასთან შესართავ შუანში
ზღვის სანაპირო ზოლის მდგრადობის საკითხები**

იური ქადარია

Email: i.Kadaria@gtu.ge

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
მ. კოსტავას ქ. 77, ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

XX საუკუნის მეორე ნახევრიდან ფართოდ გაშლილმა ჰიდრომშენებლობამ დასავლეთ საქართველოს მდინარეებზე და მათი ჰიდროლოგიური რეჟიმების ხელოვნურად შეცვლამ ძალზე მნიშვნელოვანი ზეგავლენა მოახდინა საქართველოს ფარგლებში შავი ზღვის სანაპირო ზოლის მდგრადობასა და შესართავი უბნების კალაპოტურ პროცესებზე. ეს გავლენა განსაკუთრებით აისახა მდ. რიონზე და მდ. ენგურზე მსხვილი ენერგეტიკული ჰიდროკვანძების აშენების შედეგად. კერძოდ 1939 წელს ქ. ფოთიდან მე-7 კილომეტრზე აშენდა წყალგამყოფი ჰიდროკვანძი, რომლის ძირითად დანიშნულებას წარმოადგენდა აეცილებინა ქალაქისათვის მდ. რიონის წყალდიდობის ხარჯები, რომელიც იწვევდა ქალაქის უმეტესი ნაწილის დატბორვას. წყალდიდობის ძირითადი ხარჯები მიმართულ იქნა ნავსადგურის ჩრდილოეთით დაუსახლებელი ტერიტორიების გავლით და შეუერთდა ზღვას სოფ. ნაბადას განაპირა ტერიტორიებით. ასევე აღნიშნული პერიოდისა და რიონის ზემო ნაწილში რამდენიმე ჰიდროელექტროსადგურის აგებამ პრაქტიკულად შეაჩერა მყარი ნატანის ტრანსპორტირება პლიაქწარმომქნელი დანიშნულებით.

ყოველივე ზემოაღნიშნული გახდა მიზეზი იმისა, რომ დაირღვა ბალანსი მდინარის მყარ ჩამონადენსა და ზღვის პლაქწარმომქმნელ მასალას შორის. ტალღის ზემოქმედე-

ბით დაიწყო სანაპირო ზოლის წარეცხვები, რომელიც ამჟამად გრძელდება. კერძოდ ქ. ფოთის სანაპირო ზოლი დღევანდელი მდგომარეობით წარეცხილია საშუალოდ 0,9 კმ-ის სიგანით, გარდა ჰიდროეკოლოგიური მდგომარეობის გაუარესებისა, მოსახლეობის ნაწილს მოუწია გადასახლება სანაპირო ზოლიდან და ა.შ.

საქართველოს შავი ზღვის სანაპირო ზოლს მნიშვნელოვანი ზიანი მიაყენა აგრეთვე მდინარეთა კალაპოტებისა და ზღვის გაუმართლებელმა ნაპირდაცვითმა ღონისძიებებმა, ინერტული სამშენებლო მასალის ბრაკონიერულმა მოპოვებამ მდინარეთა კალაპოტებიდან და სხვა. ამჟამად ვერაზის სატრანსპორტო დერეფნის, ნავთობგადაზიდვების, სატრანსპორტო მშენებლობისა და ურბანიზაციის ტემპების ინტენსიურ ზრდასთან ერთად მოიმატა შავი ზღვის აკვატორიის კატასტროფული დაბინძურების საფრთხე.

შავი ზღვის სანაპირო ზოლის საქართველოს პერიმეტრის მდგრადობა და ნაპირდაცვითი ღონისძიებების გაუმჯობესება თანამედროვე სამეცნიერო-ტექნიკური მიღწევების გათვალისწინებით მოითხოვს არსებული მოვლენათა გამომწვევი მიზეზების მეცნიერულ შესწავლას და ინჟინრულად გამართული სარეაბილიტაციო ღონისძიებათა დასახვას.

ძირითადი ნაწილი

კოლხეთის დაბლობის შავი ზღვის სანაპირო ზოლის ნატანით მკვებავს წარმოადგენს დასავლეთ საქართველოს მდინარეები,

ძირითადად, მდინარე რიონი, რომელმაც ზღვასთან შესართავი ორი ტოტით შექმნა კუნძული „დიდის“ ფორმირებისათვის

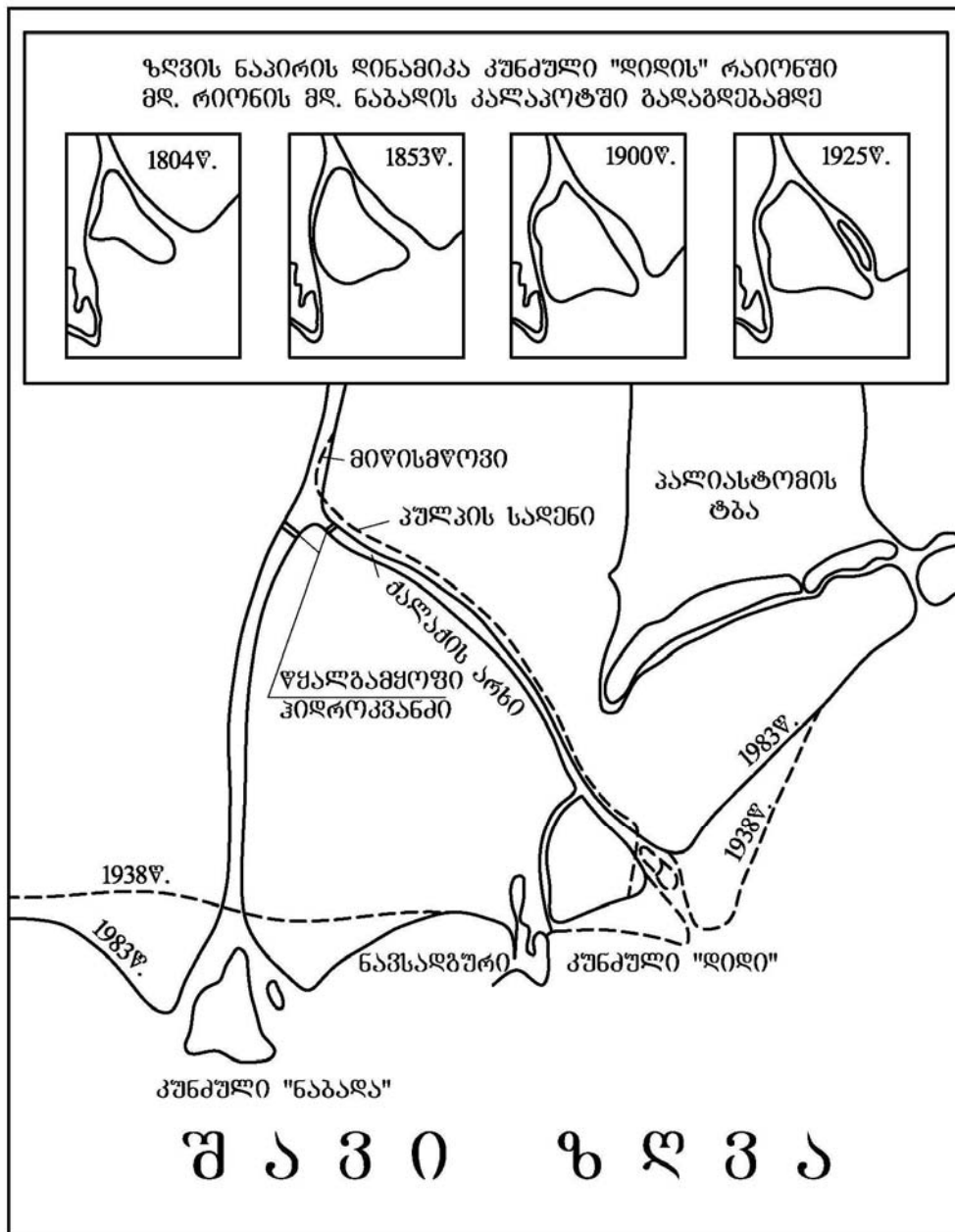
იური ქადარია

შესაფერისი პირობები. 1804 წლიდან 1926 წლამდე კუნძული იზრდებოდა 1,1 ჰექტრის ინტენსიურობით წელიწადში და 102 ჰექტრიდან 235 ჰექტარი გახდა.

ნახ. 1-ზე სქემატურად ნაჩვენებია 1804 წლიდან 1925 წლამდე კუნძულ „დიდის“ ზრდის კონფიგურაცია.

1939 წლიდან მდ. რიონზე რაბრეგულიატორის მოწყობის შემდეგ ძირითადი ხარჯები მიმართული იქნა ჩრდილოეთით მდინარე ნაბადის წინასწარ გაფართოებული კალაპოტი. ამ პერიოდიდან მოყოლებული იწყება ძირითადი შესართავი

უბნების და ქ. ფოთის სანაპირო ზოლის ინტენსიური წარეცხვები, ხოლო ნაბადის მიმდებარე დაჭაობებული ტერიტორია და რიონის ზღვასთან შესართავი ახალი უბანი იწყებს დასილვას. მეტიც, ეს უბანი იმდენად დაისილა, რომ ზღვის ტერიტორიის ხარჯზე წარმოიქმნა დელტა კუნძულით და ამავე პერიოდიდან დაიწყო ნატანის გადაადგილება სანაპირო ზოლის გასწვრივ ნაბადიდან სამხრეთის მიმართულებით, რამაც მოსილვების გამო უარყოფითი ზეგავლენა მოახდინა ნავსადგურის შესასვლელი არხის ქმედითუნარიანობაზე.



ნახ. 1. ზღვის ნაპირის დინამიკა ფოთის პერიმეტრზე 1804-1925 წლები

1958-1960 წლებში კუნძული „დიდის“ პერიმეტრზე მოწყობილი 70 მ-ის სიგრძის ბუნები, რომლებიც მოწყობილი იყო ორ რიგად გრუნტში ჩასობილ რელსების ფლეთილი ქვების შევსებით. ამ ღონისძიებამ ვერ შეაფერხა ნაპირისკენ მიმართული ტალღების შემოქმედება და ვერ შეძლო წარეცხვების შეჩერება. ამიტომ განხორციელებულ ღონისძიებას წარმატებები არ მოულოია.

შემდგომ პერიოდში წარეცხვების შესაჩერებლად კუნძული „დიდი“-ს პერიმეტრზე ჩაიყარა ფლეთილი ქვები, რამაც ნაწილობრივ შეასრულა კიდეც თავისი დანიშნულება, მაგრამ უკუფილტრის არარსებობის გამო ქვები ჯდებოდა გრუნტში და რეგულარულად მოითხოვდა განახლება-დამატებას. მიუხედავად წარეცხვების შემცირებისა გრძელდებოდა სიღრმითი წარეცხვები სანაპირო ზოლში.

1980 წლისათვის სიღრმითი წარეცხვები სანაპირო ზოლში დამბის წინ აღწევდა კრიტიკულ მნიშვნელობას, რამაც გამოიწვია დამბაზე 2 მ-ზე მეტი სიმაღლის ტალღების შემოქმედება და დამბის შემდგომი ხანგრძლივი პერიოდით დაცვა შეუძლებელი ხდებოდა.

შედარებით ეფექტური ღონისძიება იქნა გატარებული 80-იანი წლების შუა პერიოდში, როცა მიწისძვრის დანადგარებით ნატანი მიწოდებოდა სანაპირო ზოლს წყალგამყოფი ჰიდროკვანძის ზემო ბიეფიდან (იხ. ნახ. 1). რაბ-რეგულატორის ზემო ბიეფში დაღეპილი ნატანის ფრაქციული შემადგენლობა დაახლოებით შეესაბამებოდა პლაჟმარმონელი ქვიშის საშუალო დიამეტრს 0.26 მმ-ს. მიწოდებული ნატანი იღეპებოდა შეყურსულად სანაპირო ზოლის პერიმეტრზე, ხოლო შემდგომ იგი ტალღის შემოქმედებითა და ზღვის წყლის დინებით ნაწილდებოდა და აფორმირებდა პლაჟს.

შავი ზღვის ფოთის სანაპირო ზოლის დაცვის და პლაჟის ნაწილობრივი აღდგენის ძირითად ვარიანტად შეიძლება ჩაითვალოს ნატანის მისაღები ფრაქციული შემადგენლობის ხელოვნურად შემოტანა რაბ-რეგულატორის ზემო ბიეფიდან ან/და მდ. რიონის ჩრდილოეთის ტოტის ზღვასთან შესართავი აკვატორიიდან რენტაბელობის გათვალისწინებით. სამწუხაროდ 90-იან წლებიდან საქართველოში განვითარებულმა მოვ-

ლენებმა თავისი უარყოფითი ზეგავლენა იქონია ქ. ფოთის ნაპირდაცვის პრობლემის გადაწყვეტაზე. დაუფინანსებლობის გამო მთლიანად შეწყდა შავი ზღვის სანაპირო ზოლის აღდგენითი სამუშაოები. ამჟამად პრაქტიკულად არ წარმოებს ფოთის სანაპირო ზოლის აღდგენა ნატანის ხელოვნურად მიწოდებით. ქალაქის სანაპირო ზოლი იკვებება მხოლოდ ქალაქის არხით ბუნებრივად მიწოდებული ნატანით. აქედან გამომდინარე ზღვის ტალღების შემოქმედების შედეგად მეტნაკლები ინტენსივობით გრძელდება პერიმეტრის წარეცხვები.

მტორმული ვითარება ზღვაზე და ტალღური შემოქმედება სანაპირო არეებზე არის სანაპირო არეების ინტენსიური წარეცხვების ძირითადი მიზეზი, იქ არსებული პასიური ჰიდროტექნიკური ნაგებობების ნგრევისა. ამიტომ ნაპირდაცვით ღონისძიებათა დასახვა უნდა ხდებოდეს ტალღური პარამეტრების გაანგარიშების საფუძველზე მდინარეების ზღვასთან შესართავ აკვატორიებში. ამ მიმართულებით ჩატარებული კვლევის შედეგებზე პროფ. შალვა გაგოშიძისა და ჩვენს მიერ მოხსენებულ იქნა გრძელი ტალღების პრობლემებისადმი მიძღვნილ სიმპოზიუმზე 2003 წელს ქ. სალონიკში (საბერძნეთი) [2].

მცირე ქანობის შემთხვევაში მდინარეების შესართავი უბნებისათვის ტალღების მოძრაობისას სითხის ნაწილაკების სიჩქარეები იანგარიშება შემდეგი გამოსახულებით:

$$U = U_0 - a_0 \frac{\sigma}{\sqrt[4]{(k_0 H)^3}} \left(\frac{U_0}{\sqrt{gH}} \pm 1 \right) \times \sin \left(\sigma t - \frac{\sigma U_0}{g i_0} \pm 2 \sqrt{\frac{k_0 X}{i_0}} \right) \quad (1)$$

სადაც $U_0 / \sqrt{gH} < 1$; $U_0 = q / H$ – ნაკადის სიჩქარეა; $\sigma = 2\pi / \tau$ – ტალღურ რხევათა სიხშირეა; $k_0 = 2\pi / \lambda_0$ – ტალღური რიცხვია; λ_0 – ტალღის სიგრძეა.

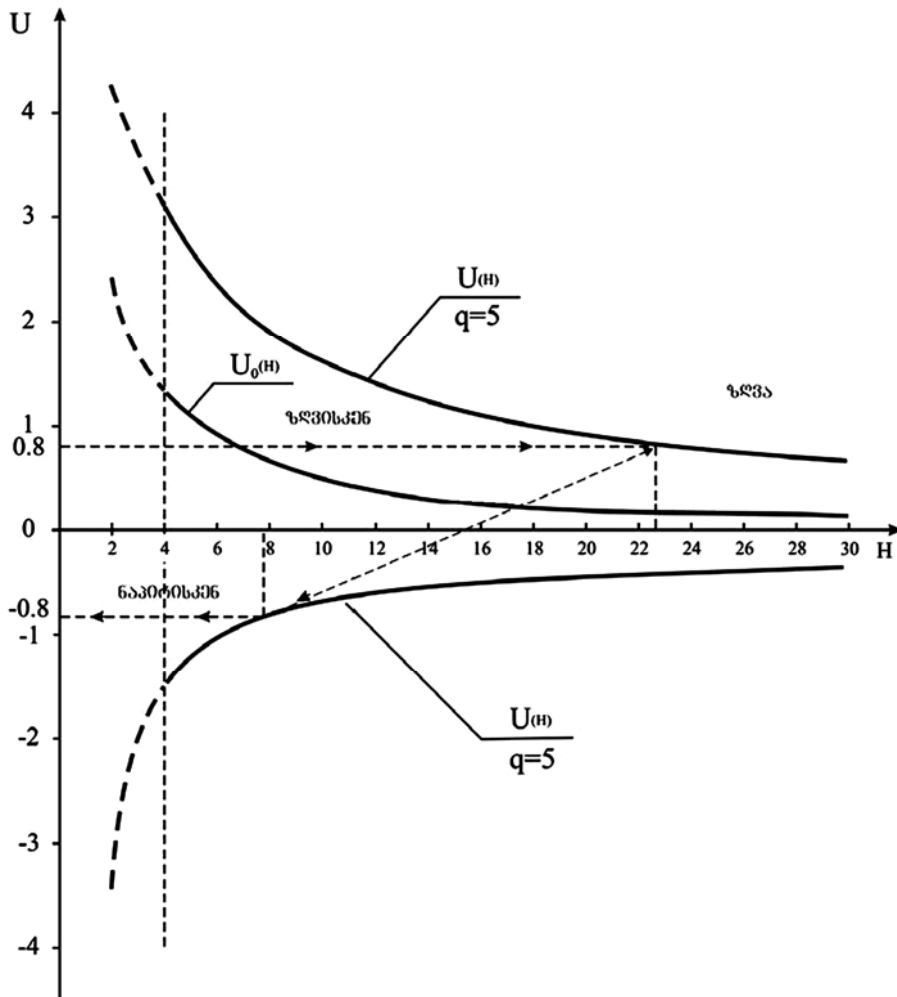
მიღებული გამოსახულების მიხედვით შეიძლება განისაზღვროს სითხის ნაწილაკთა სიჩქარეები მდინარეთა შესართავ აკვატორიებში, როცა ტალღები მიმართულია, როგორც ნაპირიდან ზღვისკენ მდინარის დინების თანხვედნილი მიმართულებით ნიშანი „–“ (1 დამოკიდებულებით), ასევე

დინების საწინააღმდეგო მიმართულებით ნიშანი „+“ სხვადასხვა ხარჯების შემთხვევაში [3].

ნახ. 2-ზე მოცემულია მდ. რიონის ქალაქის არხით შესართავ აკვატორიაში სითხის ნაწილაკების სიჩქარეთა განაწილების კერძო შემთხვევა; არხი, სიგანით $B_0 = 80$ მ-ია, სიღრმით $H_0 = 4$ მ, ატარებს $Q = 400$ მ³/წმ-ში ხარჯს (დაყვანილი ხარჯი $q = 5$ მ²/წმ), რომელიც შეესაბამება მდ. რიონის ქალაქის არხით გასატარებელი შესაძლო მაქსიმალური ხარჯის მნიშვნელობას. შესართავ აკვატორიაში ზღვის ფსკერის ქანობი $i_0 = 0,0067$; პლაჟწარმოქმნელი ნატანის გამრეცხი სიჩქარე $U_{გამ} = 0,8$ მ/წმ, ხოლო ზღვის მხრიდან შესართავისაკენ მოემართება რეგულარული ტალღები. ტალღის სიმაღლე ნაპირიდან შორს ღრმა წყალზე

$h_0 = 2$ მ-ს (ამპლიტუდა $a_0 = 1$ მ-ია), ტალღის სიგრძე $\lambda_0 = 108$ მ-ს, ტალღის პერიოდი $\tau = 8,31$ წმ (შესაბამისად ტალღური რიცხვი $k_0 = 2\pi / \lambda_0 = 0,058$ მ⁻¹ და სიხშირე $\delta = 2\pi / \tau = 0,76$ წმ⁻¹).

ნაპირისაკენ მიმართული დეფლუას წყლის ნაწილაკთა დადებითი (ზღვისკენ მიმართული) და უარყოფითი (ნაპირისკენ მიმართული) მაქსიმალური სიჩქარეების ცვლილებების მრუდები შესართავ აკვატორიაში ზღვის სხვადასხვა სიღრმეებისათვის აგებულია (1) დამოკიდებულების საფუძველზე. (1) გამოსახულებაში აღებულია ზედა („+“) ნიშანი და $\sin = (f(t, U_0 \sigma, \chi)) = -1$, როცა ნაპირისკენ გადაადგილება ტალღის ფსკერი, ხოლო $\sin = (f(t, U_0 \sigma, \chi)) = +1$ ქიმის გადაადგილების შემთხვევაში.



ნახ. 2. ქ. ფოთის საქალაქო არხის შესართავ აკვატორიაში ტალღების შემთხვევაში სითხის ნაწილაკების სიჩქარეთა განაწილების კერძო შემთხვევა

ნატანგამრეცხი სიჩქარის ამსახველი წრფეების გადაკვეთა აღნიშნულ მრუდებთან და აგრეთვე მდინარის ჭავლის U_0 სიჩქარის ცვლილების მრუდთან გვიჩვენებს, რომ მოცემული დეღვის შედეგად ნატანი ინტეგრალურად გადაიტანება $H = 22$ მ სიღრმემდე ნაპირის საზიდან დაახლოებით 2.7 კმ მანძილზე. ხოლო, როდესაც ზღვაზე არ გვაქვს დეღვა ($\sigma = 0$) მდინარის მიერ გამოტანილი

ნატანი დაილექება $H = 6,25$ მ სიღრმემდე. ანუ ნაპირთან ახლოს, 335 მ-ის ფარგლებში. ნატანის აკუმულირებული ეს რაოდენობა შემდგომ ტალღებისა და ზღვის სანაპირო ზოლში არსებული ნაპირგასწვრივი დინებებით მოხმარდება პლაჟის ფორმირებას, თუ დეღვის პროცესში წყალგამყოფი ჰიდროკვანძიდან შევწყვეტთ მდინარის ხარჯების მიწოდებას ქალაქის არხით.

დასკვნა

1. მდინარე რიონის მე-7 კილომეტრზე (ქ. ფოთიდან) არსებული წყალგამყოფი ჰიდროკვანძის მეშვეობით ქალაქის არხში უნდა გატარდეს წყალდიდობის ნატანშემცველი მაქსიმალური ხარჯები, როდესაც ზღვა წყნარ მდგომარეობაშია. ამ პერიოდში მოხდება ნატანის აკუმულაცია შესართავ უბანში;

2. ზღვაზე არსებული დეღვის პერიოდში უნდა შეწყდეს ქალაქის არხით ხარჯების გატარება, გარდა სანიტარული ნორმებით გათვალისწინებული ხარჯებისა. შემდგომ ზღვის ტალღები და დინებები მოახდენს შესართავ უბანში დაღეჭილი ნატანის გადანა-

წილებას სანაპირო ზოლის პერიმეტრზე, რაც ბუნებრივად შეუწყობს ხელს პლაჟის ფორმირებას;

3. ქალაქის არხით მაქსიმალური ნატანშემცველი ხარჯების გასატარებლად საჭიროა დასრულდეს ქალაქის ფარგლებში არხის ბეტონის კედლების მოწყობა, გაიწმინდოს ქალაქის არხის ნაპირები მცენარეებისა და წყალმცენარეებისაგან;

4. აღნიშნული რეჟიმის დაცვით წყალგამყოფი ჰიდროკვანძის ექსპლუატაცია ხელს შეუწყობს „ქალაქის“ პერიმეტრზე პლაჟარმომქნელი ნატანის რეგულირებას.

ლიტერატურა

1. Меладзе Ф.Г. Инженерные решения защиты морских берегов, Тбилиси, 1993, 206 с.
2. Gagoshidze, Sh.; Kadarja, J. Long wave on variable stationary flow. //Proceedings of Long Waves Symposium, in parallel with the XXX IAHR Congress, Thessaloniki, Greece, August 25-27,

2003.
3. ქადარია ი. ზღვასთან მიმდებარე ჰიდროტექნიკური ნაგებობების გაანგარიშების მეთოდები. //დისერტაცია ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად; 2005, გვ. 99-108; 219-223

ნიადაგ-ბრუნტების ფილტრაციული მდგრადობის კრიტერიუმები

ვლადიმერ შურღაია, შორენა კუპრეიშვილი, პაატა სიჭინავა

Email: shorena_12@mail.ru

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

შესავალი

გრუნტის მდგრადობის პირობების დადგენა მიწისქვეშა ნაკადების ზემოქმედებით საინჟინრო გეოლოგიისა და გრუნტმცოდნეობის ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანაა.

სუფოზიისადმი დიდი დამყოლობა ახასიათებს ისეთ გრუნტებს, რომელთა შემადგენელი ნაწილაკები არ არის ერთმანეთთან დაკავშირებული ბმულობის ძალებით. ასე მაგალითად, წვრილმარცვლოვანი ქვიშები. მაგრამ, საჭიროა მხედველობაში ვიქონიოთ, რომ ბუნებრივ პირობებში, განსაკუთრებით წვრილი ქვიშის ფრაქციები ხასიათდება ურთიერთშეჭიდულობის თვისებით, რაც განპირობებულია წყლის თხელი აფსკების „ცემენტაციის“ უნარით, გამყოფ ზედაპირზე ელექტრო-ქიმიური პოტენციალის წარმოშობის გამო [1, 2].

სელიმენტაციის პროცესი წვრილ ქვიშებში იწვევს მათ „შემკვრივებას“ ისეთი ხარისხით, რომ ფორებში არსებული მოდიფიცირებული წყალი მონოლითურობას ანიჭებს გრუნტის მასას [3÷6]. ეს კარგად ჩანს ექსპერიმენტებში, კერძოდ წვრილფრაქციული ქვიშის შინაგანი ხახუნის კუთხის მაგალითზე. მშრალ მდგომარეობაში, ქვიშის ნაყარის ზედაპირზე კვალი კასეტაში სწორი ხაზით

აისახება და საკმარისია მისი დასველება, რომ მკაფიოდ გამოიხატოს, კედელთან შეხების წერტილიდან ზედაპირის მრუდხაზოვანი უბანი. ეს მიანიშნებს ბმულობის ხვედრითი ძალის არსებობაზე, იმის ანალოგიურად, რაც ახასიათებს ბმულ სტრუქტურულ-მარცვლოვან სისტემებს.

ამის გამო, ხშირად აღვილი აქვს არა თუ ნაწილაკების გამოტანას, არამედ არ ხდება ჰიდროსტატიკური წნევის გადაცემა, ირღვევა ჰიდრაულიკური კავშირი და გრუნტის მთელი შრე იწყებს შეტივანარებას, ანალოგიურად ღრუტანიანი მყარი გარსების არქიმედეს ძალის ზეგავლენით. ასეთი საკითხების და კონკრეტული ამოცანების განხილვა სპეციალური კვლევის საგანს წარმოადგენს და ჩვენ შემოვიფარგლებით მხოლოდ იმის აღნიშვნით, რომ მას უშუალო კავშირი გააჩნია საწყისი გრადიენტის წარმოშობის მექანიზმთან. ამიტომ ჩვენ განვიხილავთ, მხოლოდ ისეთ ფხვიერ გრუნტებს, რომელთა შემადგენელი მყარი მარცვლების წონასწორობა დამოკიდებულია მათ წონაზე და ჰიდროდინამიკური (ფილტრაციული) ძალის ურთიერთქმედებაზე.

ძირითადი ნაწილი

როგორც აღვნიშნეთ, ფხვიერი გრუნტის ტანიდან ნაწილაკების გამოტანის ალბათობა დამოკიდებულია თვით ნაწილაკების (აგრეგატების) საკუთარ წონაზე და ფილტრაციული ნაკადის მოქმედი გრადიენტის სიდიდეზე.

განვიხილოთ გრადიენტის რაღაც ელემენტარული მოცულობის წონასწორობა ნახ. 1-ზე ნაჩვენები სქემის მიხედვით.

დავუშვათ რომ, ზემოთ მიმართული ნაკადის $d\ell$ მანძილზე დაწნევის კარგვა შეადგენს dH , მაშინ მოქმედი გრადიენტი ტოლი იქნება $I = \frac{dH}{d\ell}$, ხოლო შემატივანარებელი ძალა

$$dF = d\omega \cdot dH\gamma_0 \quad (1)$$

სხეულის ელემენტარული მოცულობის წონა წყალში, შემატენარებელი ძალის გათვალისწინებით ტოლი იქნება

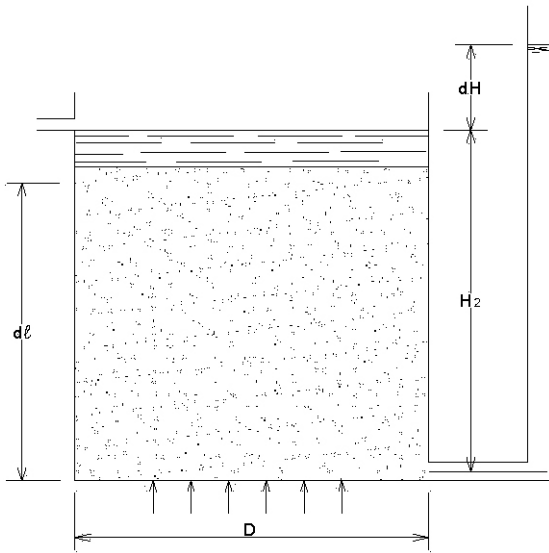
$$dG = d\omega \cdot d\ell(\gamma - \gamma_0)(1 - n) \quad (2)$$

(1) და (2) ფორმულებში მიღებულია აღნიშვნები: γ – გრუნტის კუთრი წონა აბსოლუტურად მშრალ მდგომარეობაში (ნიმუში, გამომშრალი ელექტროღუმელში 104°C); γ_0 – წყლის კუთრი წონა, n – მოცულობითი (ფარდობითი) ფორიანობა, რომელიც გამოითვლება: $n = \frac{\gamma - \gamma_1}{\gamma}$, სადაც γ – გრუნტის კუთრი წონაა ფორების გარეშე. ზღვრული წონასწორობის პირობა (1) და (2) ფორმულების გამოყენებით გამოითვლება შემდეგნაირად

$$d\omega dH \gamma_0 = d\omega d\ell(\gamma - \gamma_0)(1 - n), \quad (3)$$

საიდანაც კრიტიკული გრადიენტის მნიშვნელობა, რომელიც შეესაბამება გრუნტის ზღვრულ წონასწორულ მდგომარეობას განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$I_{gr} = I = \frac{dH}{d\ell} = \frac{(\gamma - \gamma_0)(1 - n)}{\gamma_0} \quad (4)$$



ნახ. 1. აღმავალი ნაკადით გრუნტის შეტიენარების საანგარიშო სქემა

დანაღეკი ქანებისათვის და კერძოდ, გრუნტების უპირატესი უმრავლესობისათვის γ იცვლება (2,65÷2,75)·10⁴ ნ/მ³, ანუ საშუალოდ ჩონჩხის კუთრი წონა აიღება 2,7·10⁴ ნ/მ³, ხოლო წყლის კუთრი წონა ჩვეულებრივად –

1,0·10⁴ ნ/მ³.

გრუნტის ფაქტიური მოდელისათვის, სფერული ფორმის მარცვლების კუბიკური (ფაშარი) და ჰექსაგონალური (მჭიდრო) განლაგებისათვის, შესაბამისად ფორიანობა n რიცხობრივად ტოლია 0,276 და 0,48 ან შეიძლება ავიღოთ 0,3±0,5 ფარგლებში.

ამის გათვალისწინებით გრუნტის კუთრი წონა წყალში – $\gamma_{\text{წყ}} = (\gamma - \gamma_0) \cdot (1 - n)$ იცვლება (0,8÷1,2)·10⁴ ნ/მ³, აქედან გამომდინარე, გრადიენტის რიცხვითი მნიშვნელობის ერთთან მიახლოებაში, გრუნტი შეიძლება აღმოჩნდეს შეტიენარებული და გამოტანილი ჰიდრომექანიკური (ფილტრაციული) ძალის ზემოქმედებით.

დარსის საზოვანი კანონის თანახმად

$$V_{gr} = k I_{gr} = k \frac{(\gamma - \gamma_0)(1 - n)}{\gamma_0} \quad (5)$$

თუ მივიღებთ, რომ $\gamma_{\text{წყ}} = (\gamma - \gamma_0)(1 - n) = \gamma_0$, რაც ნიშნავს, $\gamma_{\text{წყ}}$ ავიღოთ (0,8÷1,2)·10⁴ ნ/მ³, მნიშვნელობის საშუალო სიდიდის –1,0·10⁴ ნ/მ³. ტოლად, რაც იგივეა ის უდრის γ_0 -ს, მაშინ (5)-ის მიხედვით, გვექნება

$$V_{gr} = k \quad (6)$$

ე.ი. კრიტიკული სიჩქარე რომელიმე ერთგვაროვანი გრუნტისათვის უხეში მიახლოებით, რიცხობრივად ტოლია ფილტრაციის კოეფიციენტის. მიღებული შედეგები ეფუძნება წყალში ნაწილაკის წონის შედარებას მოქმედ დაწნევასთან, მაგრამ ხშირად საჭიროა ასევე გათვალისწინებულ იქნეს ნაწილაკის ზომა. ამ უკანასკნელი ფაქტორის გავლენა ასახულ იქნა წონასწორობის შემდეგ კრიტერიუმში [7]

$$I_{gr} = \bar{d}, \quad (7)$$

სადაც \bar{d} – ნაწილაკის საშუალო დიამეტრია, რომელიც მერყეობს 0,25·10⁻³÷1,0·10⁻³ მ-ის ფარგლებში. ბუნებრივ პირობებში ასეთი მაღალი ექვივალენტური სიჩქარე შეიძლება დაფიქსირდეს ფერდობზე მიწისქვეშა ნაკადის გამოქონვის ზონაში. ასეთ მდგომარეობაში შეიძლება აღმოჩნდეს გრუნტის ნაწილაკები, როდესაც ხელოვნურად ირღვევა ნაკადის რეჟიმი, განსაკუთრებით სადაწნეო ნაგებობის მხარეზე ქვედა ბიეფში, სადაც ჰიდრავლიკური გრადიენტი ყოველთვის

გაზრდილია. დაბალი გრადიენტების (დაბალი ფილტრაციული სიჩქარეების შესაბამისად) შემთხვევაში შეიძლება დაიწყოს უმცირესი ნაწილაკების მექანიკური სუფოზია არაბმული (ფხვიერი) გრუნტის ტანიდან.

კვლევებმა აჩვენა, რომ თაბაშირის გრუნტების მდგრადობა განისაზღვრება მისი თვისებების კომპლექსით, რომელთა შორის განსაკუთრებული მნიშვნელობა გააჩნია გრუნტის სიმკვრივესა და დამარილიანების ხარისხს. სუფოზური მდგრადობის თვალსაზრისით თაბაშირიანი გრუნტი დაყოფილია ორ ტიპად:

1. მდგრადი გრუნტები, თაბაშირიანი შეცულობით 10%-მდე აბსოლუტურად მშრალი გრუნტის წონიდან, როცა თაბაშირი შედის ბმული წყლისა და ჩონჩხის შორისეთების სივრცეში.

2. სუფოზურად არამდგრადი გრუნტები, თაბაშირის შეცულობით, მშრალი გრუნტის წონიდან 10%-მდე რაოდენობით და მყარი სელიმენტაციის სახით განლაგებულია ჩონჩხის შორისეთებში.

პირველი ტიპის გრუნტებში თაბაშირის გამოტანა იწვევს ფილტრაციის კოეფიციენტის გაზრდას. ეს ურთულესი პროცესი მიმდინარეობს სამ ეტაპად: ინტენსიური, შენელებული და სტაციონარული;

გრუნტის მეორე ტიპში უკვე პირველ სტადიაზე შეინიშნება მექანიკური სუფოზია. ფილტრაციის თავმოყრილი (შეყურსული) გზით და შემდგომი შიგა „გარეცხვით“. ამასთან ერთად, ფილტრაციის კოეფიციენტის გაზრდა, რომელიც ეთანადება მექანიკური სუფოზიის საწყის სტადიას და აღინიშნება შემცირების ტენდენციით თაბაშირის კონცენტრაციის ზრდის კვალობაზე.

თაბაშირის განმარილიანების დროის განსაზღვრისათვის მიღებულია შემდეგი დამოკიდებულება:

$$t = \frac{Q}{\omega H} \left[\frac{\ell}{k_0} + \frac{cQ}{2P_0\omega} \left(\frac{1}{k_b} - \frac{1}{k_0} \right) \right], \quad (8)$$

სადაც t არის ფილტრაციის დრო; Q – ფილტრაციული ხარჯი; ω – განივკვეთის ფართობი; k_0 – საწყისი ფილტრაციის კოეფიციენტი; ℓ – ფილტრაციის გზა; P_0 – მარილის კონცენტრაცია; c – თაბაშირის ხსნადობა; k_b – სრული განმარილიანების ფილტ-

რაციის კოეფიციენტი.

თაბაშირით დამარილიანების მაღალი ხარისხით (სავარაუდო 10% მეტი) გამოირჩევა. ამიტომ პრაქტიკული გაანგარიშებისათვის (8) ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$t = \frac{Q}{k\omega H} \left(\ell - \frac{cQ}{2P_0\omega} \right) \quad (9)$$

ფილტრაცია უსასრულობაში, როცა ხარჯი პრაქტიკულად მუდმივია, გამოტუტვის ხანგრძლივობა განისაზღვრება

$$t = \frac{Q}{k_0\omega H} \left(\ell - \frac{cQ}{2P_0\omega} \right) \quad (10)$$

მოყვანილი ფორმულები საშუალებას იძლევა განვსაზღვოთ ფილტრაციის კოეფიციენტის ცვალებადობა დროის გარკვეულ ინტერვალში და აგრეთვე გამოვთვალოთ განმარილიანების სიმძლავრე. ასევე შეიძლება განვსაზღვროთ თაბაშირის რაოდენობა, რომელიც ავსებს მარილების მარაგს გრუნტის წყალში.

აქ ჩვენ განვიხილეთ მარილების ხსნადობა ფილტრაციული ნაკადის უშუალო კონტაქტით მინერალური ნაწილაკების ზედაპირებთან. მაგრამ, ამასთანავე, ბუნებაში მიმდინარეობს გამოტუტვის პროცესი არა უშუალოდ შეხებით ნაკადისა ნაწილაკებთან, არამედ მიმდინარეობს თვითნებური დიფუზია გრუნტის სხვადასხვა უბნებში მარილების კონცენტრაციის გრადიენტით, რაც იწვევს მყარი ნაწილისა და ფოროვანი წყლის შემადგენლობის ცვალებადობას.

დიფუზური ხსნადობა განსაკუთრებით მნიშვნელოვან როლს ასრულებს თიხებში, რომლებიც შეიცავს ბმული და იმობილიზაციური წყლის დიდ რაოდენობას და ხასიათდება მეტად დაბალი წყალგამტარობით. მათში ხსნადი მარილის გადატანა ფილტრაციისას, იმავე რიგის ან უფრო ნაკლებია დიფუზიასთან შედარებით. დიფუზური გადატანის პროცესი აღიწერება ერთგანზომილებიანი დინებისათვის შემდეგი კანონით [8]

$$dm = -D \frac{dc}{dl} S dt, \quad (11)$$

სადაც m – დიფუნდირებული ნივთიერების რაოდენობა; dc/dl – კონცენტრაციის გრადიენტი; S – კვეთის ფართობი; t – დიფუზიის ხანგრძლივობა; D – დიფუზიის კოეფიციენტი.

დიფუზიის კოეფიციენტი ყოველი გრუნტის სახეობისათვის დგინდება ექსპერიმენტულად (11) განტოლების მიხედვით სასაზღვრო პირობების შესაბამისად თიხა ნიდაგ-გრუნტისათვის პლასტიკური კონსისტენციით. მიუხედავად გრანულომეტრიულ-მინერალოგიური შედგენილობისა და სიმკვრივისა, დიფუზიის კოეფიციენტი შემდეგი რიგისაა $(5 \div 10)10^{-13}$ მ²/წმ, ტენიანობის დონეზე ეცემა 10^{-16} მ²/წმ, ამიტომ პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტისას მხედველობაში არ მიიღება. ასეთი ზოგადი ხასიათის დასკვნები მხოლოდ ხარისხობრივად ახასიათებს გრუნტებში მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების ფართო გამას და მათ მხოლოდ ფენომენოლოგიური დანიშნულება გააჩნია.

საირიგაციო მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პრაქტიკისათვის გაცილებით დიდი მნიშვნელობა აქვს იმ პროცესების შესწავლას, რომლებიც მიმდინარეობს გრუნტების დასველებისას და გამოიხატება განსაკუთრებული ტიპის დეფორმაციებში ე.წ. ჯდენადობა. ხშირად ჯდენადობა გაიგივებულია მექანიკური ან ქიმიური სუფოზიის პროცესთან, თუმცა შეიძლება ითქვას ამ პროცესებს შორის გარკვეული ანალოგია არსებობს დეფორმაციის რაოდენობრივი შეფასების თვალსაზრისით. ასე მაგალითად, თუ წარმოვიდგენთ, რომ ფუნდირებული ნაგებობა იწვევს გრადიენტების და შესაბამისად ფილტრაციის სიჩქარის შეცვლას, ნაკადის ცოცხალი კვეთის შემცირების ხარჯზე, მაშინ როცა სიჩქარე ან გრადიენტი გადააჭარბებს (6) და (7) ფორმულებით განსაზღვრულ სიდიდეს, მოცემული გრანულომეტრიული შედგენილობის გრუნტისათვის, ცხადია, დეფორმაციის პროგნოზი დროში საგნებით შესაძლებელი ხდება.

სხვადასხვა სახის დეფორმაცია, სხვადასხვა კატეგორიის გრუნტებისათვის, და მათ შორის ზედაპირული ეროზიაც, როგორც წესი, მდორედ მიმდინარეობს, დამოკიდებულია მეტეოროლოგიურ ფაქტორებზე, მაგრამ ცალსახად უკავშირდება წყალთან პასიურ ურთიერთქმედებას [9].

სტრუქტურულად არამდგრადი ჯდენადი გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებათა თავისებურებანი განაპირობებს მათ ქცევას დატვირთვების ზემოქმედებით. გრუნტები, დამატებითი დატვირთვების ზემოქმედებით,

შეიძლება აღმოჩნდეს სტრუქტურულად არამდგრად მდგომარეობაში და წინამდებარე პროცესში წარმოშობილი კავშირების სრული ლიკვიდაციით განიცადოს მნიშვნელოვანი ჯდენა. ჩვეულებრივი ლიოსისებური გრუნტების სიმტკიცობრივ-დეფორმაციული შეფასება ხდება ფარდობითი ჯდენის მაჩვენებლით, რომელიც გამოიხატება შემდეგნაირად

$$\xi = \frac{h_p - h'_p}{h_p}, \quad (12)$$

სადაც h_p – დაუშლელი სტრუქტურის გრუნტის ნიმუშის სიმაღლეა, რომლის გამოცდაც ხდება P წნევის ქვეშ, ხოლო P წარმოადგენს გარეგანი და ბუნებრივი წნევების ჯამს; h'_p – ნიმუშის სიმაღლე, რომელზეც მოქმედებს სტრუქტურის მრღვევი, რომელიმე ფაქტორი, კერძოდ, წყალი. თუ $\xi \geq 0,2$, მაშინ ასეთი გრუნტები მიეკუთვნება ჯდენად, სტრუქტურულად არამდგრად გრუნტების კატეგორიას.

გარეგანი წნევების ცვალებადობისას (0,4÷0,5) მპა და უფრო მეტი, ფარდობითი ჯდენის მაჩვენებელი წნევისაგან დამოკიდებულებით გამოიხატება:

$$\xi = \frac{\beta}{E_0} P^m, \quad (13)$$

სადაც β – პროპორციულობის კოეფიციენტი; E – გრუნტის დეფორმაციის მოდელი; m – ხარისხის მაჩვენებელი.

მცირე წნევების შემთხვევაში, ფარდობითი ჯდენა შეიძლება საინჟინრო პრაქტიკისათვის მისაღები სიზუსტით აღწერილ იქნეს საზოგადო ფუნქციით, ე.ი.

$$\xi = a + bP, \quad (14)$$

სადაც a არის საწყისი პარამეტრი, ლიოსისებური გრუნტების ჯდენის კოეფიციენტი; b – წრფივი კავშირის საკუთხო კოეფიციენტი, რომელიც ახასიათებს ფარდობით კომპრესიას ჯდენის პროცესში;

ჯდენადი გრუნტების კომპრესიული მრუდების მიხედვით, ადვილად განისაზღვრება

$$\xi = \frac{\Delta \ell}{1 + \ell_0}, \quad (15)$$

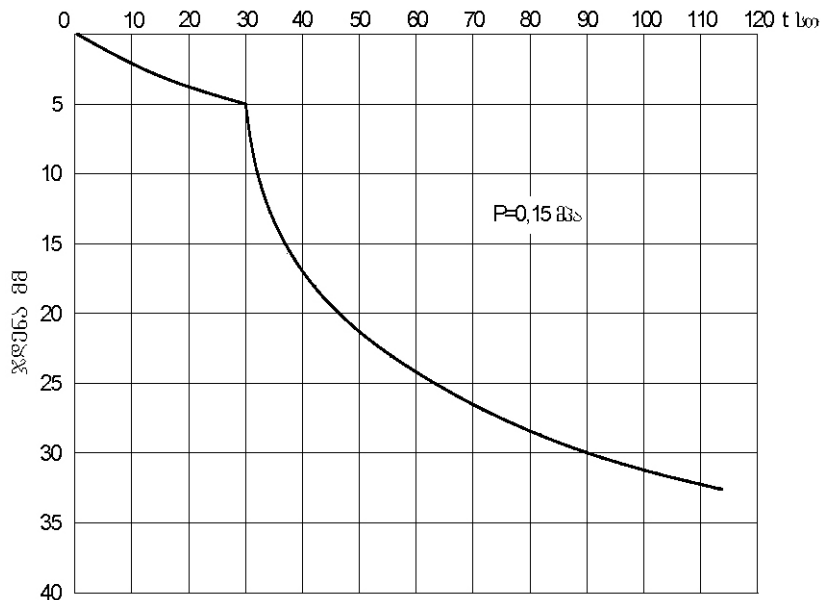
სადაც, ℓ_0 – გრუნტის საწყისი ფორიანობის კოეფიციენტი (ჯდენაზე); ℓ – გრუნტის

ფორიანობის კოეფიციენტის ცვალებადობა ჯდენის პროცესში.

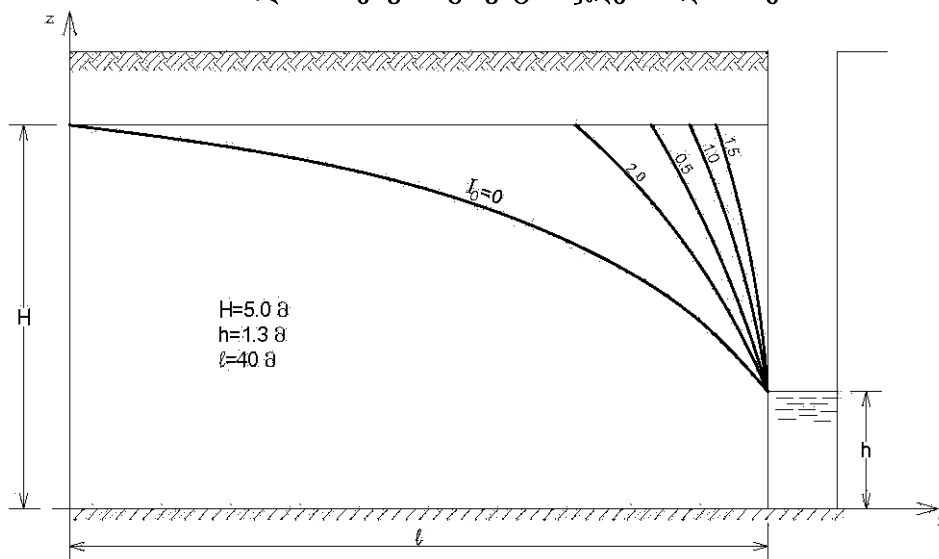
ლიოსისებური გრუნტების ჯდენადობა შეიძლება განისაზღვროს, როგორც კომპრესიულ ერთდერძა ოდომეტრზე, ასევე საცდელი დატვირთვის ქვეშ, წყლის შეწონვით, რომელიც იწვევს ჯდენის დეფორმაციის მკვეთრ, ნახტომისებურ ზრდას. აქვე საჭიროა მივუთითოთ იმაზეც, რომ თიხებისათვის მდგრადი სტრუქტურული, ხისტი (არა-წყალკოლოიდური) კავშირებით, წყლით დასველებისას, მკვეთრი ჯდენა არ შეინიშნება, მაგრამ გარკვეული გადახრა მონოტონურისაგან მაინც ფიქსირდება. ნახ. 4-ზე მოცემუ-

ლია ლიოსისებური გრუნტის ჯდენის დინამიკა [9].

ლიოსისებური გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებათა კომპლექსის ცვალებადობა, როგორც არაერთხელ აღენიშნეთ შემთ, წყლის გავლენით ჯდენის პროცესში საკმაოდ მკვეთრია, კერძოდ გრუნტის წინაღობა ძერის დეფორმაციისადმი მცირდება რამდენიმე რიგით (შინაგანი ხახუნის კუთხე $1,5 \div 2,0$ -ჯერ, ბმულობის ხვედრითი ძალა – 10 -ჯერ), რაც განაპირობებს გრუნტის მზიდუნარიანობის დაქვეითებას და ამობურცვის პროცესების განვითარებას.



ნახ. 4 ლიოსისებური გრუნტის ჯდენის დინამიკა



ნახ. 5 დეპრესიის მრუდის დაცემა საწყისი გრადიენტის მიხედვით

ნაგებობათა ფუძეების ჯდენის საწინააღმდეგო პასიურ ღონისძიებებს მიეკუთვნება ფუნდირება ჯდენადი შრის გავლით (თუ ეს ტექნიკურად შესაძლებელია), რაც, ძირითადად, ხიმინჯოვანი საძირკვლის მოწყობით ხორციელდება – სიღრმით 10 მ-მდე. ჯდენის აღკვეთის აქტიურ ღონისძიებებს მიეკუთვნება ქიმიური მეთოდები, კერძოდ სილიკაცია, ან რაც დღეისათვის საკმაოდ პოპულარულია ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერების გამოყენება ფორების შესავსებად. ამა თუ იმ ტექნოლოგიური მეთოდების გამოყენება, გრუნტის თვისებების რეჟიმის თვისებაზე,

სათანადო რეაგენტების ბაზაზე უკავშირდება კონკრეტულ ჰიდროგეოლოგიურ პირობებში ფილტრაციის კანონზომიერების შესწავლას.

ერთ-ერთ ღონისძიებად მიჩნეულია თავისუფალი დრენირების მეთოდი მაგრამ მისი ეფექტურობა საკმაოდ დაბალია. ამის საილუსტრაციოდ მოვიყვანთ კონკრეტულ გაანგარიშებას (24) ფორმულის მიხედვით. მივიღოთ: $q/k = 0,3$ მ, $h = 1,0$ მ, $H = 5,0$ მ, $\ell = 40$ მ, $I_0 = 0 \div 1,5$ გაანგარიშების შედეგები ილუსტრირებულია ნახ. 5-ზე.

დასკვნა

ბუნებრივ-ტექნიკური ჰიდრომელიორაციული სისტემების ნორმალური ექსპლუატაცია, შეიძლება უზრუნველყოფილ იქნეს მხოლოდ

და მხოლოდ ფილტრაციული პროცესების კვლევების საფუძველზე.

ლიტერატურა

1. **Дерягин Б.В.** Сольватные слои как особые граничные фазы на основе прямых методов исследования. //Труды всесоюзной конференции по коллоидной химии, 1982, с. 26-52;
2. **Истомина В.С.** Фильтрационная устойчивость грунтов. "Госстройздат", М., 1957, 135 с.
3. **Ломизе Г.М.** Движения воды в щелях. Издание академии наук Армянской ССР, 1947, 70 с.
4. **Кацарава Т.Е.** О механизме процесса фильтрационно-капиллярного передвижения влаги в набухающих почво-грунтах. //Тр. ГрузНИИГиМ, "Вопросы гидромелиорации", вып. 29, 1972, с. 267-280.
5. **Мирицхулава Ц.Е.** О надёжности крупных каналов. М., "Колос", 1981, 320 с.
6. **Тевзадзе В.И.** Расчётные модели плотности селевой смеси и объёма селевых выносов. //Г.Г.А.У. Юбилейный том, Т., 1999, с. 383-386.
7. **Павловский Н.И.** Неравномерное движение грунтовых вод (дальнейшее развитие вопроса). Л., 1932, 80 с.
8. **Нерпин С.В., Чудовский А.Ф.** Энерго и массообмен в системе растение-почва-воздух. Гидрометеоздат, Л., 1975, 358 с.
9. **Цытович Н.А.** Механика грунтов. М., "Высшая школа", 1979, 271 с.

მთის შპს-ს გარემოსდაცვითი მონიტორინგის ნიადაგის დეგრადაციის პროცესების
საწინააღმდეგო თანამედროვე ღონისძიებები

გოგა ჩახაია, ზურაბ ვარაზაშვილი, რობერტ დიაკონიძე, ლევან წულუკიძე,
ირინა ხუბულავა, თამარიკო სუპატაშვილი
Email: gogachaxaia@mail.ru

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

შეჯამება

უკანასკნელ პერიოდში მსოფლიოში განვითარებული ტექნოლოგიური კონსტრუქციებისა და დედამიწაზე მიმდინარე კლიმატური ცვლილებების ფონზე ფორმირდება უხვი ნალექები, რაც მიზეზი ხდება დიდი მასშტაბის წყალდიდობებისა. მოგეხსენებათ, რომ წყალდიდობებს ხშირად მოსდევს ადამიანთა მსხვერპლი და სხვადასხვა დანიშნულების ობიექტების განადგურება. ინტენსიური და

ხანგრძლივი ნალექები პროვოცირებას უწევს ნიადაგის დეგრადაციის პროცესებს, როგორცაა: ეროზიულ-დვარცოფული და მეწყერული მოვლენები. ზემოაღნიშნული პროცესები დიდ პრობლემას უქმნის დვარცოფული ხასიათის მდინარეთა გაგლენის ზონაში არსებულ დასახლებულ პუნქტებს, ასევე სატრანსპორტო და ენერგოდერეფების ნორმალურ ფუნქციონირებას.

ძირითადი ნაწილი

სწორედ მიწის რესურსების დაცვისა და იქ არსებული ბიომრავალფეროვნების აღდგენის მიზნით არის შექმნილი მსუბუქი პოლიეთილენის მასალისგან დამზადებული ელასტიკური გეოხალიჩა „კოვამატი“. იგი მძიმე, მასიური კონსტრუქციების ალტერნატიულ საშუალებას წარმოადგენს, რომელიც დღესდღეობით ფართოდ გამოიყენება მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში (ფოტო 1, 2).

გეოხალიჩა „კოვამატი“ საგრძნობლად ამცირებს, ხშირ შემთხვევაში კი საერთოდ აღკვეთს ეროზიულ პროცესებს, ამიტომ მას ინტენსიურად იყენებენ საავტომობილო და სარკინიგზო მაგისტრალების მიმდებარე დიდი ქანობის მქონე ფერდობებზე (ფოტო 2).

უნდა აღინიშნოს, რომ ზემოხსენებული ხელოვნური მასალისგან დამზადებული გეოხალიჩა „კოვამატი“ შედარებით ძვირია, 1 მ² კოვამატის ღირებულება შეადგენს 13,8 აშშ დოლარს [1], რაც განვითარებადი ქვეყ-

ნებისათვის ნაკლებად ხელმისაწვდომია.

ზემოაღნიშნული გარემოებიდან გამომდინარე, ჩვენს მიერ შექმნილ იქნა ნატურალური ბამბისა და ქსოვილისგან დამზადებული გეოხალიჩა „ნესფილე-2“, რომლის ფასი მნიშვნელოვნად დაბალია (1 მ² გეოხალიჩა „ნესფილე-2“-ის ღირებულება შეადგენს 1-1,5 აშშ დოლარს) მსოფლიოში აპრობირებულ გეოხალიჩებთან (სეკუმატი, კოვამატი, ენკამატი, ერომატი) შედარებით.

გეოხალიჩა „ნესფილე-2“ განეკუთვნება ეროზიის საწინააღმდეგო ფიტო-საინჟინრო-მელიორაციულ ღონისძიებას, იგი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს ნიადაგის დეგრადაციის საწინააღმდეგოდ.

გეოხალიჩა „ნესფილე-2“ მსუბუქ, რბილ და ელასტიურ ლეიბს წარმოადგენს, იგი მორწყვისთანავე ნიადაგის ზედაპირს მჭიდროდ ეკვრის და უზრუნველყოფს მისი სტრუქტურის მდგრადობას.



ფოტო 1. გეოსალინა “კოვამატი“-ს საერთო ხედი



ფოტო 1. გეოსალინა “კოვამატი“-ს მონტაჟი

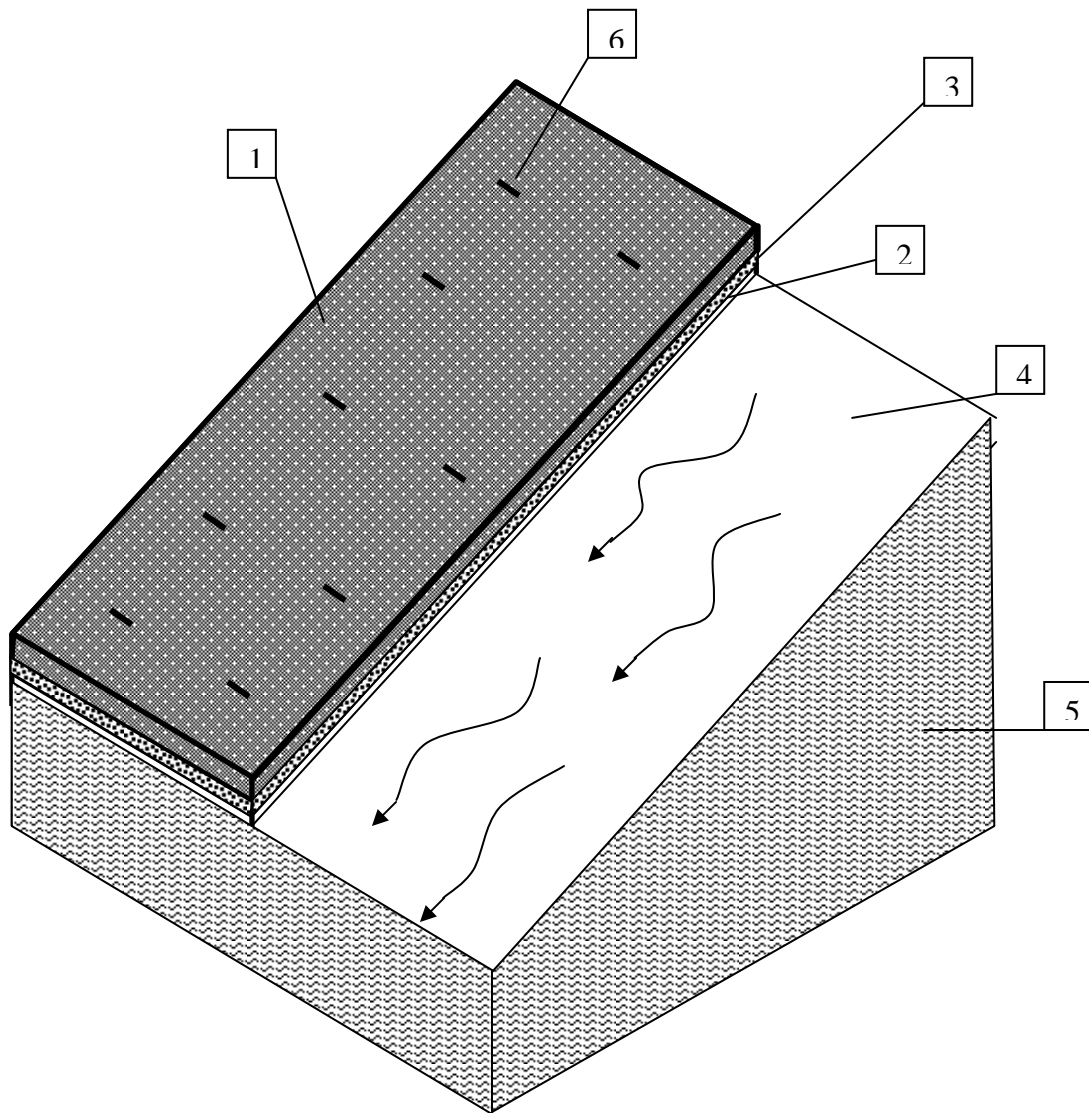
გეოსალინა „ნესფილე-2“-ის დამზადება მარტივია, კერძოდ: ნატურალური დალიან-დაგებული ბამბის და მარლის ქსოვილი იჭრება სტანდარტულ ზომებად (2X25 მ²) და მათ შორის ითესება დასაცავ ტერიტორიაზე

გავრცელებული ენდემური ჯიშის ბალახოვანი მცენარეების თესლი. შემდეგაც ხდება ზედა (ბამბის) და ქვედა (მარლის) ფენების მარტივი ტიპის სამაგრებით (ნახ. 3, ელემენტი 6) შეკვრა. მიღებული ორფენიანი

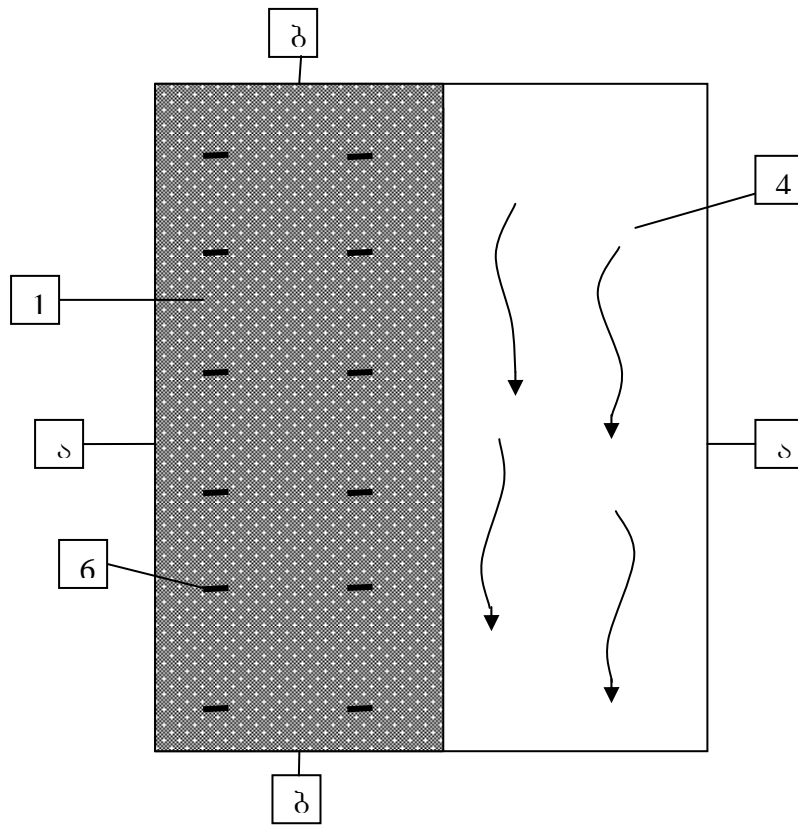
გეოხალიჩა დაეფინება წინასწარ დამუშავებულ ეროზირებულ ფერდობზე და მაგრდება ხის ან ლითონის ანკერების საშუალებით. ეროზირებულ ფერდობზე დაფენილი გეოხალიჩა კარგ შედეგს იძლევა მორწყვის ფერტიგაციის მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში, რაც ზრდის მულჩირების ეფექტს და უზრუნველყოფს მცენარეთა თესლის გაღვივება-ვეგეტაციას. აღსანიშნავია ისიც, რომ გეოხალიჩა „ნესფილე-2“-ის ფენებს შორის მოთავსებულ თესლისთვის საწყის ეტაპზე ნატურალური ბამბის მასალა სუროგატ ნიადაგას წარმოადგენს და აღარ საჭიროებს დამატებითი სტიმულატორების შეტანას.

მორწყვიდან დაახლოებით ერთი კვირის შემდეგ მოხდება დათესილი ბალახოვანი მცენარეების აღმოცენება და შესაბამისად დასაცავი ტერიტორიის ბიომრავალფეროვნების აღდგენა. ეროზირებულ ფერდობებზე გეოხალიჩა „ნესფილე-2“-ის დაფენა სასურველია მოხდეს აგრომელიორაციული ვადების დაცვით (გაზაფხული ან შემოდგომა).

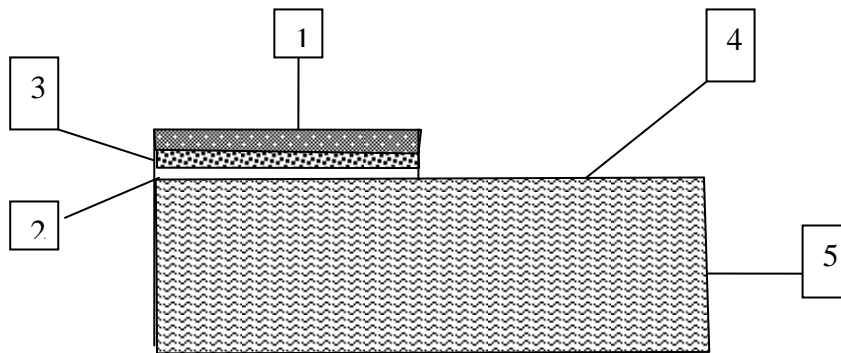
ეროზიის საწინააღმდეგო გეოხალიჩა „ნესფილე-2“ წარმოადგენილია ოთხი ნახაზით: ნახ. 1 – ფერდობზე დაგებულ გეოხალიჩა „ნესფილე-2“-ის საერთო ხედი; ნახ. 2 – ზედხედი ა-ა და ბ-ბ ჭრილის ხაზებით; ნახ. 3 – ჭრილი ა-ა; ნახ. 4 – ჭრილი ბ-ბ.



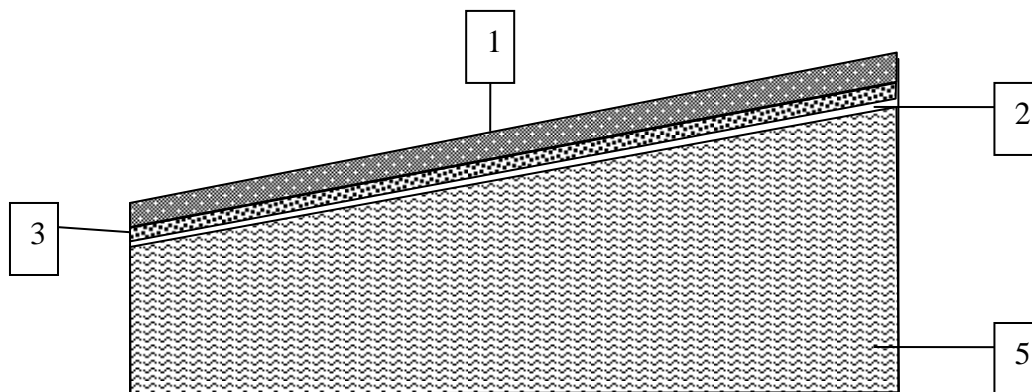
ნახ. 1. ფერდობზე დაგებული გეოხალიჩა „ნესფილე-2“-ის საერთო ხედი
1. ლეიბის ზედა ფენა; 2. ლეიბის ქვედა ფენა; 3. ბალახოვანი მცენარის თესლი;
4. ეროზირებული ფერდობი; 5. ნიადაგი; 6. ანკერი



ნახ. 2. გეოსხალიჩის ზედხედი ა-ა და ბ-ბ ჭრილის სახეებით



ნახ. 3. ჭრილი ა-ა



ნახ. 4. ჭრილი ბ-ბ

გეოხალიჩა „ნესფილე-2“ მუშაობს შემდეგი პრინციპით: დასაცავ ტერიტორიაზე ფორმირებული ზედაპირული ჩამონადენის გარკვეული რაოდენობა შეიწოვება მის მიერ, ნაწილი ჩაიჟონება ნიადაგ-გრუნტში (ელემენტი 5), ხოლო გარკვეული ოდენობა ჩამოედინება ფერდობზე სუსტი ზედაპირული ნაკადების სახით. ფერდობის სიღრმეში ჩაედინება ჩვენს მიერ ფერტიგაციის წესით მიწოდებული ორგანული და მინერალური ნივთიერებები, რაც შემდგომში უზრუნველყოფს მცენარის ვეგეტაციის ნორმალურ განვითარებას.

გეოხალიჩა „ნესფილე-2“-ის ეკონომიკური მაჩვენებლები მაღალია, რადგან წარმოდგე-

ნის შემთხვევაში მისი დანერგვა ტექნიკურად ადვილად განსახორციელებელია და არ საჭიროებს დამატებით ხარჯებს მისი რემონტისათვის.

გეოხალიჩა „ნესფილე-2“-ის ზემოთ ჩამოთვლილი დადებითი მახასიათებლების გამო ჩვენ მიერ მზადდება საერთაშორისო საპატენტო განაცხადი მისი პრიორიტეტის დასაცავად.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე გეოხალიჩა „ნესფილე-2“-ის გამოყენება რეკომენდებულია სატრანსპორტო და ენერგო დერეფნებში მიმდინარე ეროზიული პროცესების საწინააღმდეგოდ.

დასკვნა

სწრაფად განვითარებადი თანამედროვე ტექნიკური პროგრესი ხშირად ეკოლოგიური წინასწორობის დარღვევის პროვოცირებას იწვევს. სხვადასხვა სახის მშენებლობებისა და მათი გავლენის ზონაში მრავლადაა ეროზიულ-დვარცოფული და მეწყრული მოვლენების წარმოშობის შემთხვევები, განსაკუთრებით დიდი პრობლემები იჩენს თავს სატრანსპორტო და ენერგო დერეფნების მიმდებარე ტერიტორიებზე. მსგავსი ნეგატიური მოვლენების აღსაკვეთად დღეისათვის მსოფლიოში ფართოდ გამოიყენება ეროზიის

საწინააღმდეგო გეოხალიჩები. ჩვენ მიერ შექმნილი იქნა ნატურალური ბამბისა და ქსოვილისგან დამზადებული გეოხალიჩა – „ნესფილე-2“ (ნესფილე-1-ის გაუმჯობესებული ვარიანტი). აღნიშნული გეოხალიჩა გამოირჩევა თავისი ეფექტურობით, ტექნოლოგიური სიმარტივით და ეკონომიურობით. მისი გამოყენება შესაძლებელია როგორც ტექნოგენურ ფერდობზე ბალახეული საფარის აღსადგენად, ასევე ნაყარი გრუნტების ეკოლოგიური კონიუნქტურის გასაუმჯობესებლად.

ლიტერატურა

1. <https://www.sciencelab.com/page/S/PVAR/23734/60-246790000>
2. http://www.igidexcons.ro/imag/pdf/1/COV_moto_rwayR1_antwerp_1.pdf

კალაპოტიანი ნაკადის მათემატიკური მოდელირება
ვარიაციული მეთოდის გამოყენებით

გურამ ჩიტიშვილი, გამარლი დონხაძე, ლენა კეკელიშვილი

Email: ekekelish@mail.ru

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
თბილისი, საქართველო

შესავალი

წყლის ნაკადები, რომლებიც წარმოიქმნება წვიმის შედეგად ფერდობებზე და კალაპოტებში, თავისუფალზედაპირიან, ტურბულენტურ, ცვალებადმასიან და არასტაციონარულ დინებებს წარმოადგენს. ამ დინებების ხასიათი, თავისებურებები, განმსაზღვრელი ფაქტორები, გარემოზე ქმედების შედეგები მრავალი და მრავალფეროვანია. ამის გამო აქტუალურია მათი ერთობლივი შესწავლა, ანალიზი და პროგნოზი; გარკვეული მიზნების დასახვა, საჭირო ღონისძიებების დამუშავება და განხორციელება. ეს მოვლენები ხასიათდება დროისა და სივრცის მაღალი მასშტაბებით და პერიოდულობით, ამიტომ მათზე წარმოებულ დაკვირვებათა ანალიზი და განზოგადება მნიშვნელოვან სიძნელეებთანაა დაკავშირებული. ზოგჯერ მათი გადაწყვეტა შესაძლებელი და მიზანშეწონილია პროცესების მათემატიკური მოდელირების გზით.

ბის დასახვა, საჭირო ღონისძიებების დამუშავება და განხორციელება. ეს მოვლენები ხასიათდება დროისა და სივრცის მაღალი მასშტაბებით და პერიოდულობით, ამიტომ მათზე წარმოებულ დაკვირვებათა ანალიზი და განზოგადება მნიშვნელოვან სიძნელეებთანაა დაკავშირებული. ზოგჯერ მათი გადაწყვეტა შესაძლებელი და მიზანშეწონილია პროცესების მათემატიკური მოდელირების გზით.

ძირითადი ნაწილი

რთული და მრავალფაქტორიანი პროცესების მათემატიკური მოდელირებისათვის ხშირად საჭირო ხდება მთელი რიგი დაშვებების, გამარტივებების და სქემატიზირების გამოყენება. ამიტომ წარმოდგენილ ნაშრომში განიხილება თანაბარი, სტაციონარული, ტურბულენტური წყლის ნაკადი, სიმეტრიული ფორმის ცოცხალკვეთიან, ჰორიზონტისადმი მუდმივი α კუთხით დახრილ კალაპოტში, რომლის სქემა ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე.

ხოლო MKN რკალის სიგრძე L სველი პერიმეტრია და გვაქვს შემდეგი ფორმულები:

$$dL = \sqrt{1 + f'^2(y)} dy,$$

$$F = 2 \int_0^b (H - f(y)) dy, \quad (1)$$

$$L = 2 \int_0^b dL.$$

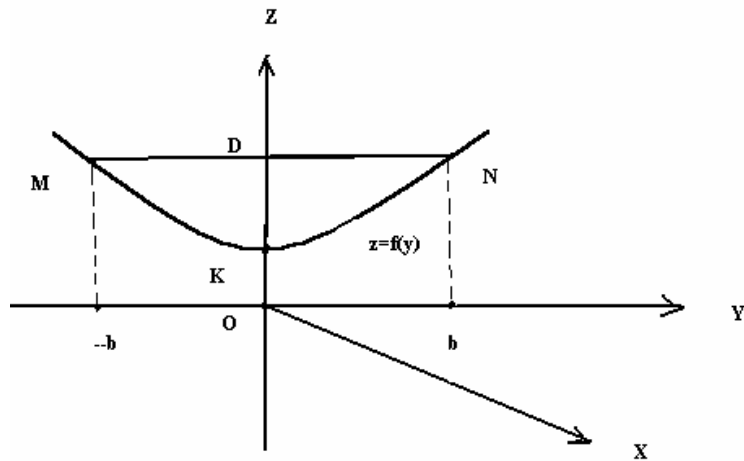
xyz ორთოგონალური სწორხაზოვანი კოორდინატთა სისტემაა. ნაკადის მიმართულებას განსაზღვრავს ox ღერძი, y განივი კოორდინატია, z - ვერტიკალური და გარდა ამისა გამოიყენება შემდეგი აღნიშვნები: $KD = H = const$ - ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის ნიშნობა, $OK = f(0)$ - ფსკერის ნიშნობა, $y = \pm b$ ნაპირების განივი კოორდინატებია, $B = 2b$ - ნაკადის სიგანეა, ხოლო $H_0 = H - f(0)$ - სიღრმეა. MKN ფიგურის ფართობი კალაპოტის F ცოცხალი კვეთია,

რეინოლდსის განტოლებებს წყლის აღნიშნული ნაკადისათვის აქვს შემდეგი სახე [1]:

$$\frac{\partial \tau_{xy}(y, z)}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}(y, z)}{\partial z} + \rho g \sin \alpha = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \tau_{yy}(y, z)}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}(y, z)}{\partial z} - \frac{\partial p(y, z)}{\partial y} = 0, \quad (3)$$

$$\frac{\partial \tau_{yz}(y, z)}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}(y, z)}{\partial z} - \frac{\partial p(y, z)}{\partial y} - \rho g \cos \alpha = 0, \quad (4)$$



ნახ. 1. წელის ნაკადის კალაპოტის ვირტუალური სქემა

სადაც ρ – წელის სიმკვრივეა, p – წნევა, g – დედამიწის მიზიდულობის აჩქარება, ხოლო τ_{xx}, τ_{xy} და ა.შ. ძაბვათა ტენზორის კომპონენტებია.

ვაინტეგრით (2) განტოლება dz -ით $f(y)$ -დან H -მდე და ჩავთვალოთ, რომ მხები τ_{xz} ძაბვის მნიშვნელობა ნაკადის თავისუფალ H ზედაპირზე ნულის ტოლია, ე.ი. $\tau_{xz}(y, H) = 0$, მაშინ ზოგიერთი გარდაქმნის შემდეგ მივიღებთ:

$$\tau_{xz}(y, f(y)) = \frac{\partial}{\partial y} \int_f^H [\tau_{xy}(y, z) dz - \tau_{xy}(y, f(y)) f' + \rho g \sin \alpha (H - f(y))] \quad (5)$$

(5) განტოლება გავამრავლოთ dL -ზე, ვაინტეგრით dy -ით $-b$ -დან b -მდე, გავითვალისწინოთ $f(y)$ და $\tau_{x,y}(y, z)$ ფუნქციების ლუწობა y არგუმენტის მიმართ და მიღებული შედეგი გავყოთ L -ზე, გვექნება:

$$\bar{\tau}_{x,z} = \rho g \sin \alpha \left(H - \frac{2}{L} \int_0^b \Phi(f, f') dy \right), \quad (6)$$

$$\Phi(f, f') = f \cdot \sqrt{1 + f'^2}, \quad (7)$$

სადაც $\bar{\tau}_{x,z}$ არის $\tau_{x,z}(y, z)$ ძაბვის საშუალო მნიშვნელობა ნაკადის სველი პერიმეტრის სიგრძეზე.

ანალოგიური წესით (3) და (4) განტოლებებიდან შეგვიძლია მივიღოთ τ_{yz} და

$\tau_{zz} - p$ ძაბვების საშუალო მნიშვნელობები სველი პერიმეტრის სიგრძეზე:

$$\bar{\tau}_{yz} = 0,$$

$$\overline{\tau_{zz} - p(y, f(y))} = p(y, H) + \rho g \cos \theta \left(H - \frac{2}{L} \int_0^b \Phi(f, f') dy \right),$$

სადაც $p(y, H)$ ატმოსფერული წნევაა, ხოლო $p(y, f(y))$ – ნაკადის წნევაა სველ პერიმეტრზე.

ეს ძაბვები დამოკიდებულია ერთი და იგივე ფუნქციონალზე

$$\int_0^b \Phi(f, f') dy \quad (8)$$

და განსაზღვრავს სველ პერიმეტრზე ნაკადის ქმედების შედეგად გამოწვეულ სრულ დატვირთვას.

(8) ფუნქციონალისათვის ეილერის განტოლება [2,3] მიიყვანება შემდეგ სახეზე

$$\Phi - f' \frac{d\Phi}{df'} = c_1,$$

საიდანაც (7) ფორმულის გათვალისწინებით მიიღება

$$f'^2 = \frac{f^2}{c_1^2} - 1, \quad f = \frac{1}{2} \left(c_2 e^{c_1} + \frac{c_2^2}{c_1} e^{-\frac{y}{c_1}} \right),$$

სადაც c_1 და c_2 ინტეგრირების მუდმივებია. $c_1 = c_2 = f(0)$ და საბოლოოდ გვაქვს ჯაჭვიწირის განტოლება [2]

$$f = \frac{f(0)}{2} \left(e^{\frac{y}{f(0)}} + e^{-\frac{y}{f(0)}} \right), \quad (9)$$

რომლისთვისაც სველი პერიმეტრის ბოლო-
 ებზე სრულდება პირობა

$$e^{\frac{b}{f(0)}} + e^{-\frac{b}{f(0)}} = \frac{2H}{f(0)}, \quad (10)$$

საიდანაც გვაქვს

$$\frac{b}{H} = \frac{f(0)}{H} \ln \left(\frac{H}{f(0)} + \sqrt{\frac{H^2}{f(0)^2} - 1} \right). \quad (11)$$

კავშირს ნაკადის ძირითად ინტეგრალურ
 მახასიათებლებს შორის განსაზღვრავს შემ-
 დეგი პიდრავლიკური დამოკიდებულებები [1]:

$$\frac{\bar{\tau}_{xz}}{\rho g} = \frac{u^2}{C^2} = Ri, \quad C = \frac{1}{n} R'; \quad (12)$$

სადაც u ნაკადის საშუალო სიჩქარეა
 ცოცხალ კვეთში, C - შეზის კოეფიციენტი,
 $i = \sin \alpha$ - ქანობი, $R = \frac{F}{L}$ - პიდრავლიკური

რადიუსი, ხოლო n - სიმქისის პიდრავლიკურ
 კოეფიციენტი; მაშინ (1), (6), (7) და (9)
 ფორმულებიდან გვაქვს:

$$L = 2f(0) \sqrt{\frac{H^2}{f^2(0)} - 1}, \quad F = 2Hb - f(0)L, \quad (13)$$

$$R = \frac{2Hb}{L} - f(0), \quad \bar{\tau}_{xz} = \rho g i \left(\frac{H}{2} - \frac{f(0)b}{L} \right);$$

ხოლო (11) და (12) ფორმულები გვა-
 ძღვეს:

$$2b = \frac{H + 2f(0)}{2H + f(0)} L,$$

$$(2Hb - f(0)L)^2 \left(\frac{2Hb}{L} - f(0) \right)^{2r+1} = \frac{n^2 Q^2}{i}, \quad (14)$$

სადაც Q ნაკადის ხარჯია.

რადგან განხილულ სქემაში კოორდინატ-
 თა სისტემის სათავის წერტილის არჩევას
 მნიშვნელობა არ აქვს, ამიტომ $f(0)$ -ის
 მნიშვნელობა შეგვიძლია დავასახელოთ
 ნებისმიერად იმ პირობით, რომ $f(0) < H$, ან
 გადავიდეთ ზღვარზე, როცა $f(0) \rightarrow 0$. ასეთ
 შემთხვევაში (11), (13) და (14) ფორმულები-
 დან ვლებულობთ:

$$L = 2H, F = H^2, R = \frac{H}{2}, \bar{\tau}_{xz} = \rho g i \frac{H}{2} \quad (15)$$

$$= \frac{H}{2}, H^{2r+5} = 2^{2r+1} \frac{n^2 Q^2}{i}$$

რადგან (7) ფორმულის თანახმად

$$\Phi_{ff'} = \frac{f(y)}{(1 + f'^2(y))^{3/2}} \geq 0 \quad -b \leq y < b,$$

ამიტომ (9) ამოხსნა ლეჟანდრის მიხედვით
 [3] უზრუნველყოფს (8) ფუნქციონალის
 მინიმუმს, ე.ი. $\bar{\tau}_{xz}$ და $\tau_{zz} - p(y, f(y))$
 ძაბვების მაქსიმუმს, რაც ხორციელდება Q
 ხარჯის მქონე ისეთი ნაკადის შემოქმედ-
 ბით, რომლის სიგანე სიღრმის ტოლია
 ($B = H$) და სამართლიანია (15) ფორმულები.
 ამას გარდა ეს ნიშნავს დინების უსწრაფესი
 რეჟიმის რეალიზებას და შესაძლებელია
 პიპოტეზურად ვიგულისხმოთ, რომ წყლის
 მოძრაობის ასეთ სურათს ადგილი ექნება
 კალაპოტის ფორმის თავისუფალი თვითრე-
 გულირების შედეგად.

დასკვნა

განხილულია თანაბარი, სტაციონარული,
 ტურბულენტური წყლის ნაკადი, რომელიც
 მიედინება ჰორიზონტისადმი მუდმივი კუთ-
 ხით დახრილ სიმეტრიულ კალაპოტში. ვარი-
 აციული აღრიცხვის მეთოდის გამოყენებით

მიღებული (15) ფორმულები ნიშნავს, რომ
 წყლის მოძრაობის ასეთ სურათს ადგილი
 ექნება კალაპოტის ფორმის თავისუფალი
 თვითრეგულირების შედეგად.

ლიტერატურა

1. **Картвелишвили Н.А.** Потоки в недеформируемых руслах Л.: Гидрометеиздат, 1973.
2. **Зельдович Я.Б., Мишкис А.Д.** Элементы прикладной математики. М.:Изд-во "Наука", 1967.
3. **Цлаф Л.Я.** Вариационное исчисление и интегральные уравнения. М.: Изд-во "Наука", 1970.

ОЦЕНКА РИСКА ПАВОДКОВ НА Р. КУРЕ НИЖЕ ВПАДЕНИЯ Р. АРАКС

Гасанова Н.И.

E-mail: *naila.hasanova@mail.ru*

Бакинский Государственный Университет
AZ-1148, Баку, Азербайджан, ул.З.Халилова 23

ВВЕДЕНИЕ

Паводки являются одним из часто повторяющихся и наиболее значимых опасных природных явлений, охватывающих большие территории. Неожиданные паводки наносят огромный материальный ущерб экономике страны и являются серьезной угрозой для жизни и здоровья людей. Эта проблема стоит наиболее остро в поймах рек и на примыкающих территориях, где хозяйственная деятельность осуществляется без учета рисков паводков и наводнений. В таких условиях возникает острая необходимость в управлении паводками, как комплекса мероприятий, направленных на уменьшение потерь от паводков, как в экономическом отношении, так

и в социальном. Паводки и сопутствующие им негативные явления являются угрозой не только экономике страны, но и национальной безопасности [1,2].

За последнее десятилетие (начиная с 1993 г) в мире зафиксировано немалое количество наводнений, разовый ущерб от которых превышал 10 миллиардов долларов - в США, Европе, Китае и Корее [3]. Рост подобных катастроф требует отведения особой роли паводкам при оценке и анализе национальной и экологической безопасности. В связи с этим одним из первоочередных задач является разработка методов прогнозирования паводков, оценка опасности и борьбы с ними.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Как отмечено в [1], во многих странах изучению феномена риска уделяют большое внимание, а в США в ряде отраслей созданы системы анализа и менеджмента риска. В настоящее время разработаны научно-методические основы оценки рисков в различных областях деятельности человека: в области обеспечения промышленной безопасности при аварийных ситуациях, при оценке риска для здоровья и безопасности человека, геологической безопасности территорий и в области гидротехнического строительства. В современных условиях оценка риска является основной базой для принятия решений в различных областях экономики и

техники.

Под «оценкой риска» в нашем случае рассматривается процесс воздействия естественных природных явлений. Риск, как вероятностная величина, указывает пределы возможностей, в которых он находится и не может быть точно оценен.

При расчетах, связанных с наводнениями, под риском R надо понимать вероятность появления паводка с максимальным расходом в заданное время с известной обеспеченностью в данном створе[4]:

$$R(x) = 1 - F(x), \quad (1)$$

где $R(x)$ – вероятность (риск) превышения некоторого заданного числа x . F – российской

гидрологической практике $R(x)$ называют функцией обеспеченности или обеспеченностью; $F(x)$ – интегральная функция распределения случайной величины (в данном случае максимальных расходов воды), показывает вероятность того, что случайная величина не превысит некоторое заданное число x .

Вероятность, называемая риском R , что событие Q произойдет по крайней мере один раз в течении n последовательных лет, определяется по формуле[5]:

$$R_n = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n = 1 - \{F(\overline{Q})\}^n \quad (2)$$

Из формулы (1) следует, что можно нормировать срок службы сооружения и вероятность R_n превышения расчетного расхода за этот срок, т.е. вычислить $F(Q)$:

$$F(Q) = (1 - R_n)^{\frac{1}{2n}} \quad (3)$$

и определить Q по найденному значению $F(Q)$. После того, как вероятность $F(Q)$ задана, надо выбрать функцию распределения.

Для аппроксимации случайной статистической выборки экстремальных характеристик теоретической функцией распределения используют один из трех предельных законов: Гумбеля (I тип), Фреше (II тип), Вейбулла (III тип)[6]. За рубежом в практике расчетов максимального стока различной вероят-

ности превышения широко используется закон распределения Гумбеля [7]. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик рекомендует в качестве функции распределения вероятностей максимальных расходов воды трехпараметрическое гамма-распределение.

В данной работе с применением теории вероятностей произведена оценка риска паводков на р. Кура после впадения р.Аракс после строительства водохранилищ. Для исследований выбраны створы Сурра на р.Кура и Саатлы на р.Аракс. Продолжительности рядов наблюдений после строительства водохранилищ составляют соответственно 48 и 40 лет.

Средние максимальные расходы воды в створах Сурра и Саатлы за этот период равны соответственно 1100 м³/с и 505 м³/с. Средне-квадратические отклонения соответственно равны 472 м³/с и 267 м³/с.

В таблице $1 - p^* = \frac{m}{n}$ – частота события или эмпирическая обеспеченность. Математическое ожидание паводков рассчитано по формуле $m = \sum_{i=1}^n Q_i P^*$ и равно соответственно в створе Сурра на Кура 1200 м³/с и створе Саатлы на Аракс 510 м³/с.

Таблица 1

Интервалы и частота паводков на р.Кура-Сурра и р.Аракс-Саатлы

р. Кура-Сурра (n=48)				р. Аракс-Саатлы(n=40)			
интервалы (м ³ /с)	частота, m	$p^* = \frac{m}{n}$	$p^x (X \geq x)$	интервалы (м ³ /с)	частота, m	$p^* = \frac{m}{n}$	$p^x (X \geq x)$
491-500	1	0,021	1,000	148-200	3	0,075	1,000
501-750	7	0,146	0,979	201-300	6	0,150	0,925
751-1000	19	0,396	0,833	301-400	7	0,175	0,775
1001-1250	8	0,167	0,437	401-500	5	0,125	0,600
1251-1500	2	0,042	0,270	501-600	7	0,175	0,475
1501-1750	4	0,083	0,228	601-700	4	0,100	0,300
1751-2000	3	0,062	0,145	701-800	2	0,050	0,200
2001-2250	3	0,062	0,083	801-900	2	0,050	0,150
2251-2750	1	0,021	0,021	901-1000	3	0,075	0,100
				1001-1480	1	0,025	0,025

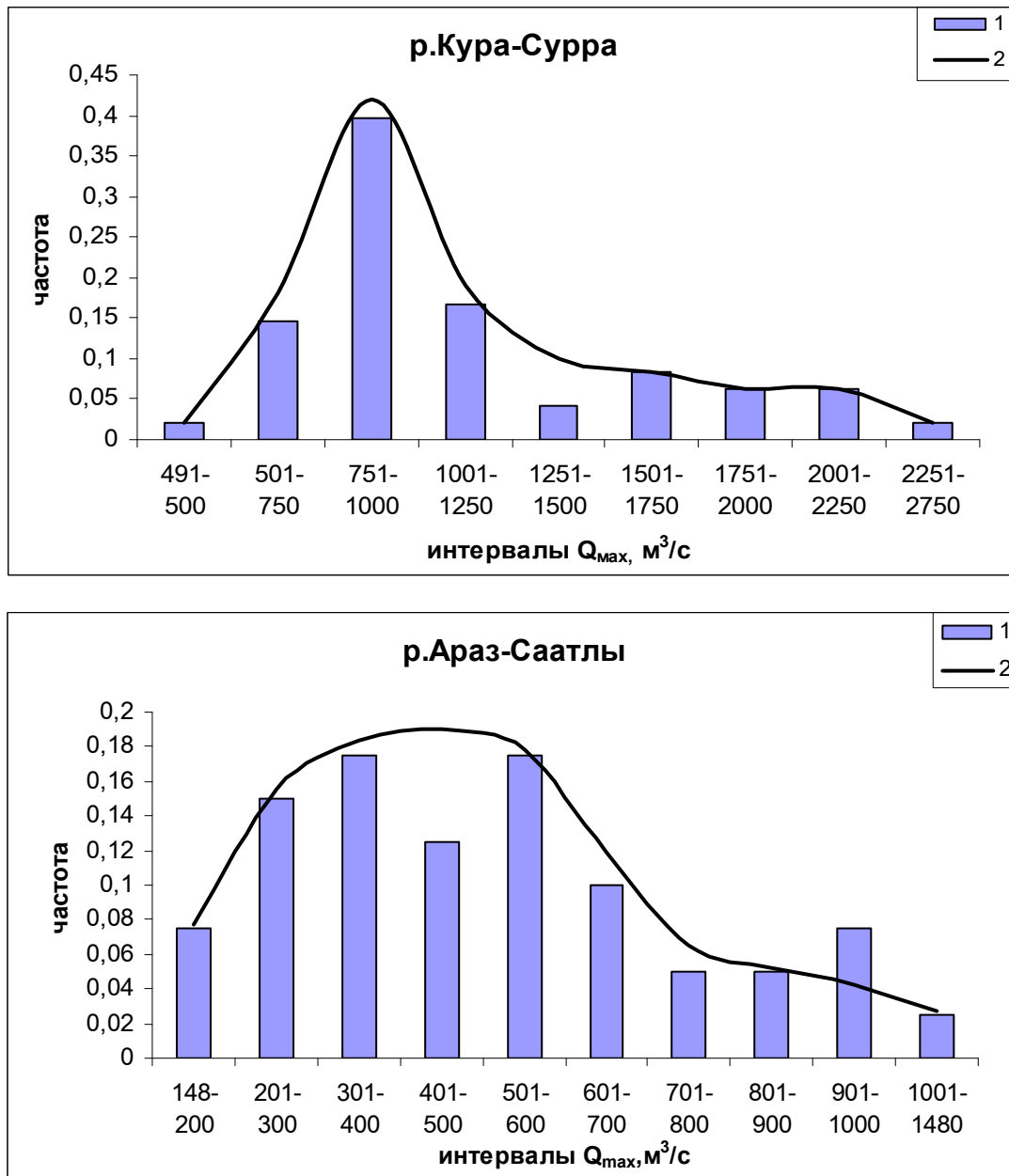


Рис. 1. Гистограмма и кривая распределения максимальных расходов паводков на р.Куре и р.Аракс после строительства водохранилищ

На рисунке 1 приведены гистограмма и соответствующая кривая распределения максимальных расходов паводков по интервалам в исследуемых створах.

Выбранный закон распределения максимальных значений Гумбеля имеет вид [7]:

$$P(X \leq x) = F(x) = \exp\{-\exp[-\alpha(x - q)]\}, \quad (4)$$

где q -мода случайной величины x , определяется значениями среднего и среднеквадратического отклонения (СКО) исходного ряда по формуле:

$$q = x_c - 0,45\sigma_x \quad (5)$$

Параметр α через значение среднеквадратического отклонения можно выразить так:

$$\alpha = 1,28/\sigma_x \quad (6)$$

Уравнения (5) и (6) связывают параметры при $n \rightarrow \infty$. Для конечных выборок из n членов Гумбель предложил следующие формулы:

$$\begin{aligned} (1/\alpha) &= \sigma_x / \sigma_y \\ q &= x_{cp} - y_{cp} (1/\alpha) \end{aligned} \quad (7)$$

Параметры u_{cp} и σ_y определяются в зависимости от длины анализируемого ряда по таблице [7].

Для створа Сурра на р. Кура ($n = 48$) $u_{cp} = 0,546$ и $\sigma_y = 1,150$.

Находим, что функция распределения $F(Q)_K = 0,95$.

На реке Аракс в створе Саатлы ($n = 40$) $u_{cp} = 0,541$ и $\sigma_y = 1,131$.

Следовательно находим, что функция распределения $F(Q)_A = 0,99$.

Полная вероятность двух независимых

событий, происходящих одновременно или последовательно, в данном случае паводков на р. Кура и р. Аракс, равна:

$$P_O = F(Q)_K \times F(Q)_A = 0.94$$

Риск или вероятность паводков определяется при $n = 1$:

$$R(\bar{Q}) = 1 - \{P(Q)\}^n$$

$$R_n = 0.06$$

Следовательно, риск появления паводков после строительства водохранилищ ниже впадения р. Аракс в р. Кура - велик.

ВЫВОДЫ

Таким образом, паводки и сопутствующие им негативные явления требуют отведения им особой роли при оценке и анализе экологической безопасности. Ранжирование паводков по экологической опасности, размещение и привлечение инвестиций, выработка стратегии борьбы с наводнениями, составление карт безопасности и т.д. - все это требует привлечения возможностей теории анализа рис-

ка. В конечном итоге, предвидение грозящего бедствия при достаточной точности прогнозирования и анализ риска необходимы для снижения ущерба и последствий негативных явлений от паводков.

Данная статья выполнена при поддержке гранта "50+50" Бакинского Государственного Университета.

Литература

1. **Мирицхулава Ц.Е.** Наводнения и национальная (экологическая) безопасность: прогнозирование катастрофических паводков и оценка рисков //Инженерная экология. №3, М.: 2004, с.21-31.
2. **Гавардашвили Г.В.** Экологическое равновесие селеносных водотоков вдоль Военно-Грузинской дороги (методы теорий надежности и риска) //Инженерная экология, №2, М.: 2002, с.11-17.
3. **Гарцман Б.И.** Дождевые наводнения на реках юга Дальнего Востока: методы расчетов, прогнозов, оценок риска. //Диссертация ... доктора географических наук, 25.00.27, Иркутск, 2005. (www.lib.ua-ru.net)
4. **Картвелишвили Н.А.** Стохастическая гидрология. Л: Гидрометеиздат, 1975, 162 с.
5. **Висмен У. мл., Харбаф.Т.И., Кнепп Д.У.** Введение в гидрологию. Л: Гидрометеиздат, 1979, 470 с.
6. **Васин В.П., Морошкин Ю.В., Скопинцев В.А., Фёдоров Ю.Г.** Вероятностно-статистический подход к определению расчетных климатических нагрузок на воздушные линии электропередачи. (ОАО «Институт «Энергосетьпроект») (www.expoelectroseti.ru)
7. **Сикан А.В.** Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. СПб: РГГМУ, 2007, 278 с.

ს ნ ო ტ ა ც ი ე ბ ი

წყალთა მეურნეობა

არაწრფივი ტალღური დინამიკის
მეთოდების გამოყენება
წყალმომარაგების მრუდების
სტატისტიკური ანალიზის
ამოცანებისათვის

ა. ბაღდოევი, ვ. ტოკმაჯიანი, მ. პოდსიანი
ერევნის არქიტექტურისა და მშენებლობის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ქ. ერევანი, სომხეთი

სტატიაში მოცემულია არაწრფივი ტალღური დინამიკის მეთოდების გამოყენება წყალმომარაგების პროცესების ალბათობების განაწილების გამოკვლევებისათვის ორი პარამეტრის ემპირიული მრუდების გასწვრივ ქ. გორისისთვის 2007-2009 წლებში და ტიპური საშუალო მრუდის გასწვრივ ქ. ერევნისათვის 2008 წელს.

გამოყოფილია მრუდების პარამეტრების მცირე ცვლილებების დამახასიათებელი ლატენტური უბანი, რომელიც აღწერილია ცნობილი დიფუზიის წრფივი განტოლებით პროცესის ალბათობებისთვის, ამასთან, შერჩეული კინეტიკური განტოლებების სისტემის თანახმად მათი ამოხსნა წარმოადგენს რყევითი-ექსპონენციალური სახის ტრენდს, და არაწრფივი დიფუზიური განტოლებით აღწერილ პარამეტრების მნიშვნელოვანი ცვლილებების უბანში ტრიგერული გადასვლის შემდეგ, ალბათობებისთვის მოცემულია მისი ამოხსნა დარტყმითი ტალღის სახით.

შემოთავაზებულია ალბათობების განსაზღვრის გამარტივებული მიდგომა აღნიშნული უბნების გასწვრივ პროცესების მნიშვნელოვანი ცვლილებების დარტყმითი ტალღის განტოლების და ემპირიული მრუდების დახრის საფუძველზე, რაც ახლოსაა თეორიულ დარტყმით ტალღასთან. განსაზღვრულია პარამეტრების მნიშვნელოვანი ცვლილებების ყველა უბნისათვის ერთიანი არაწრფივი კოეფიციენტი, რაც ამტკიცებს დარტყმითი ტალღების შერჩეული მოდელის გამოყენების შესაძლებლობას.

საკვანძო სიტყვები: წყალმომარაგება, შემთხვევითი პროცესები, დიფერენციალური განტოლებები, ტალღური დინამიკა.

წყალთა მეურნეობა

ლაჯანურის კაშხლის შესაძლო ავარიის
შემთხვევაში წარმოშობილი
წყალდიდობების მათემატიკური
იმიტაცია

გ. გავარდაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

ლაჯანურის თაღოვანი რკინა-ბეტონის კაშხლის ნგრევის შემთხვევაში წარმოშობილი წყალდიდობის მათემატიკური იმიტაციის მიზნით ნაშრომში გადაამუშავებულ იქნა “Волна-2” პროგრამის ალგორითმი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს კაშხლის ნგრევის შემთხვევაში ვიანგარიშოთ ტალღის სიჩქარე, გარბენილი მანძილი და რაც მთავარია, დატბორილი ტერიტორიის გეომეტრიული ზომები(მდინარის ღერძიდან მარჯვნივ და მარცხნივ) დროის ფაქტორის მხედველობაში მიღებით.

ლაჯანურის კაშხლის შესაძლო ავარიის შემთხვევაში, საბედნიეროდ, საშიშროება არ ემუქრება მოსახლეობას, რომელიც განლაგებულია, მდინარე რიონის მიმდებარე ტერიტორიებზე.

საკვანძო სიტყვები: კაშხალი, წყალდიდობის იმიტაცია, პროგნოზირება, ავარია.

ჰიდროტექნიკური ნაგებობების
საიმედოობა და რისკი

ტოლწინალობის თაღოვანი კაშხლების
ბაღამწყვეტ განტოლებათა სისტიმა

ზ. გუდენიძე, ტ. კვიციანი, ს. ავალიანი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში მოცემულია თაღოვანი კაშხლების ოპტიმალური დაპროექტების საკითხები, როცა მოცემული შუა ზედაპირის გეომეტრიის პირობებში განისაზღვრება კაშხლის საანგარიშო კვეთებში სისქეები, რომლებიც უზრუნველყოფს კაშხლის ტოლწინალობას ანუ კაშხლის ტანის მინიმალურ მოცულობას. გადამწყვეტ განტოლებათა

სისტემა წარმოდგენილია 5 წონასწორობის განტოლებით, 3 დეფორმაციათა სიჩქარის უწყვეტობის პირობით და 1 რთული დაძაბული მდგომარეობის მოდიფიცირებული სიმტკიცის პირობით. სისტემის ამოხსნის შედეგად ცალსახად განისაზღვრება 8 შინაგანი ძალოვანი ფაქტორი და ოპტიმალური სისქე. საკონტაქტო სიბრტყეზე „კაშხალი – ფუძე“ ძალები განისაზღვრება სასრული ელემენტების მეთოდით.

საკვანძო სიტყვები: თაღოვანი კაშხლები, შინაგანი ძალოვანი ფაქტორი, ოპტიმალური სისქე.

ჰიდროტექნიკური ნაგებობების საიმედოობა და რისკი

კატასტროფული ტალღის მათემატიკური მოდელირება ზონპარის კაშხლის ბარჯვევის შემთხვევაში

თ. გველესიანი¹, გ. ბერძენაშვილი²

- 1) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
- 2) შპს “BSC”

ქ. თბილისი, საქართველო

წარმოდგენილია ძირითადი შედეგები პროექტისა, რომელიც განხორციელდა კომპანია “ბრიტიშ პეტროლეუმის (BP)” დაფინანსებით. განიხილება ტალღა, რომელიც წარმოიქმნება მდ. პატარა ლიახვზე აგებული მიწის მაღალი (71 მ) მიწის კაშხლის მთლიანი რღვევის შედეგად. ავტორების მიერ შედგენილი ახალი კომპიუტერული პროგრამის საშუალებით მიღებულ იქნა ტალღის ყველა პარამეტრის გრძივი კოორდინატისა და დროის მიხედვით ცვლილების ამსახველი გრაფიკები. ამის საფუძველზე შესაძლებელი ხდება იმ საფრთხის პროგნოზირება, რომელიც შეიქმნება ტალღის ზემოქმედებისას გარემოზე და კერძოდ, მაგისტრალურ ბაქო-ჯეიხანის ნავთობსადენზე, რომელიც კვეთს მდ. დიდი ლიახვის კალაპოტს ქ. გორის ახლოს.

საკვანძო სიტყვები: კაშხალი, კაშხლის რღვევა, ჰიდროკვანძის გარემო, ქვედა ბიეფი, კაშხლის გარღვევის ტალღის მათემატიკური მოდელირება, მათემატიკური პროგნოზი; ტალღის პარამეტრები.

გარემოს დაცვა

გლობალური დათბობის ფონზე შავიზღვისპირეთის აბრაზიული პროცესებისა და დაცვა მდინარეთა ჰიდროლოგიური რეჟიმის დარღვევების გზით (მდინარე რიონის მაგალითზე)

რ. დიაკონიძე, ლ. წულუკიძე, თ. სუპატაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში განხილულია შავი ზღვის საზღვრების ცვლილებების მოკლე ისტორია უკანასკნელი 120-140 ათასი წლის პერიოდისათვის.

პლანეტის გლობალური დათბობის ფონზე შეფასებულია შავიზღვისპირეთის ფორმირების დღევანდელი პრობლემები და შემოთავაზებულია აბრაზიული პროცესების დაცვის ერთ-ერთი ოპტიმალური შესაძლებლობა – მდინარეთა მყარი ჩამონადენის დარეგულირების გზით.

საკვანძო სიტყვები: შავი ზღვა, გლობალური დათბობა, აბრაზია, მყარი ჩამონადენი.

დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები

მორენულ-მყინვარული კომპლექსების ტიპები, როგორც ტიან-შანის ბამყინვარების რეზერვისის კრიტერიუმი

ს. ეროხინი, ტ. ტუზოვა, დ. მამატკანოვი

ყირგიზეთის მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წყლის რესურსებისა და ჰიდროენერგეტიკის ინსტიტუტი ქ. ბიშკეკი, ყირგიზეთი

განხილულია მყინვარული ლითოგენეზის აკუმულაციური და ეროზიული ფაქტორები. მდნარი წყლებით მყინვარის გარეცხვის ენერჯის მიხედვით გამოყოფილია მორენულ-მყინვარული კომპლექსის ექვსი ტიპი ტიან-შანზე. შემოთავაზებულია მორენულ-მყინვარული კომპლექსის ტიპის მიხედვით განისაზღვროს მყინვარის რეგრესიის სტადია და გაკეთდეს მისი შემდგომი განვითარების პროგნოზი.

საკვანძო სიტყვები: ტიან-შანი, მორენულ-მეინვარული კომპლექსი, მეინვარული ლითოგენეზი, რეგრესიის სტადიები.

გარემოს დაცვა

თანამედროვე გეოტექნოლოგიური პროცესების ზეგავლენა ეკოსისტემაზე „ტრასეკა“ მშენებლობის ზონაში და მათი რეგულირება

ზ. ვარაზაშვილი, გ. ჩახაია, ს. მოდებაძე, ი. ხუბულავა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი ქ. თბილისი, საქართველო

წარმოდგენილი სტატია ეხება სამხრეთ საქართველოს ტერიტორიაზე გამავალი საერთაშორისო სატრანსპორტო დერეფნის – „ტრასეკა“-ს მშენებლობის და გავლენის ზონაში მიმდინარე თანამედროვე გეოტექნოლოგიურ პროცესებს, მათი წარმოშობის მიზეზებს, გავრცელების და განვითარების პირობებს. აღწერილია ამ პროცესების უარყოფითი ზეგავლენა ადგილობრივ ეკოსისტემაზე. სტატია მიზნად ისახავს საფუძველი ჩაუყაროს და ხელი შეუწყოს საქართველოში გეოტექნოლოგიური პროცესების აღნუსხვის, მონიტორინგისა და მართვის პრინციპების შემუშავებას.

საკვანძო სიტყვები: ტექნოლოგიური გარემო, ეკოსისტემა, ნიადაგის ეროზია, სენსიტიური უბნები, ტრასეკა.

გარემოს დაცვა

საქართველოს მიწის რესურსების ეკონომიკური შეფასების მეთოდოლოგიის ახალი მიდგომა

მ. ვართანოვი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი ქ. თბილისი, საქართველო

განხილულია სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების, მათ შორის სარწყავი ფართობების, გამოყენების დინამიკა. აპრობირებულია საქართველოს სხვადასხვა კატეგორიის მიწების სახალხო-სამეურნეო შეფასების ახალი მიდგომა. გაკეთებულია დასკვნა სასოფლო-

სამეურნეო სავარგულების მაღალეფექტური გამოყენების, ეკოლოგიური უსაფრთხოების, ეროვნული ეკონომიკის ყველა დარგის მდგრადი ფუნქციონირების აუცილებლობის შესახებ.

საკვანძო სიტყვები: ეკონომიკა, მიწის რესურსები, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები, ეკონომიკური შეფასება.

ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია

მდინარე ხადის-ხემის ჰიდროლოგია და ჰიდროგრაფია

ი. ზაქაიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში განხილულია მდინარე ხადის-ხემის ჰიდროგრაფია და აუხის გეოგრაფიული მდებარეობა, მდინარის მარჯვენა და მარცხენა შენაკადები, რომლებიც ხასითდება დვარცოფული პროცესებით და მოითხოვს სპეციალურ შესწავლას. განხილულია მდინარის წყალდიდობები, წყალმოვარდნები და მათი გამომწვევი მიზეზები.

ნაშრომში მოცემულია მდინარის საშუალო წლიური, მაქსიმალური და მინიმალური ხარჯები. მაქსიმალურ ხარჯებს ადგილი აქვს ზაფხულის პერიოდში, ხოლო მინიმალურ ხარჯებს ზამთრის პერიოდში.

ნაშრომში გაშუქებულ ზოგიერთ საკითხზე გამოყენებული იქნა ვიზუალური დაკვირვების მასალები.

საკვანძო სიტყვები: გამოზიდვის კონუსი, წყალდიდობა, დვარცოფი.

ჰიდროტექნიკური მშენებლობა

თიხოვანი ბრუნთების გამოკვლევა მტკვარი ჰემის მიწის კაშხლის მშენებლობის მიმდებარე ტერიტორიაზე

თ. თევზაძე,¹ ს. ბახტურიძე,² დ. ფოცხვერია,¹ ლ. ბილანიშვილი¹

¹ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
² შპს „მტკვარი ჰესი“
ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში მოყვანილია მტკვარი ჰემის მიწის კაშხლის ანტიფილტრაციული ელემენტების

მშენებლობისათვის განკუთვნილი თიხოვანი გრუნტების გეოტექნიკური გამოკვლევების შედეგები.

საკვანძო სიტყვები: კარიერი, გეოტექნიკური მახასიათებლები.

ჰიდროტექნიკური მშენებლობა

**ალუვიური კაჭარკენჭნარი ბრუნტების
მაქსიმალური სიმკვარისა და
ოპტიმალური ტენიანობის დადგენა
საცდელი დატკეპნების საშუალებით
მტკვარი ჰესის წყალშემკრები კაშხლის
მშენებლობაზე**

თ. თევზაძე,¹ ს. ბახტურიძე,² ს. კანდელაკი,³
დ. ფოცხვერია,¹ გ. ომსარაშვილი,¹
ლ. ბილანიშვილი¹

¹ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
² შპს „მტკვარი ჰესი“
³ შპს „გეოლ-სერვის პლიუს“
ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში წარმოდგენილია მდ. მტკვრის ალუვიური ტერასის კაჭარ-კენჭნარი გრუნტების საცდელი დატკეპნების შედეგები. ექსპერიმენტები განხორციელებულია სავლელ პირობებში მტკვარი ჰესის წყალშემკრები კაშხლის საყრდენი პრიზმების მშენებლობისთვის.

საკვანძო სიტყვები: მიწის კაშხალი, საცდელი დატკეპნა, გეოტექნიკური მაჩვენებლები, მაქსიმალური სიმკვრივე, ოპტიმალური სისქე.

ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია

**ყირგიზეთის ნარინსკის ოლქის
მდინარეთა აუზების ატმოსფერული
ნალექების ანალიზი წყლის რესურსების
შეფასების მიზნით**

ნ. ივანოვა, ნ. ერშოვა

ბ. ელცინის სახ. ყირგიზეთ-რუსეთის
სლავური უნივერსიტეტი
ქ. ბიშკეკი, ყირგიზეთი

მოყვანილია ნარინსკის ოლქის მდინარეების ჯერგეტალის და ონ-არჩის აუზების ფიზიკურ-გეოგრაფიული და კლიმატური

პირობები. განხილულია ნალექების განაწილების რუკის აგების მეთოდიკა ციფრულ ფორმატში (მასშტაბი 1:500000). ჩატარებულია ატმოსფერული ნალექების ცვლილების ანალიზი წყლის რესურსების რაოდენობის შემდგომი შეფასებისათვის განსახილველ მდინარეთა აუზებში.

საკვანძო სიტყვები: მდინარის, აუზი, ნალექების ჯამი, ვეგეტაციური პერიოდი, წყლის რესურსები, რუკა ციფრულ ფორმატში.

ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია

**ყირგიზეთის ნარინსკის ოლქის
მდინარეთა აუზების აორთქლებადობის
და წყალმოსხმარების დეფიციტის
ანალიზი წყლის რესურსების შეფასების
მიზნით**

ნ. ივანოვა, ნ. ერშოვა

ბ. ელცინის სახ. ყირგიზეთ-რუსეთის
სლავური უნივერსიტეტი
ქ. ბიშკეკი, ყირგიზეთი

მოყვანილია ნარინსკის ოლქის მდინარეების ჯერგეტალის და ონ-არჩის აუზების აორთქლებადობის და წყალმოსხმარების დეფიციტის ცვლილების გაანგარიშება და ანალიზი. განხილულია აორთქლებადობის და წყალმოსხმარების დეფიციტის განაწილების რუკების აგების მეთოდიკა ციფრულ ფორმატში (მასშტაბი 1:500000).

საკვანძო სიტყვები: მდინარის აუზი, ჰაერის ტემპერატურა, აორთქლებადობა, წყალმოსხმარების დეფიციტი, ვეგეტაციური პერიოდი, წყლის რესურსები, რუკა ციფრულ ფორმატში.

ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია

**აზერბაიჯანის შეუსწავლელი მთის
მდინარეების მინიმალური ჩამონადენის
ანბარიში**

ფ. იმანოვი, ა. გულიევა

ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ქ. ბაქო, აზერბაიჯანი

სტატია ეძღვნება მინიმალური ჩამონადენის საანგარიშო მეთოდების შემუშავებას და

სრულყოფას ახერხებდა მთის მდინარეების მაგალითზე. ნაჩვენებია, რომ წყალშემკრები აუზის ფართობის და მისი საშუალო სიმაღლის გაველენის ერთდროული გათვალისწინება მინიმალური ჩამონადენის საშუალო მრავალწლიურ სიდიდეზე, ანგარიშის სიზუსტის გაზრდის საშუალებას იძლევა. დადგენილია, შეუსწავლელი მდინარეების მინიმალური ჩამონადენის განსაზღვრისათვის გადაწყვენი კოეფიციენტების მეთოდთან ერთად შეასძლებელია პარამეტრიზაციის მეთოდის გამოყენებაც.

საკვანძო სიტყვები: მინიმალური ჩამონადენი, გადაწყვენი კოეფიციენტი, შეუსწავლელი მდინარეები, პარამეტრიზაციის მეთოდი, უზრუნველყოფის მრუდები.

ჰიდროტექნიკური ნაგებობების საიმედოობა და რისკი

საქართველოს მთის წყალსაცავებში სელიმენტაციური პროცესების ეკოლოგიური საიმედოობის შეფასება

ი. იორდანიშვილი, კ. იორდანიშვილი, ზ. ჭარბაძე, ლ. ჯავახიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

განხილულია საქართველოს მთის მსხვილ წყალსაცავებზე (თბილისის, ჟინვალის, ხრამის, შაორის, ალგეთის და სიონის) დაღეჭვის კვლევების შედეგები, რომლებიც ჩატარდა 1980-2011 წ.წ. დადგენილია ჟინვალის წყალსაცავზე ($V_{სტ} = 520$ მლნ მ³, $W_{სტ} = 63$ მლნ მ³) დაღეჭვის კრიტიკული სტადიის დასაწყისი, რომელიც გამოწვეულია ბოლო წლებში გახშირებული წყალდიდობებით.

მსხვილი წყალსაცავების ექსპლუატაციის მაღალი საიმედოობის შენარჩუნებისათვის შემოთავაზებულია შესაბამისი შემარბილებელი ღონისძიებები.

საკვანძო სიტყვები: წყალსაცავები, დაღეჭვა, ეკოლოგიური საიმედოობა.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია ძვანაყარით და ფასონური მასივებით გამაბრაველი ფერდობების და ტალღების ურთიმეტრამეტრების პროცესის მოდელირება

ი. იორდანიშვილი, მ. ვართანოვი, კ. იორდანიშვილი, ი. ირემაშვილი, ე. ხოსროშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

განხილულია ინფორმაცია ზვირთცემის ზონამდე ტალღური პროცესების მოდელირების სხვა მკვლევარების მიერ დამუშავებული მეთოდების შესახებ.

ზვირთცემის ზონისთვის (ტალღების მსხვრევის და ფერდზე მათი აგორების ზონა) მასშტაბური შემასწორებლების გათვალისწინებით შემოთავაზებულია ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების გადაანგარიშების მეთოდიკა: მაქსიმალური ტალღური წნევის, ფერდზე ტალღის აგორების სიმაღლის და ფერდზე ნაყარის ქვის დიამეტრის. გაანგარიშებები დაფუძნებულია სხვადასხვა მასშტაბის ტალღურ სტენდებზე ჩატარებული ჰიდროდინამიკური პროცესების კვლევების შედეგებზე.

საკვანძო სიტყვები: მოდელირება, ტალღები, ავტომოდელური ზონა, გაანგარიშების მეთოდიკა.

გარემოს დაცვა

ძვანაყარის საწინააღმდეგო ღონისძიებები საქართველოს საავტომობილო და სარკინიგზო სატრანსპორტო დერეფანში

ი. ირემაშვილი, ი. ფირცხალაიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში განხილულია საქართველოს ევრაზიის სატრანსპორტო (საავტომობილო და სარკინიგზო) დერეფანში ძვანაყარის საწინააღმდეგო ღონისძიებების განხორციელების ვარიანტები. გამოფიტვა დედამიწაზე

ერთ-ერთი მუდმივად მიმდინარე გეოლო- გიური პროცესია. გზებზე კლდოვანი ქანების ჩამონგრევა-ჩამოშვავების საშიშროების შემ- თხვევაში გამოფიტული, დანაპრალებული ფერდობული მასების ადგილზე დამაგრება ლითონის ბადეებითა და მათი შემდგომი დაბეტონება ტორკრეტირების მეთოდით, საქართველოს ეკონომიკური მდგომარეობის პირობებში ყველაზე საიმედო, ხანგამძლე, იაფი და ოპტიმალური ვარიანტია.

სტატიაში წარმოდგენილი კვლევის შედე- გებმა გვიჩვენა, რომ ტორკრეტბეტონის დამ- ცავი საფარის გამოყენება ეფექტურია წარ- მოებისას ტექნოლოგიური ოპერაციების სი- მარტივით, ეკონომიკურ-ტექნიკური ხელმისა- წვდომობით, მაღალი მობილურობით, სწრა- ფი შესრულებითა და ტექნიკური წარმოების კომპლექსურობით, რაც საქართველოს გზებ- ზე ჯერ არ განხორციელებულა.

საკვანძო სიტყვები: ქვათაცვენა, საავტო- მობილო და სარკინიგზო სატრანსპორტო დერეფანი, ტორკრეტირება, დამცავი საფარი.

ჰიდროტექნიკური ნაგებობების საიმედოობა და რისკი

მოქნილი დამცავი საფარის საიმედოობის გაანალიზების უზრუნველყოფის მიზნით ტექნიკური მოდელირების მიზნით

ლ. იტრიაშვილი, ქ. დადიანი, ხ. კიკნაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში განხილულია ნაკადის დინამიკური მახასიათებლებისა და ნაპირების გამაგრე- ბაზე მისი ზემოქმედების განსაზღვრის ძირი- თადი თეორიული დებულებები. მოყვანილია ექსპერიმენტული კვლევების შედეგები, ასევე მოკლედ არის გაშუქებული მოქნილი დამცავი საფარის პრაქტიკული გამოყენების საკითხი.

საკვანძო სიტყვები: ნაპირსამაგრები, და- ზიანებები, მოქნილი სამაგრები, გარეცხვა, მდგრადობა, ტურბულენტურობა, გაანგარიშე- ბის მეთოდიკა.

გარემოს დაცვა

მიწის ფერდობების ეროზიის საწინააღმდეგო გამაგრება ახალი სტაბილიზატორის გამოყენებით

ლ. იტრიაშვილი, ე. ხოსროშვილი, ნ. ნიბლაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი ქ. თბილისი, საქართველო

მოყვანილია ახალი გრუნტგამაუმჯობესე- ბელი პოლიკომპლექსის სსბმ-ის ზეგავლენა სხვადასხვა გრუნტის ექვივალენტურ შეჭი- დულობაზე, წყალმდგრადობაზე, წყლისმიერ და ქარისმიერ ეროზიაზე, ტენიანობაზე და ბალახის აღმოცენებაზე. კეთდება დასკვნა ფერდობების ეროზიის საწინააღმდეგო დაცვისათვის პოლიკომპლექსის გამოყენების მაღალეფექტიანობის შესახებ.

საკვანძო სიტყვები: ფერდობები, პოლი- კომპლექსი, სტაბილიზატორი, გამაგრება.

ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია

მდინარეებზე წყალმოვარდნებისა და მოსალოდნელი საზრთხეების სავარაუდო შეფასების მეთოდოლოგია

დ. კერესელიძე¹, გ. დონხაძე², ვ. ტრაპაიძე¹, ი. ზაქაიძე², პ. სალუქვაძე³

- 1) ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
- 2) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
- 3) ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის კავკასიის მინერალური ნედლეულის ინსტიტუტი ქ. თბილისი, საქართველო

კლიმატური ცვლილებების საერთაშორი- სო პანელის შესაბამისად კლიმატის მიმდი- ნარე ცვლილებები გაზრდის სტიქიური მოვ- ლენების ერთ-ერთ ყველაზე საშიში ფენომე- ნის – წყალმოვარდნებისა და წყალდიდობე- ბის ინტენსივობას და სიხშირეს. ცნობილია, რომ მდინარეების მიმდებარე ტერიტორიები, სხვადასხვა ფაქტორების გამო (რელიეფი, ნა- ყოფიერი ნიადაგი, წყლის რესურსების სიან- ლოვე, შედარებით განვითარებული ინფრა- სტრუქტურა და ა.შ.) იწვევს სხვადასხვა ორ- განიზაციების მნიშვნელოვან დაინტერესებას. ამიტომ ძალზე მნიშვნელოვანია მდინარისაგან

მოსალოდნელი საფრთხეების შეფასების ისეთი მეთოდოლოგიის დამუშავება, რომელიც სხვადასხვა სცენარებისათვის მაქსიმალურად ამომწურავი და ეფექტური სურათის შექმნას შეძლებს.

საკვანძო სიტყვები: წყალმოვარდნა, დატბორვა, მეთოდოლოგია.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია

ბრუნტაშის ფილტრაციის შემცირება ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების გამოყვანებით

ხ. კიკნაძე, ქ. დადიანი, ლ. მაისაია, ფ. ლორთქიფანიძე, მ. ნავროზაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში მოყვანილია ზედაპირულად აქტიური ნივთიერების – კაპროლაქტამის წარმოების კუბური ნარჩენების წყალხსნარით დამუშავებულ ქვიშნარ და თიხნარ გრუნტებში წყალგამტარობის შემცირების კვლევების შედეგები. კეთდება დასკვნა შემოთავაზებული მეთოდის პერსპექტიულობაზე.

საკვანძო სიტყვები: გრუნტები, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერება, წყალხსნარები, გაუფენოვა, წყალგაუმტარობა.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია

კვლევითი მორფოზის ჰიდრაგლიკა და პროცესის კომპიუტერიული იმიტაცია პრობრაშირების C++ ენის გამოყენებით

რ. კილაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი ქ. თბილისი, საქართველო

განხორციელებულია კვლევებში მორფოზის კომპიუტერიული იმიტაცია სრული თეორიული ბაზის, რიცხვითი მეთოდების და პროგრამირების C++ ენის გამოყენებით. შედეგები მაგალითების სახით მოყვანილი ცხრილში, სადაც განცალკევებულია შესატანი მონაცემები, რომლებიც განსაზღვრავს პროცესის მსვლელობას და გამოსატანი მონაცემები, რომლებიც განსაზღვრავს მორფოზის ხარისხს. შემუშავებული მეთოდი იძლევა

შესატანი მონაცემების ისეთი ნაკრების შერჩევის საშუალებას, რომლისთვისაც მიიღწევა მორფოზის საუკეთესო ხარისხი.

საკვანძო სიტყვები: თვითდინებითი მორფოზა, პროცესი, რიცხვითი მოდელირება, კომპიუტერიული იმიტაცია.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია

ზოლუში მორფოზის ჰიდრაგლიკა და პროცესის კომპიუტერიული იმიტაცია პრობრაშირების C++ ენის გამოყენებით

რ. კილაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი ქ. თბილისი, საქართველო

განხორციელებულია ზოლუში მორფოზის კომპიუტერიული იმიტაცია სრული თეორიული ბაზის, რიცხვითი მეთოდების და პროგრამირების C++ ენის გამოყენებით. შედეგები მაგალითების სახით მოყვანილია ცხრილში, სადაც განცალკევებულია შესატანი მონაცემები, რომლებიც განსაზღვრავს პროცესის მსვლელობას და გამოსატანი მონაცემები, რომლებიც განსაზღვრავს მორფოზის ხარისხს. შემუშავებული მეთოდი იძლევა შესატანი მონაცემების ისეთი ნაკრების შერჩევის საშუალებას, რომლისთვისაც მიიღწევა მორფოზის საუკეთესო ხარისხი.

საკვანძო სიტყვები: თვითდინებითი მორფოზა, პროცესი, რიცხვითი მოდელირება, კომპიუტერიული იმიტაცია.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია

ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია

ბრუნტის წყლულის დონეების დაწვის ანბარიში ვერტიკალური დრენაჟის ჰაზურდიკების მოქმედებით არიდული კლიმატის პირობებში

რ. ლიტვაკი

ყირგიზეთის მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წყლის პრობლემების და ჰიდროენერგეტიკის ინსტიტუტი ქ. ბიშკეკი, ყირგიზეთი

სტატიაში მიღებულია დამოკიდებულებები ვერტიკალური დრენაჟის ჰაზურდიკების მოქმედების გამოსათვლელად გრუნტის

წყლების აორთქლების მნიშვნელოვანი ინვერსიისას. ჭაბურღილის მიმდებარე ზონაში, სადაც გრუნტის წყლების დონის სიღრმე კრიტიკულ დონეზე დაბალია, ინვერსია მოცემულია, როგორც მუდმივი სიდიდე. ზონაში, სადაც დონის სიღრმე კრიტიკულ დონეზე მაღალია, აორთქლების ინვერსია წრფივად არის დამოკიდებული დონის წინასწარ უცნობ სიღრმეზე. გათვალისწინებულია გადაღინება ქვემოთ განლაგებული წყალშემცველი ჰორიზონტებიდან. შუა აზიის კლიმატურ პირობებში აორთქლების ინვერსიის დეტალური გათვალისწინების მნიშვნელობის საილუსტრაციოდ ჩატარებულია დონეების პროგნოზული დაწვევის შედარება ტრადიციული მეთოდებით გამოთვლილ დონეების დაწვევასთან. გაანგარიშება ტარდებოდა ქ. ბიშკეკის ჩრდილო ნაწილის კლიმატური და ჰიდროგეოლოგიური პირობებისათვის. სხვაობა გრუნტის წყლების დონის პროგნოზულ სიღრმეებში 1 მ-ს აღემატება. როდესაც გრუნტის წყლები ღრმად არ არის განლაგებული, ეს ცდომილება დაუშვებლად დიდია, რაც მიუთითებს ვერტიკალური დრენაჟის საანგარიშო ტრადიციული ფორმულების გამოყენების შეუძლებლობაზე შუა აზიის კლიმატურ პირობებში.

საკვანძო სიტყვები: გრუნტის წყლების აორთქლების ინვერსია, ვერტიკალური დრენაჟი.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია

ნატანდამცავი ზღურბლის ბეზმის კონფიგურაციის თეორიული განსაზღვრის რეკომენდაციები

გ. ლოგინოვი

ბ. ელცინის სახ. ყირგიზეთ-რუსეთის სლავური უნივერსიტეტი
ქ. ბიშკეკი, ყირგიზეთი

შემოთავაზებულია მთის მდინარეებიდან სანაპირო წყალმიმღები ნაგებობების სათავისების ნატანდამცავი პროცესების თეორიული დასაბუთების მეთოდიკა. დასაბუთებულია ფუნქციონალური დამოკიდებულებების სახეობა ნატანდამცავი ფსკერული ზღურბლის გეგმის კონფიგურაციის დასადგენად.

საკვანძო სიტყვები: ფსკერული ზღურბლი, ნატანდაცვა, წყლის ცირკულაცია, წყალამღები, წყალმიმღები სათავისები, საან-

გარიშო სქემა.

გარემოს დაცვა

კოლხეთის მძიმე ჭარბტენიანი ნიადაგბრუნების გასტრუქტურება კოლიკომპლექსის სსბმ-ის ბამოყენებით

**ლ. მაისაია, მ. შავლაყაძე,
შ. კუპრეიშვილი, ფ. ლორთქიფანიძე**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

დადგენილია ნაშრომში მოყვანილია კოლხეთის მძიმე ჭარბტენიანი ნიადაგ-გრუნტების პოლიკომპლექსით სსბმ-ით გასტრუქტურების კვლევის შედეგები. მოყვანილია გასტრუქტურების შედეგად ნიადაგ-გრუნტების მიერ შექმნილი ახალი თვისებების მახასიათებლები. ნაჩვენებია, რომ გასტრუქტურებულ ნიადაგებზე სიმინდის მოსავალი იზრდება 90%-ით.

საკვანძო სიტყვები: ნიადაგგრუნტები, პოლიკომპლექსი სსბმ, გასტრუქტურება.

წყალთა მეურნეობა

მცირე ფხალსაცავების როლი ღვარცოფისგან დაცვაში (ტაჯიკეთის მახალითხე)

**დ. მამატკანოვი,¹ უ. მურთაზაევი,²
ი. საიდოვი³**

- 1) ყირგიზეთის მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წყლის პრობლემების და ჰიდროენერგეტიკის ინსტიტუტი
ქ. ბიშკეკი, ყირგიზეთი
- 2) ს. აინის სახ. ტაჯიკეთის სახელმწიფო პედაგოგიური უნივერსიტეტი
- 3) ტაჯიკეთის მეცნიერებათა აკადემიის წყლის პრობლემების, ჰიდროენერგეტიკის და ეკოლოგიის ინსტიტუტი
ქ. დუშანბე, ტაჯიკეთი

სტატიაში წარმოდგენილია წყალსაცავების, როგორც სტიქიური უბედურებების (ღვარცოფი, წყალდიდობა და სხვა) მძიმე შედეგების მინიმიზაციის ტექნოგენური ფაქტორის მნიშვნელობა. შემოთავაზებულია ტაჯიკეთის ტერიტორიის ღვარცოფული მოვლენებისგან დაცვის საინჟინრო მეთოდებს

მიგაკუთვნოთ მცირე წყალსაცავების შექმნა, როგორც ღვარცოფის შესაკავებლად, ასევე ღვარცოფული მასის აკუმულაციისათვის.

საკვანძო სიტყვები: მცირე წყალსაცავები, ღვარცოფის შეკავება, ღვარცოფული მასის აკუმულაცია.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია

მორწყვითი და დაშრობითი მელიორაციის გავლენა აზერბაიჯანის რესპუბლიკის მულანო-სალიანის სტეპის ჰიდროლოგიურ პირობებზე

ე. მამედოვა, ს. ალიევი

ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ქ. ბაქო, აზერბაიჯანი

კვლევების შედეგად შესწავლილია მორწყვითი და დაშრობითი მელიორაციის გავლენა მულანო-სალიანის სტეპის ჰიდროგეოლოგიურ პირობებზე. გამოკვლეულია ჰიდროგეოლოგიური პირობები მთავარი მილსკიმულანოს კოლექტორის მშენებლობამდე და მშენებლობის შემდეგ და ჩატარებულია გრუნტის წყლების რეჟიმული მანვენებლების შედარებითი ანალიზი.

საკვანძო სიტყვები: ჰიდროგეოლოგიური პირობები, გეოლოგიური აგებულება, მიწისქვეშა წყლები, ბალანსი, რეჟიმული მანვენებლები.

წყალთა მეურნეობა

სომხეთის წყლის რესურსების ეფექტური მართვის და დაცვის სომხეთის პრობლემა

ტ. მარტიროსიანი

ერევნის არქიტექტურისა და მშენებლობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ქ. ერევანი, სომხეთი

სტატიაში წარმოდგენილია სომხეთში წყალმომარების ძირითადი მიმართულებები, გაანალიზებულია წყლის რესურსების მართვის და დაცვის ეფექტური განვითარების ხელის შემშლელი პრობლემები და დასახულია პრიორიტეტული გზები ამ პრობლემების გადასაჭრელად.

საკვანძო სიტყვები: წყლის რესურსები, წყალმომარება, წყლის რესურსების დაგეგ-

მვა, წყლის რესურსების დაცვა, წყლის ეკონომია.

გარემოს დაცვა

კანალიზაციის ჩამდინარე წყლების დანალექის ანაერობული დუღილის პროცესის ბამოკვლევა

ა. მესრალიევი, მ. მურადოვი, გ. სადიხოვი

სუმგაითის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ქ. სუმგაითი, აზერბაიჯანი

გამოკვლეულია კანალიზაციის წყლების დანალექის ანაერობული დუღილის პროცესი თერმოდინამიკურ რეჟიმში ლაბორატორიულ დანადგარზე. დამზადებულია ანაერობული დუღილის პროცესის დამახასიათებელი კვების მრეწველობის თხევადი ნარჩენების საფუძველზე. დამახასიათებელი – ბიოკატალიზატორით – ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევების შედეგად დადგენილია რეაქციულ ზონაში დასამატებელი ოპტიმალური რაოდენობა. დადგენილია ასევე, რომ ბიოკატალიზატორი აჩქარებს ანაერობული დუღილის პროცესს 2,5-ჯერ. გამოცდილია ბიორეაქტორის ახალი კონსტრუქცია საპილოტო დანადგარზე ბიორეაქტორის საერთო მოცულობით 20 მ³. აღსანიშნავია, რომ საპილოტო დანადგარზე ჩატარებული გამოცდის შედეგებმა დაადასტურა ლაბორატორიულ პირობებში მიღებული შედეგები.

საკვანძო სიტყვები: დანალექი, ანაერობული დუღილი, ბიოაირი, ბიოკატალიზატორი, ბიორეაქტორი.

წყლის მეურნეობა

სარწყავი წყალმომარაგების ძირითადი საკითხები

მ. მკრტუმიანი, გ. ჰოვანისიანი

ერევნის არქიტექტურისა და მშენებლობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ქ. ერევანი, სომხეთი

სარწყავ წყალმომარაგებას დიდი როლი აქვს სომხეთის რესპუბლიკის სოფლის მეურნეობის განვითარებაში. ბოლო წლების მანძილზე იყო აღინიშნა კულტივირებული მიწების 13%-იანი ზრდა და ცვლილება

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების შემადგენლობაში, 15%-ით გაიზარდა რესპუბლიკაში მომგებიანი კულტურებით დაკავებული სავარგულების ფართობი.

სისტემის ერთ-ერთი მთავარი პრობლემაა წყალმომარაგების მიწოდება მექანიკური გზა, რომელიც სერიოზულად ზრდის სარწყავი წყლის თვითღირებულებას.

ირიგაციის სფეროში დიდი მნიშვნელობა აქვს სწორ სატარიფო პოლიტიკას. სარწყავი წყლის მიღება-განაწილებას ახორციელებს სამი დახურული სააქციო საზოგადოება.

განხორციელდა ძირითადი არხების აღდგენის პროექტები, რის შედეგადაც აღდგენილია დაახლოებით 310 კმ სიგრძის ძირითადი არხები, საერთო ღირებულებით 29 მლრდ სომხური დრამა.

სულ სარწყავი სისტემების ექსპლუატაციისათვის წლიურად საჭიროა 8.4 მლრდ სომხური დრამა.

ღია და დახურული სადრენაჟო სისტემების ძირითადი რემონტისა და აღდგენის სამუშაოები ძირითადად ჩართულია ათასწლეულის გამოწვევის პროექტში და მისი საერთო ღირებულება შეადგენს 15,68 მლნ აშშ დოლარს.

საკვანძო სიტყვები: საირიგაციო წყალმომარაგება, არხი, სატარიფო პოლიტიკა.

გარემოს დაცვა

ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოვის ფორმირების, წყალსადინარში მოძრაობისა და ნარიყის კონუსზე ბაჩმარების ჰიდრავლიკური მოდელი

ო. ნათიშვილი, ვ. თეგზაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი ქ. თბილისი, საქართველო

შემოთავაზებულია ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოვის ეროზიულ კერაში ფორმირების, მისი წყალსადინარში მოძრაობის და ნარიყის კონუსზე განფენის გაანგარიშების ჰიდრავლიკური მოდელი ნაკადის არანიუტონური (რეოლოგიური) თვისებების გათვალისწინებით. მოდელი იძლევა საშუალებას მდინარის კალაპოტისა და ნარიყის კონუსის მიდამოებში ეფექტურად განვითავსოთ ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობები ადგილობრივი ინფრასტრუქტურის უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად.

რეოლოგიის უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად.

საკვანძო სიტყვები: ჰიპერკონცენტრაცია, ღვარცოფი, ნარიყის კონუსი, ჰიდრავლიკური მოდელი.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია

მთისა და მთისწინა ფართობების ნიადაგქვეშა – ჯვეთური მორწყვის სრულყოფის აპროექტი

გ. ომსარაშვილი,¹ ა. სახვაძე,¹ გ. ომსარაშვილი,² ლ. სახვაძე¹

¹ საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი
² საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი ქ. თბილისი, საქართველო

ნიადაგქვეშა ჯვეთური მორწყვის შემთხვევაში შემოთავაზებულია ისეთი ჰიდრავლიკური სქემა, რომლის დროსაც წყლის მოძრაობა და ნიადაგში ტენის გადაცემა დამოკიდებულია, როგორც გრავიტაციის კანონზე, ასევე ზედაპირულ-მოლეკულურ ძალებზე. აღნიშნულიდან გამომდინარე, განმანაწილებელ მილსადენში წყლის ოპტიმალურ-პარციალური ხარჯების მიწოდების მიზნით კონსტრუირებულია ახალი ავტომატური ხელსაწყო.

საკვანძო სიტყვები: ნიადაგქვეშა ჯვეთური მორწყვა, მაგისტრალური და განმანაწილებელი მილსადენი, წნევის ჩამქრობი აპარატი, რეზერვუარი.

გარემოს დაცვა

ფერდობზე ეროზიის საწინააღმდეგო არხის მოწყობის ახალი ტექნოლოგია და არხისმჭრელი

ვ. სამხარაძე, თ. ჯანელიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში მოცემულია არხებზე მექანიზმების და ტექნოლოგიების მოკლე დახასიათება. ფერდობზე ზედაპირული წყლის ენერჯის დამსშობი არხების დაჭრა და ეროზიული პროცესების შემცირება ინტენსიური წვიმების დროს.

ამჟამად აღნიშნული არხები იჭრება გუთნისებური არხისმჭრელებით. მათ მიერ გაჭრილი არხები არამდგრადია და ფერდებზე და ძირზე აქვს ნახლეჩები, რაც ხელს უწყობს ეროზიული პროცესების განვითარებას. აქტიური არხისმჭრელები ხასიათდება კონსტრუქციული სირთულით, აქვს დაბალი წარმადობა და ძვირადღირებულია.

შემოთავაზებული საგორი არხისმჭრელი არხს ჭრის არა თხრით, არამედ გატკეპნით. ახალი ტექნოლოგია და კონსტრუქცია საშუალებას იძლევა გაიზარდოს არხის ფერდებისა და ძირის მდგრადობა, მთელი წლის განმავლობაში მიიღოს ზედაპირული წყლის ნაკადი და დაახლოს მისი გამრეცხი ძალა. არხისმჭრელი მარტივია და აქვს მაღალი წარმადობა.

საკვანძო სიტყვები: საგორი არხისმჭრელი, ჭრა, ტკეპნა, ეროზია, წყლის ნაკადი, მდგრადობა.

ჰიდროტექნიკური ნაგებობების საიმედოობა და რისკი

ტერიტორიების ეკოლოგიური რისკის შეფასება

ლ. ფურცელაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში განხილულია ტერიტორიის ექსპლუატაციის ხანგრძლივობის შეფასების საჭიროება და მოცემულია მისი ეკოლოგიური რისკის შეფასების მიმდევრობა დაზიანების ან წყობიდან გამოსვლის შემთხვევაში.

განსაზღვრულია ეკოლოგიური რისკის წარმოქმნის სისშირე.

განმარტებულია ტერიტორიის ეკოლოგიური რისკის შესაფასებელი პარამეტრის ძალდებული შეფასება. მოცემულია გადაადგილებული და გადაუადგილებელი შეფასებანი მათემატიკური ლოდინის საშუალებით.

პრაქტიკული მიზნებისათვის სავალდებულო არ არის ტერიტორიის ეკოლოგიური რისკის ჭეშმარიტი მნიშვნელობის პოვნა. ამისათვის საკმარისია „ნდობის ალბათობის“ იმ საზღვრების ცოდნა, რომელთა შიგნით იგი მდებარეობს.

სტატიაში საზღვრების გაანგარიშება

ჩატარებულია სტიუდენტის განაწილების დახმარებით.

საკვანძო სიტყვები: რისკი, გარემო, გადაადგილებული შეფასება, გადაუადგილებადი შეფასება, ძალდებული შეფასება, სტიუდენტის განაწილება, ავარია, ალბათობა.

გარემოს დაცვა

მდინარე რიონის ქალაქის არხით ზღვასთან შესართავ უბანში ზღვის სანაპირო ზოლის მდგრადობის საპროექტი

ი. ქადარია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში განხილულია მდინარე რიონის ზღვასთან შესართავ აკვატორიაში სანაპირო ზოლის მდგრადობის და ნაპირდაცვითი ღონისძიებების გაუმჯობესების კერძო შემთხვევა, როცა ზღვაში მდინარე შეედინება წყალდიდობის ნატანშემცველი რეგულირებადი ხარჯებით. აღწერილია ტალღური ზემოქმედებით გამოწვეული პროცესები და რიცხვითი მაგალითებით ნაჩვენებია მოსალოდნელი შედეგები.

შემუშავებულია მდინარე რიონის ქალაქის არხით ზღვასთან შესართავი აკვატორიის სანაპირო ზოლის ნაპირდაცვითი ღონისძიებების გაუმჯობესების რეკომენდაციები.

საკვანძო სიტყვები: მდინარეთა შესართავი აკვატორია, რეგულირებადი წყალდიდობის ნატანშემცველი ხარჯები, შტორმი.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია

ნიადამ-ბრუნტაძის ფილტრაციული მდგრადობის კრიტიკული

ვ. შურღაია, შ. კუპრეიშვილი, პ. სიჭინავა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი ქ. თბილისი, საქართველო

დადგენილია, რომ კრიტიკული სინქარე რომელიმე ერთგვაროვანი გრუნტისათვის უხეში მიახლოებით, რიცხობრივად ფილტრაციის კოეფიციენტის ტოლია. მოყვანილია ფორმულები, რომლებიც საშუალებას იძლევა

განისაზღვროს ფილტრაციის კოეფიციენტის ცვალებადობა დროის გარკვეულ ინტერვალში, აგრეთვე გამოითვალოს განმარტების სიმძლავრე და თაბაშირის რაოდენობა.

საკვანძო სიტყვები: ჰიდროსტატიკური წნევა, გრადიენტი, ზღვრული წონასწორობა, ფილტრაციული ნაკადი.

გარემოს დაცვა

მთის ზედაპირზე მიმდინარე ნიადაგის დებრადაციის პროცესების საწინააღმდეგო თანამედროვე ღონისძიებები

გ. ჩახაია, ზ. ვარაზაშვილი, რ. დიაკონიძე, ლ. წულუკიძე, ი. ხუბულავა, თ. სუპატაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში განხილულია ნიადაგის დეგრადაციის საწინააღმდეგო მსოფლიოში აპრობირებული და ჩვენ მიერ დამუშავებული თანამედროვე ღონისძიებები. განხილულია თითოეული მათგანის შესაძლებლობები. საქართველოს პირობებისათვის დამუშავებულია იაფი, ტექნიკურად ადვილად დასამზადებელი და დასამონტაჟებელი გეოხალიჩა „ნესფილე-2“, რომელიც თანამედროვე სტანდარტებს პასუხობს. მისი გამოყენება მიწის რესურსების დაცვის მიმართულებით რეკომენდებულია, როგორც ეფექტური ღონისძიება ადგილობრივი ბიომრავალფეროვნების აღსადგენად და შესაბამისად ეკოლოგიური წონასწორობის შესანარჩუნებლად.

საკვანძო სიტყვები: ნიადაგის დეგრადაცია, სატრანსპორტო დერეფანი, ბიომრავალფეროვნება, გეოხალიჩა, ნესფილე-2.

გარემოს დაცვა

კალაპოტიანი ნაკადის მათემატიკური მოდელირება ვარიაციული მეთოდის გამოყენებით

გ. ჩიტიშვილი, გ. დონხაძე, ლ. კეკელიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი ქ. თბილისი, საქართველო

სტატია ეძღვნება თავისუფალზედაპირიანი ტურბულენტური წყლის ნაკადის კალაპოტის ცოცხალი კვეთის ფორმისა და სხვა ინტეგრალურ მახასიათებელთა განსაზღვრას ვარიაციული აღრიცხვის მეთოდების გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: კალაპოტიანი ნაკადი, რეინოლდსის განტოლება, ძაბვები, ეილერის განტოლება.

ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია

წყალდიდობების რისკის შეფასება მდ. მტკვარზე მდ. არაქსთან შეერთების შემდეგ

ნ. ჰასანოვა

ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტი ქ. ბაქო, აზერბაიჯანი

წყალდიდობებს და მათ თანმდევ ნეგატიურ მოვლენებს განსაკუთრებული როლი ენიჭება ეკოლოგიური უსაფრთხოების შეფასებისა და ანალიზის დროს. სტატიაში აღბათობის თეორიის გამოყენებით ჩატარებულია წყალდიდობების რისკის შეფასება მდ. მტკვარზე მდ. არაქსთან შეერთების შემდეგ. დადგენილია, მდ. მტკვარზე მინგეჩაურის წყალსაცავის და მდ. არაქსზე არაზის წყალსაცავის მშენებლობის შემდეგაც კი საკმაოდ დიდია წყალდიდობების წარმოქმნის რისკი.

საკვანძო სიტყვები: წყლის მაქსიმალური ხარჯი, წყალდიდობების მართვა, რისკის შეფასება.

А Н Н О Т А Ц И И

Водное хозяйство

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЛИНЕЙНОЙ ВОЛНОВОЙ ДИНАМИКИ К ЗАДАЧАМ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КРИВЫХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

**Багдоев А. Г., Токмаджян В.О.,
Погосян М.З.**

Ереванский государственный университет
архитектуры и строительства
г. Ереван, Армения

В статье дается применение методов нелинейной волновой динамики к исследованию распределения вероятностей процессов водоснабжения вдоль эмпирических кривых двух параметров для г. Горис за 2007-2009 г.г. и типичной средней кривой для г. Еревана за 2008 г.

Выделена характерная латентная область малых изменений параметров кривых, описываемая известным линейным уравнением диффузии для вероятностей процесса, причем, согласно выбранной системе кинетических уравнений их решения являются трендом довольно общего колебательно-экспоненциального вида, и после триггерного перехода в области больших изменений параметров, описываемых нелинейным диффузионным уравнением, для вероятностей дается его решение в виде ударной волны.

Предложен упрощенный подход определения вероятностей вдоль указанных участков сильных изменений процессов на основании уравнения ударной волны и наклонов эмпирической кривой, близкой к теоретической ударной волне, а также определяется и единый для всех участков сильных изменений параметров нелинейный коэффициент, что подтверждает применимость выбранной модели ударных волн.

Ключевые слова: водоснабжение, случайные процессы, дифференциальные уравнения, волновая динамика.

Водное хозяйство

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ИМИТАЦИЯ ВОЗМОЖНЫХ НАВОДНЕНИЙ В СЛУЧАЕ АВАРИИ НА ЛАДЖАНУРСКОЙ ПЛОТИНЕ

Гавардашвили Г. В.

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

С целью представления математической имитации наводнений в случае разрушения волнообразной железобетонной плотины был обработан алгоритм программы “Волна-2”, который дает возможность, в случае разрушения плотины, рассчитать скорость и расстояние пробег волны и, что самое главное, геометрические размеры затопленных территорий (налево и направо от устья реки) с учетом временного фактора.

К счастью, в случае аварии на Ладжанурской плотине, опасность не грозит населению близлежащих районов.

Ключевые слова: плотина, имитация наводнения, прогноз, авария.

**Надежность и риск
гидротехнических сооружений**

СИСТЕМА РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ РАВНОПРОЧНЫХ АРОЧНЫХ ПЛОТИН

**Геденидзе З.Ш., Квициани Т.А.,
Авалиани С.И.**

Грузинский Технический Университет
г. Тбилиси, Грузия

В работе изучаются вопросы, связанные с проектированием равнопрочных плотин производного очертания с учётом разносопротивляемости материала растяжению и сжатию.

Выполнение условия равнопрочности арочных плотин можно достигнуть различными путями, среди которых в работе предпочтение даётся подбору толщин при заданной геометрии срединной поверхности. Так как решить поставленную задачу аналитическим путём

затруднительно, для решения задачи в работе применяется метод конечных разностей. Шаг сетки в вертикальном направлении принимается постоянным, а в горизонтальном направлении выбирается таким образом, чтобы контур области проходил через узлы сетки. В приконтактной области внутренние усилия и моменты определяются методом конечных элементов с учётом системы "плотина-основание".

Ключевые слова: арочные плотины, внутренний силовой фактор, оптимальная толщина.

**Надежность и риск
гидротехнических сооружений**

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
КАТАСТРОФИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ
ВОЗНИКАЮЩЕЙ ПРИ РАЗРУШЕНИИ
ЗОНКАРСКОЙ ПЛОТИНЫ**

Гвелесиани Т.Л.¹, Бердзенашвили Г.М.²

¹) Грузинский Технический Университет

²) ООО "BSC"

г. Тбилиси, Грузия

Представлены основные результаты проекта финансируемого компанией "Бритиш Петролеум" (BP). Рассматривается волна прорыва, которая может возникнуть в случае разрушения Зонкарской земляной плотины высотой 71 м, построенной на р. Малая Лиахви. На основе компьютерной программы разработанной авторами, получены графические зависимости иллюстрирующие изменение значений всех параметров волны в зависимости от времени и продольной координаты. На основе использования полученных данных можно выполнить прогноз, в частности, интенсивности воздействия рассматриваемой волны на магистральный нефтяной трубопровод (Баку-Джейхан) пересекающий русло р. Диди Лиахви близ г. Гори.

Ключевые слова: плотина, разрушение плотины, окружающая гидроузел среда, нижний бьеф, математическое моделирование волны прорыва, математический прогноз, параметры волны.

Охрана окружающей среды

**ЗАЩИТА ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЕРНОГО МОРЯ ОТ
АБРАЗИВНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ФОНЕ
ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ ПУТЕМ
РЕГУЛИРОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО
РЕЖИМА РЕК
(НА ПРИМЕРЕ РЕКИ РИОНИ)**

**Диаконидзе Р.В., Цулукидзе Л.Н.,
Супаташвили Т.Л.**

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

В работе рассматривается краткая история изменения границ Черного моря за последние 120-140 тысяч лет.

На фоне глобального потепления планеты дается оценка сегодняшних проблем формирования Черноморского побережья и предлагается одна из оптимальных возможностей защиты от абразивных процессов путем регулирования твердого стока рек.

Ключевые слова: Черное море, глобальное потепление, абразия, твердый сток.

Исследования по изучению Земли

**ТИПЫ МОРЕННО-ЛЕДНИКОВЫХ
КОМПЛЕКСОВ КАК КРИТЕРИЙ
РЕГРЕССИИ ГОРНО-ДОЛИННОГО
ОЛЕДЕНЕНИЯ ТЯНЬ-ШАНЯ**

Ерохин С.А., Тузова Т.В., Маматканов Д.М.

Институт водных проблем и гидроэнергетики
Национальной академии наук
г. Бишкек, Кыргызская Республика

Рассмотрены аккумуляционный и эрозионный факторы ледникового литогенеза. В зависимости от энергии размыва ледника тальми водами выделено шесть типов моренно-ледниковых комплексов на Тянь-Шане, ответственных за регрессию формирующих их ледников. По типу моренно-ледникового комплекса предлагается определять стадию регресса ледника и делать прогнозы его дальнейшего развития.

Ключевые слова: Тянь-Шань, моренно-ледниковый комплекс, ледниковый литогенез, стадии регрессии.

Охрана окружающей среды

**ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ
ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА
ЭКОСИСТЕМУ В ЗОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА
"ТРАСЕКА" И ИХ РЕГУЛИРОВАНИЕ**

**Варазашвили З.Н., Чахая Г.Г.,
Модебадзе С.Д., Хубулава И.В.**

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

Предлагаемая статья касается современных геотехнических процессов, протекающих в зоне строительства и влияния международного транспортного коридора "ТРАСЕКА", проходящего по территории Южной Грузии, причин их происхождения, условий распространения и развития. Описано отрицательное влияние этих процессов на экосистему региона. Цель статьи – положить начало и способствовать созданию описи, мониторинга геотехнических процессов и разработка принципов управления ими.

Ключевые слова: техногенная среда, экосистема, эрозия почвы, чувствительные участки, Трасека.

Охрана окружающей среды

**НОВЫЙ ПОДХОД К МЕТОДОЛОГИИ
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬНЫХ
РЕСУРСОВ ГРУЗИИ**

Варганов М.В.

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

Рассмотрена динамика использования сельскохозяйственных угодий, в том числе орошаемых. Апробирован новый подход к расчету народнохозяйственной ценности различных категорий земель Грузии. Сделан вывод о необходимости высокоэффективного использования сельскохозяйственных угодий, экологически безопасного, устойчивого функционирования всех отраслей национальной экономики.

Ключевые слова: экономика, земельные

ресурсы, сельскохозяйственные угодья, экономическая оценка.

Гидрология и метеорология

**ГИДРОЛОГИЯ И ГИДРОГРАФИЯ
Р. ХАДИС-ХЕВИ**

Закаидзе И.Г.

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

В статье рассмотрена гидрология и гидрография и географическое положение бассейна р. Хадис-хеви. Приведены правые и левые притоки р. Хадис-хеви, которые характеризуются селевыми процессами и требуют специального изучения. Также рассмотрены наводнения и паводки реки, и вызывающие их причины.

В статье приведены средние годовые, максимальные и минимальные расходы р. Хадис-хеви. Максимальные расходы имеют место летом, а минимальные – в зимний период.

В статье для рассмотрения некоторых вопросов были использованы материалы визуальных наблюдений.

Ключевые слова: конус выноса, наводнение, сель.

Гидротехническое строительство

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ
НА ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ
СТРОИТЕЛЬСТВА ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ
МТКВАРИ ГЭС**

**Тевзадзе Т.В.,¹ Бахтуридзе С.Б.,²
Поцхверия Д.Ш.,¹ Биланишвили Л.Б.¹**

¹ Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
2 ООО "Мтквари ГЭС"
г. Тбилиси, Грузия

В статье приводятся материалы геотехнических исследований глинистых грунтов, предназначенных для укладки в тело антифильтрационных элементов земляной плотины Мтквари ГЭС.

Ключевые слова: карьер, геотехнические характеристики.

Гидротехническое строительство

УСТАНОВЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ И ОПТИМАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ГАЛЕЧНИКОВ ПУТЕМ ИХ ОПЫТНОЙ ОТСЫПКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОДОСБОРНОЙ ПЛОТИНЫ МТКВАРИ ГЭС

Тевзадзе Т.В.,¹ Бахтуридзе С.Б.,² Канделаки С.К.,³ Поцхверия Д.Ш.,¹ Омсарашвили Г.Г.,¹ Биланишвили Л.Б.¹

¹ Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
² ООО "Мтквари ГЭС"
³ ООО "Геол-сервис плюс"
г. Тбилиси, Грузия

В статье представлены материалы опытной отсыпки галечниковых грунтов аллювиальной террасы р. Мтквари. Эксперименты осуществлялись в полевых условиях при отсыпке упорных призм водоподпорной плотины Мтквари ГЭС.

Ключевые слова: земляная плотина, опытная отсыпка, геотехнические показатели – максимальная плотность, оптимальная толщина.

Гидрология и метеорология

АНАЛИЗ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ БАСЕЙНА РЕК НАРЫНСКОЙ ОБЛАСТИ КЫРГЫЗСТАНА С ЦЕЛЮ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Иванова Н.И., Ершова Н.В.

Кыргызско-Российский Славянский университет
(КРСУ) им. Б.Н. Ельцина
г. Бишкек, Кыргызская Республика

Приводятся физико-географические и климатические условия бассейнов рек Джергетал и Он-Арча Нарынской области Кыргызстана. Рассмотрена методика построения карт распределения осадков в цифровом формате (масштаб 1:50000). Проведен анализ изменения атмосферных осадков для последующей оценки количества водных ресурсов в рассматриваемом бассейне рек.

Ключевые слова: бассейн реки, сумма осадков, вегетационный период, водные ресурсы, карта в цифровом формате.

Гидротехника и мелиорация

АНАЛИЗ ИСПАРЯЕМОСТИ И ДЕФИЦИТА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ БАСЕЙНА РЕК НАРЫНСКОЙ ОБЛАСТИ КЫРГЫЗСТАНА С ЦЕЛЮ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Иванова Н.И., Ершова Н.В.

Кыргызско-Российский Славянский университет
(КРСУ) им. Б.Н. Ельцина
г. Бишкек, Кыргызская Республика

Приведены расчеты и анализ изменения испаряемости и дефицита водопотребления бассейнов рек Джергетал и Он-Арча Нарынской области Кыргызстана. Рассмотрена методика построения карт распределения испаряемости и дефицита водопотребления в цифровом формате (масштаб 1:50000).

Ключевые слова: бассейн реки, температура воздуха, испаряемость, дефицит водопотребления, вегетационный период, водные ресурсы, карта в цифровом формате.

Гидрология и метеорология

РАСЧЕТ МИНИМАЛЬНОГО СТОКА НЕИЗУЧЕННЫХ ГОРНЫХ РЕК АЗЕРБАЙДЖАНА

Иманов Ф.А., Гулиева А.А.

Бакинский Государственный Университет
г. Баку, Азербайджан

Статья посвящена разработке и усовершенствованию методов расчета минимального стока на примере горных рек Азербайджана. Показано, что одновременный учет влияния площади водосбора и его средней высоты на средне-многолетнюю величину минимального стока позволяет повысить точность расчетов. Установлено, что для определения минимального стока неизученных рек наряду с методом переходных коэффициентов может быть использован также метод параметризации.

Ключевые слова: минимальный сток, переходный коэффициент, неизученные реки, метод параметризации, кривые обеспеченностей.

**Надежность и риск
гидротехнических сооружений**

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
НАДЕЖНОСТИ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ
ПРОЦЕССОВ НА ГОРНЫХ
ВОДОХРАНИЛИЩАХ ГРУЗИИ**

**Иорданишвили И.К., Иорданишвили К.Т.,
Чарбадзе З.Д., Джавахишвили Л.Г.**

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

Приводятся результаты исследований по заилению крупных горных водохранилищ Грузии (Тбилисского, Жинвальского, Храмского, Шаорского, Алгетского и Сионского), проведенных в 1980-2011 г.г. Доказана наступившая проблема начала критической стадии заиления Жинвальского водохранилища ($V_{\text{полн}} = 520$ млн м^3 , $W_{\text{н}} = 63$ млн м^3), которая вызвана участвовавшими в последние годы наводнениями. С целью обеспечения высокой надежности эксплуатации крупных водохранилищ предложены соответствующие мероприятия, которые заметно замедляют процесс заиления.

Ключевые слова: водохранилище, заиление, экологическая надежность.

Гидротехника и мелиорация

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОЛН С
БЕРЕГОВЫМИ ОТКОСАМИ, УКРЕПЛЕННЫМИ
КАМЕННОЙ НАБРОСКОЙ И
ФАСОННЫМИ МАССИВАМИ**

**Иорданишвили И.К., Вартанов М.В.,
Иорданишвили К.Т., Иремашвили И.Р.,
Хосрошвили Е.З.**

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

Представлена информация о разработанных ранее методиках моделирования волновых процессов до прибойной зоны.

Для прибойной зоны (зона обрушения волн

и наката волн на откос) с учетом масштабных поправок предлагается методика пересчета гидродинамических характеристик: максимального волнового давления, высоты наката и диаметра наброски на откос. Расчеты основаны на результатах исследований гидродинамических процессов на волновых стендах различного масштаба.

Ключевые слова: моделирование, волны, автотельная область, методика расчета.

Охрана окружающей среды

**МЕРОПРИЯТИЯ ПРОТИВ КАМНЕПАДА В
АВТОМОБИЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗНО-
ДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ
КОРИДОРАХ ГРУЗИИ**

Иремашвили И.Р., Пирцхалаишвили И.Т.

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

В статье рассмотрены варианты осуществления мероприятий против камнепадных процессов на откосах Евразийского автомобильного и железнодорожного транспортного коридора Грузии. Как известно, эрозия земляных поверхностей – это постоянно протекающие геологические процессы, поэтому укрепление таких поверхностей считается важнейшей задачей.

Для наших условий наиболее надёжным, долговечным, дешёвым и оптимальным вариантом является укрепление эродированных откосов с использованием металлических сеток с последующим бетонированием методом торкретирования. В статье рассмотренные результаты опыта показали, что использование таких защитных покрытий эффективно и целесообразно в виду простоты и комплексности производства технологических операций, технико-экономической доступности и высокой мобильности, надо учесть, что эти методы укрепления откосов на транспортных дорогах Грузии ещё не производились.

Ключевые слова: камнепад, автомобильный и железнодорожный транспортный коридор, торкретирование, защитное покрытие.

Надежность и риск
гидротехнических сооружений

**НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ
ПОДХОДЫ ПО РАСЧЕТУ НАДЕЖНОСТИ
ГИБКИХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ**

**Итриашвили Л.А., Дадвани К.З.,
Кикнадзе Х.Л.**

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

В статье рассмотрены основные теоретические положения по определению динамических характеристик потока и его воздействия на береговые укрепления, приведены результаты экспериментальных исследований, а также кратко освещены вопросы практического применения гибких защитных покрытий.

Ключевые слова: крепление берегов, разрушение, гибкие крепления, размыв, устойчивость, турбулентность, методика расчета.

Охрана окружающей среды

**ПРОТИВОЭРОЗИОННОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ
ЗЕМЛЯНЫХ ОТКОСОВ ПРИМЕНЕНИЕМ
НОВОГО СТАБИЛИЗАТОРА**

**Итриашвили Л. А., Хосрошвили Е. З.,
Нибладзе Н. Ш.**

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

Приводятся данные о влиянии грунтоулучшающего поликомплекса на эквивалентное сцепление, водоустойчивость, водную и ветровую эрозию, влагоемкость и прорастание трав грунтов. Делается вывод об эффективности использования поликомплекса для противоэрозионной защиты земляных откосов.

Ключевые слова: откосы, поликомплекс, стабилизатор, укрепление.

Гидрология и метеорология

**МЕТОДОЛОГИЯ ВЕРОЯТНОСТНОЙ
ОЦЕНКИ ОЖИДАЕМЫХ ОПАСНОСТЕЙ
ОТ РЕЧНЫХ НАВОДНЕНИЙ**

**Кереселидзе Д.Н.,¹ Дохнадзе Г.П.,²
Трапаидзе В.З.,¹ Закаидзе И.Г.,²
Салуквадзе Г.³**

¹ Тбилисский Государственный Университет
им. И. Джавахишвили

² Институт Водного Хозяйства

Грузинского Технического Университета

³ Кавказский Институт Минерального Сырья
Тбилисского Государственного Университета

им. И. Джавахишвили

г. Тбилиси, Грузия

Согласно международной панели климатических изменений (IPCC, 2007), протекающие изменения климата увеличат интенсивность и частоту наводнений – одного из самого опасного феномена стихийных бедствий.

Известно, что прилегающие к речным бассейнам территории из-за различных факторов (рельеф, плодородная почва, близость водных ресурсов, сравнительно развитая инфраструктура и т.д.) вызывают значительную заинтересованность разных организаций. Поэтому очень важна разработка такой методологии оценки ожидаемых опасностей, которая для разных сценариев сможет создать максимально исчерпывающую и эффективную картину

Ключевые слова: наводнение, затопление, методология.

Гидротехника и мелиорация

**СНИЖЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ГРУНТОВ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАВ**

**Кикнадзе Х.Л., Дадвани К.З., Маисая Л.Д.,
Лордкипанидзе Ф.Н., Наврозашвили М.З.**

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

В статье приводятся результаты исследований по снижению водопроницаемости песчаных, супесчаных и суглинистых грунтов, обработанных водными растворами поверхностно-активного вещества – кубовыми остатками

производства капролактама. Делается вывод о перспективности предложенного метода.

Ключевые слова: грунты, ПАВ, водные растворы, водонепроницаемость, водонасыщение.

Гидротехника и мелиорация

**ГИДРАВЛИКА ПОЛИВОВ ПО БОРОЗДАМ
И КОМПЬЮТЕРНАЯ ИМИТАЦИЯ
ПРОЦЕССА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ C++**

Киладзе Р.М.

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

Осуществлена компьютерная имитация процесса поливов по бороздам с использованием полной теоретической базы, численных методов и языка программирования C++. Результаты, в виде примеров приведены в таблице, где разграничены входные данные, определяющие протекание процесса и выходные данные, определяющие качество полива. Разработанный метод дает возможность выбора такого набора входных данных, при котором достигается наилучшее качество полива.

Ключевые слова: самотечное орошение, процесс, численное моделирование, компьютерная имитация.

Гидротехника и мелиорация

**ГИДРАВЛИКА ПОЛИВОВ ПО ПОЛОСАМ
И КОМПЬЮТЕРНАЯ ИМИТАЦИЯ
ПРОЦЕССА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ C++**

Киладзе Р.М.

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

Осуществлена компьютерная имитация процесса поливов по полосам с использованием полной теоретической базы, численных методов и языка программирования C++. Результаты, в виде примеров приведены в таблице, где разграничены входные данные, определяющие

протекание процесса и выходные данные, определяющие качество полива. Разработанный метод дает возможность выбора такого набора входных данных, при котором достигается наилучшее качество полива.

Ключевые слова: самотечное орошение, процесс, численное моделирование, компьютерная имитация.

Гидротехника и мелиорация

Гидрология и метеорология

**РАСЧЕТЫ ПОНИЖЕНИЙ УРОВНЕЙ
ГРУНТОВЫХ ВОД ОТ ДЕЙСВИЯ СКВАЖИН
ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В
УСЛОВИЯХ АРИДНОГО КЛИМАТА**

Литвак Р.Г.

Институт водных проблем и гидроэнергетики
Национальной Академии наук
Кыргызской Республики
г. Бишкек, Кыргызская Республика

В статье получены зависимости для расчета действия скважин вертикального дренажа при значительной инверсии испарения грунтовых вод. В зоне, прилегающей к скважине, где глубина уровней грунтовых вод (УГВ) ниже критического уровня, инверсия задается постоянной величиной. В зоне, где УГВ выше критического уровня, инверсия испарения линейно зависит от заранее неизвестной глубины УГВ. Учитывается перетекание из нижележащих водоносных горизонтов. Для иллюстрации важности детального учета инверсии испарения в климатических условиях Средней Азии проведено сопоставление прогнозных понижений УГВ с понижениями, рассчитанными традиционными методами. Расчеты проводились для климатических и гидрогеологических условий северной части г. Бишкек. Разница в прогнозных глубинах УГВ превышает 1 м. При близком залегании УГВ (1-2 м) данная погрешность недопустимо большая, что указывает на невозможность использования традиционных формул для расчета вертикального дренажа в климатических условиях Средней Азии.

Ключевые слова: инверсия испарения грунтовых вод, вертикальный дренаж.

Гидротехника и мелиорация

Водное хозяйство

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ
ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЛАНОВОЙ КОНФИ-
ГУРАЦИИ НАНОСОЗАЩИТНОГО ПОРОГА**

**РОЛЬ МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ В
ЗАЩИТЕ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ
(НА ПРИМЕРЕ ТАДЖИКИСТАНА)**

Логинов Г.И.

**Маматканов Д. М.,¹ Муртазаев У.И.,²
Саидов И.И.³**

Кыргызско-Российский Славянский университет
(КРСУ) им. Б.Н. Ельцина
г. Бишкек, Кыргызистан

¹ Институт водных проблем и гидроэнергетики
НАН Кыргызской Республики
г. Бишкек, Кыргызская Республика

² Таджикский государственный
педагогический университет им. С. Айни,

³ Институт водных проблем, гидроэнергетики
и экологии АН РТ
г. Душанбе, Таджикистан

Предлагается методика теоретического описания процесса наносозащиты береговых водоприемных оголовков водозаборных сооружений из горных рек. Обоснован вид функциональных зависимостей для определения плановой конфигурации донных наносозащитных порогов.

Ключевые слова: донный порог, наносозащита, циркуляция воды, водозабор, сооружения, водоприемные оголовки, расчетная схема.

В статье представлено значение водохранилищ как техногенного фактора минимизации тяжёлых последствий от стихийных бедствий (сели, наводнения и пр.). К числу главных направлений инженерной защиты территории Таджикистана от селевых явлений предлагается отнести создание малых водохранилищ как для селезадержания, так и для селехранения.

Ключевые слова: малые водохранилища, селезадержание, селехранение.

Охрана окружающей среды

Гидротехника и мелиорация

**ОСТРУКТУРИВАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ
ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ПОЧВОГРУНТОВ
КОЛХИДЫ ПОЛИКОМПЛЕКСОМ ССБМ**

**ВЛИЯНИЕ ОРОСИТЕЛЬНОЙ И
ОСУШИТЕЛЬНОЙ МЕЛИОРАЦИИ НА
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
МУГАНО-САЛЬЯНСКОЙ СТЕПИ
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**Маисая Л.Д., Шавлакадзе М.Л.,
Купрейшвили Ш.З., Лордкипанидзе Ф.Н.**

Мамедова Э.А., Алиев С.А.

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

Бакинский Государственный Университет
г. Баку, Азербайджан

В статье приведены результаты исследований оструктурирования тяжелых переувлажненных почвогрунтов Колхиды поликомплексом ССБМ. Приведены новые качественные характеристики почвогрунтов, приобретенные после их оструктурирования. Показано, что на оструктурированных ССБМ почвах урожайность кукурузы повышается на 90 %-ов.

Ключевые слова: почвогрунты, поликомплекс ССБМ, оструктурирование.

В результате исследований изучено влияние оросительной и осушительной мелиорации на гидрогеологическое условие Мугано-Сальянской степи Азербайджанской Республики. Исследовано гидрогеологическое условие до и после строительства Главного Мильско-Муганского коллектора и проведен сопоставительный анализ режимных показателей грунтовых вод.

Ключевые слова: гидрогеологическое условие, геологическое строение, подземные воды, баланс, режимные показатели.

Водное хозяйство

**НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ И
ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ АРМЕНИИ**

Мартirosян Т.С.

Ереванский государственный университет
архитектуры и строительства
г. Ереван, Армения

В В статье представлены основные направления водопотребления в Армении, проанализированы проблемы, препятствующие эффективному развитию управления и охраны водных ресурсов, и обозначены приоритетные пути решения этих проблем.

Ключевые слова: водные ресурсы, водопотребление, планирование водных ресурсов, охрана водных ресурсов, экономия воды.

Охрана окружающей среды

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА
АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ
ОСАДКОВ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ
СТОЧНЫХ ВОД**

Мехралиев А.Ч., Мурадов М.М., Садыхов Г.Р.

Сумгаитский Государственный Университет,
г. Сумгаит, Азербайджан

Исследован процесс анаэробного сбраживания осадков канализационных сточных вод в термофильном режиме на лабораторной установке. Приготовлен ускоритель процесса анаэробного сбраживания на основе жидких отходов пищевой промышленности. В результате проведенных экспериментальных исследований в присутствии ускорителя – биокатализатора установлено оптимальное количество, которое добавляется в реакционную зону. Установлено также, что биокатализатор ускоряет процесс анаэробного сбраживания в 2,5 раза. Испытана новая конструкция биореактора на пилотной установке с общим объемом биореактора 20 м³. Следует отметить, что испытания, проведенные на пилотной установке, подтвердили результаты, полученные в лабораторных условиях.

Ключевые слова: осадки, анаэробное сбраживание, биогаз, биокатализатор, биореактор.

Охрана окружающей среды

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО
МЕНЕДЖМЕНТУ ИРРИГАЦИОННОГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Мкртумян М., Ованесян Г.

Ереванский государственный университет
архитектуры и строительства
г. Ереван, Армения

Ирригационное водоснабжение играет большую роль в развитии сельского хозяйства Республики Армения. За последние годы было зафиксировано увеличение площади обрабатываемых земель на 13% и изменения в составе сельскохозяйственных культур – увеличение прибыльных культур, занимающих районы республики на 15%.

Одной из основных проблем системы водоснабжения является механическим способом поставки воды, что серьезно увеличивает себестоимости воды для орошения.

Правильная тарифная политика имеет большое значение в сфере орошения. Три закрытых акционерных общества осуществляют оросительное водоснабжение.

Реализованы проекты восстановления магистральных каналов, в результате чего было восстановлено около 310 км магистральных каналов, на сумму 29 млрд. драмов.

Всего ежегодно спрос на денежные средства, необходимые для использования оросительных систем составляет около 8,4 млрд. драмов.

Основные работы по ремонту и восстановлению открытого и закрытого дренажа в основном вовлечены в проект Вызовы тысячелетия с общей стоимостью 15.68 млрд. долларов США.

Ключевые слова: ирригационное водоснабжение, канал, тарифная политика.

Охрана окружающей среды

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ
ФОРМИРОВАНИЯ, ДВИЖЕНИЯ ПО
ВОДОТОКУ И ОСТАНОВКИ НА КОНУСЕ
ВЫНОСА ГИПРЕКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ
СЕЛЕЙ**

Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И.

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

Предлагаются гидравлические модели формирования в эрозионном врезе движения по

водотоку и остановки на конусе выноса гиперконцентрированных селей с учетом неньютоновских (реологических) их свойств. Модель представляет возможность эффективно расположить противоселевые сооружения в пределах водотока и на конусе выноса с целью обеспечения безопасности расположенной там инфраструктуры.

Ключевые слова: гиперконцентрация, сели, конус выноса, гидравлическая модель.

Гидротехника и мелиорация
ПЕРСПЕКТИВЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ПОДПОЧВЕННО-КАПЕЛЬНОГО
ОРОЩЕНИЯ ГОРНЫХ И ПРЕДГОРНЫХ
ПЛОЩАДЕЙ

Омсарашвили Г.Г.,¹ Сахвадзе А. Л.,¹
Омсарашвили Г.Г.,² Сахвадзе Л.А.¹

¹ Грузинский Аграрный Университет

² Институт Водного Хозяйства

Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

Предложена такая гидравлическая схема подпочвенно-капельного орошения, при которой движение воды и перенос влаги в почве подчиняется не только гравитационному закону, а также поверхностно-молекулярным силам. Для этой цели предложена и сконструирована новая автоматическая установка, позволяющая подавать оптимально-порционные расходы в распределительном водопроводе.

Ключевые слова: подпочвенное капельное орошение, магистральный и распределительный водопровод, понижающий давление аппарат, резервуар.

Охрана окружающей среды
НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА
СКЛОНОВОГО ПРОТИВОЭРОЗИОННОГО
КАНАЛА КАНАЛОРЕЗОМ

Самхарадзе В.И., Джанелидзе Т.Р.

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

В работе дается краткая характеристика существующих механизмов и технологий на-

резки каналов на склонах с целью гашения энергии поверхностного жидкого стока и уменьшения эрозионного процесса во время интенсивных дождей.

В настоящее время упомянутые каналы нарезаются плужными каналорезами, они неустойчивы, имеют трещины на откосах, способствующие усилению эрозионного процесса; рабочие органы конструктивно сложны, дорогостоящие и имеют низкую производительность.

Предлагаются новая технология и конструкция каткового рабочего органа, при помощи которого каналы нарезаются вдавливанием и перекатыванием. Нарезанные каналы устойчивы, не имеют трещин, выполняют свои функции в течение года, значительно уменьшают процесс эрозии. Катковый каналорез конструктивно простой, имеет высокую производительность и высокую экономическую эффективность.

Ключевые слова: катковый каналорез, уплотнение, эрозия, водный поток, устойчивость.

Надежность и риск
гидротехнических сооружений
ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА
ТЕРРИТОРИИ

Пурцеладзе Л.Д.

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

В статье рассмотрена необходимость оценки продолжительности эксплуатации территории, дана последовательность оценки риска в случае ее повреждения или выхода из строя.

Определена частота возникновения экологического риска.

Пояснена силовая оценка оцениваемого параметра экологического риска территории. Дана передвигаемая и неподвижная оценка с помощью математического ожидания.

Показано, что для практических целей не обязательно находить истинное значение экологического риска техногенной территории. Для этого достаточно знать границы вероятной вероятности, в пределах которых оно

находится. Расчет границ проведен с помощью распределения Стьюдента.

Ключевые слова: риск, окружающая среда, передвинутая и неподвижная оценка, силовая оценка, распределение Стьюдента, авария, вероятность.

Охрана окружающей среды

**УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИБРЕЖНОЙ ПОЛОСЫ
МОРСКОЙ АКВАТОРИИ В ЗОНЕ СЛИЯНИЯ
Р. РИОНИ В МОРЕ ГОРОДСКИМ КАНАЛОМ**

Кадариа Ю.Р.

Грузинский Технический Университет
г. Тбилиси, Грузия

В работе рассматривается устойчивость береговой полосы и улучшение берегозащитных мероприятий в зоне слияния наносонесущим потоком р. Риони в морскую акваторию городским каналом.

Изложены рекомендации для улучшения берегозащитных мероприятий в прибрежной зоне регулированием расходов городского канала головным сооружением отводного канала.

Ключевые слова: слияние рек в зоне морской акватории, регулированный наносонесущий расход, шторм.

Гидротехника и мелиорация

**КРИТЕРИИ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ
УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВОГРУНТОВ**

**Шургая В.Ш., Купрейшвили Ш. З.,
Сичинава П.О.**

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

Установлено, что критическая скорость фильтрации для какого-либо однородного грунта грубым приближением, численно равна коэффициенту фильтрации. Переведены формулы, которые дают возможность определить изменение коэффициента фильтрации в определенном интервале времени, а также вычислить мощность рассолонения и количества гипса в грунте.

Ключевые слова: гидростатистический

давление, градиент, диапазон равновесие, фильтрационный поток.

Охрана окружающей среды

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО
БОРЬБЕ С ДЕГРАДАЦИЕЙ ПОЧВЫ НА
ГОРНЫХ СКЛОНАХ**

**Чаяя Г.Г., Варазашвили З.Н.,
Диаконидзе Р.В., Цулукидзе Л.Н.,
Хубулава И.В., Супаташвили Т.Л.**

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

В предлагаемой работе рассматриваются апробированные в мире и разработанные нами современные мероприятия по борьбе с деградацией почвы. Рассматриваются возможности каждого из них в борьбе с деградацией почвы. Для условий Грузии разработан дешевый, технически легко изготавливаемый и легко монтируемый геоквер "Несфиле-2", который отвечает мировым стандартам. Его применение в направлении защиты земельных ресурсов можно масштабно и эффективно использовать, что обеспечит защиту деградированной почвы и восстановление биомногообразия, соответственно сохранение экологического равновесия.

Ключевые слова: деградация почвы, транспортный коридор, биомногообразие, геоквер, Несфиле-2.

Охрана окружающей среды

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
РУСЛОВОГО ПОТОКА С ПОМОЩЬЮ
ВАРИАЦИОННОГО МЕТОДА**

**Читишвили Г.Ш., Дохнадзе Г.П.,
Кекелишвили Л.Г.**

Институт Водного Хозяйства
Грузинского Технического Университета
г. Тбилиси, Грузия

Статья посвящается исследованию формы живого сечения и других характеристик равномерного, стационарного, турбулентного руслового потока методом вариационного исчисления.

Ключевые слова: русловой поток, уравнение Рейнольдса, уравнение Эйлера.

Гидрология и метеорология

**ОЦЕНКА РИСКА ПАВОДКОВ НА РЕКЕ
КУРА НИЖЕ ВПАДЕНИЯ Р. АРАКС**

Гасанова Н.И.

Бакинский Государственный Университет
г. Баку, Азербайджан

Паводки и сопутствующие им негативные явления требуют отведения им особой роли при оценке и анализе экологической безопасности. В данной работе с применением теории вероятностей произведена оценка риска паводков на р. Кура ниже впадения р.Араз. Получено, что риск появления паводков даже после строительства Мингечевирского водохранилища на р.Кура и Аразского на р.Аракс – велик.

Ключевые слова: максимальные расходы воды, управление паводками, оценка риска.

A B S T R A C T S

Water Management

APPLICATION OF NONLINEAR WAVE DYNAMICS TO THE PROBLEMS OF STATISTICAL ANALYSIS OF WATER SUPPLY CURVES

A. Bagdoev, V. Tokmajian, M. Pogosjian

Yerevan State University
of Architecture and Construction,
Yerevan, Armenia

In present paper the application of methods of nonlinear wave dynamics to investigation of probabilities distribution along empirical curves of water-providing of c. Goris, Armenia, for 2007-2009 y. and for typical curve of c. Yerevan for 2008 y.

It is pointed out typical for considered stochastic processes latent region of small variations of parameters of curves, which is described by known linear diffusion equation for probability of process, and due to chosen system of kinetic equations for two parameters, their solution represents by trend of rather general vibro-exponential type, and after trigger transition to regions of large variations of parameters, described by nonlinear diffusion equation for probability, is given solution in form of shock wave.

It is submitted simplified treatment to determination of probabilities and nonlinear coefficient for mentioned regions of large variations of processes, based on equation of shock wave and on inclinations of, close to it empirical curve and it is shown that for chosen typical curve above mentioned nonlinear coefficient is same for all large variation regions, what justifies applicability used model of shock waves.

Key words: water-supply, random process, differential equations, wave dynamics.

Water Management

MATHEMATICAL MODELING OF FLOOD CAUSED BY POSSIBLE FAILURE OF LAJANURI DAM

G. Gavardashvili

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Ecocenter for Environmental Protection
Tbilisi, Georgia

To provide mathematic modelling of flood caused by possible failure of Lajanuri arch reinforced concrete dam, we have redeveloped the algorithm of “Volna-2” software used to calculate the speed of wave caused by the failure of dam, distance and above all geometrical dimensions of flooded area (to the right and to the left of the river axis) taking into account time factor.

Fortunately, the population situated nearby the Rioni River is out of danger in case of possible failure of Lajanuri Dam.

Key words: dam, flood modelling, forecasting, failure.

Reliability and Risk of Hydraulic Structures SYSTEM SOLUTIONS OF EQUATIONS FOR THE UNIFORM ARCH DAMS

Z. Gedenidze, T. Kvitsiani, S. Avaliani

Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

This paper deals with issues related to the design of arbitrarily-shaped uniform dams with regard to the material's resistance to compression and tension force.

The conditions of the uniform arch dams can be achieved in various ways, including the selection of thicknesses for a given geometry of the middle surface. Taking into account that it is difficult to solve this problem analytically, we have used the method of finite differences. Grid spacing in the vertical direction is considered as a constant; while in the horizontal direction is chosen to allow the contour of the region to pass through the mesh points. In the contact region the internal forces and

ABSTRACTS

moments are determined by the method of finite elements with regard to the "dam-foundation"

Key words: arch dams, the internal power factor, the optimum thickness.

Reliability and Risk of Hydraulic Structures MATHEMATICAL MODELING OF CATASTROPHIC WAVE CAUSED BY POSSIBLE FAILURE OF THE ZONKARI DAM

T. Gvelesiani,¹ G. Berdzenashvili²

¹ Georgian Technical University,

² BSC Ltd.,
Tbilisi, Georgia

This paper includes the essential results of the project financed by the British Petroleum Co. We consider the wave, which can originate as a result of Zonkari high (71 m) earth dam (at a riv. Patara Liakhvi) failure. Graphical dependencies of wave parameters on time or longitudinal coordinates are obtained on the basis of new software developed by the authors. Using the obtained data, we can forecast the impact of the mentioned wave on the main oil pipeline (Baku-Jeikhan), which crosses the riv. Didi Liakhvi near Gori.

Key words: dam, dam-failure, surroundings of hydrosystem, downstream, mathematical simulation of dam-break wave, mathematical forecast, wave parameters.

Environmental Protection

PROTECTION OF THE BLACK SEA COASTAL ZONE FROM ABRASIVE PROCESSES AGAINST A BACKGROUND OF GLOBAL WARMING BY CONTROLLING THE HYDROLOGICAL REGIME OF RIVERS (e.g. The River Rioni)

**R. Diakonidze, L. Tsulukidze,
T. Supatashvili**

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

The paper describes a brief history of the boundary changes of the Black Sea for the last 120-140 thousand years.

Against a background of global warming of

our planet, we assess current problems of formation of the Black Sea coastal zone and offer one of the best opportunities for the protection against abrasive processes by controlling the solid runoff of rivers.

Key words: the Black Sea, global warming, abrasion, solid runoff.

Studies of the Earth

TYPES OF MORAINÉ GLACIER COMPLEXES AS A CRITERION FOR THE REGRESSION OF TIEN-SHAN MOUNTAIN VALLEY GLACIERS

S. Erokhin, T. Tuzova, D. Mamatkanov

Institute of Water Resources and Hydraulic Power of
the National Academy of Sciences,
Bishkek, Kyrgyzstan

Accumulation and erosion factors of glacial lithogenesis have been examined. Depending on energy of scouring of glacier with melt waters, six types of moraine-glacial complexes in the Tien Shan responsible for regression of glaciers forming them were determined. It is proposed to define the stage of glacier retreat according to the type of its moraine-glacier complex and to forecast its future development.

Key words: Tien-Shan, glacial moraine complex, ice lithogenesis, stages of regression.

Environmental Protection

INFLUENCE OF CONTEMPORARY GEOTECHNICAL PROCESSES ON ECOSYSTEMS WITHIN THE TRACECA'S ZONE AND THEIR CONTROL

**Z. Varazashvili, G. Chakhaya,
S. Modebadze, I. Khubulava**

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

The proposed article concerns the modern geotechnical processes in the construction area and the impact of international transport corridor "TRACECA" passing through the territory of South Georgia, the causes of their origin, propagation conditions and development. We have described the negative impact of these processes

ABSTRACTS

on the ecosystem of the region. The purpose of the article is to initiate and facilitate the creation of an inventory and monitoring of geotechnical processes and the development of their control strategy.

Key words: anthropogenic environment, ecosystem, soil erosion, sensitive sections, TRACECA.

Environmental Protection

A NEW APPROACH TO THE METHODOLOGY OF ECONOMIC EVALUATION FOR THE LAND RESOURCES OF GEORGIA

M. Vartanov

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

We have discussed the dynamics in the use of agricultural lands, including irrigation, and assessed new approach on the evaluation of different lands in Georgia. It is needed to provide highly effective and environmentally safe use of agricultural lands as well as stable functioning of all branches of national economy.

Key words: economics, nature use, port economy, method of assessment, effectiveness.

Hydrology and Meteorology

HYDROLOGY AND HYDROGRAPHY OF THE RIVER HADIS-KHEVY

I. Zaqaidze

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

The article describes hydrology, hydrography and geography of the Hadis-khevy River basin. There are considered the right and the left tributaries of the Hadis-khevy River characterized by the processes of debris flow, which should be thoroughly studied. Also, there are considered floods and high water of the river and their causing reasons.

The article presents the average annual, maximum and minimum discharges of the Hadis-khevy. The maximum discharges take place in

summer, and the minimum - in winter.

In this paper we have used the materials of visual observations to clarify some issues.

Key words: apron, flood, debris flow.

Hydrotechnical Construction

INVESTIGATION OF CLAY SOILS ON THE AREAS ADJACENT TO THE CONSTRUCTION SITE OF THE EARTH DAM OF THE MTKVARI HPP

**T. Tevzadze,¹ S. Bahturidze,²
D. Potshveriya,¹ L. Bilanishvili¹**

¹ Water Management Institute
of Georgian Technical University,
² LTD "Mtkvari HPP"
Tbilisi, Georgia

In this paper we present the materials of geotechnical investigations of clay soils intended to be used for the placement into the body of antifilter elements in the earthen dam of the Mtkvari HPP.

Key words: careers, geotechnical characteristics.

Hydrotechnical Construction

DETERMINATION OF MAXIMUM DENSITY AND OPTIMUM THICKNESS FOR THE ALLUVIAL GRAVEL BY THEIR EXPERIMENTAL DUMPING FOR THE CONSTRUCTION OF THE CATCHMENT DAM OF THE MTKVARI HPP

**T. Tevzadze,¹ S. Bahturidze,² S. Kandelaki,³
D. Potshveriya,¹ G. Omsarashvili,¹
L. Bilanishvili¹**

¹ Water Management Institute
of Georgian Technical University,
² LTD "Mtkvari HPP"
³ LTD "Geol-service plus"
Tbilisi, Georgia

The paper presents the experimental materials of gravel dumping from the alluvial terrace of the River Mtkvari. Experiments were carried out in field conditions during the dumping of retaining prisms for the water-retaining dam of the Mtkvari HPP.

Key words: earth dam, test dumping,

geotechnical parameters – maximum density, optimum thickness.

Hydrology and Meteorology

ANALYSIS OF PRECIPITATION DISTRIBUTION IN THE RIVER BASINS OF NARYN REGION OF KYRGYZSTAN WITH PURPOSE TO ASSESS WATER RESOURCES

N. Ivanova, N. Ershova

B. N. Yeltsin Kyrgyz-Slavic University (KPSU),
Bishkek, Kyrgyzstan

This paper describes physic-geographical characteristics and climate conditions in the Jergital and On-Orcha river basins of Naryn region of Kyrgyzstan. There is considered the plotting of maps (scale 1:50000) for the distribution of precipitations in digital format. We have implemented the analysis of precipitation change to assess the quantity of water resources in the mentioned riverbasins.

Key words: river basin, precipitations, vegetation period, water resources, map in digital format.

Hydrology and Meteorology

ANALYSIS OF POTENTIAL EVAPORATION AND DEFICIT OF WATER AVAILABILITY IN THE RIVER BASINS OF NARYN REGION OF KYRGYZSTAN WITH PURPOSE TO ASSESS WATER RESOURCES

N. Ivanova, N. Ershova

B. N. Yeltsin Kyrgyz-Slavic University (KPSU),
Bishkek, Kyrgyzstan

The article describes the computation and analysis of changes in potential evaporation and water availability deficit in the Jergital and On-Orcha river basins of Naryn region of Kyrgyzstan.

We have considered the plotting of distribution maps for the potential evaporation and water availability deficit in digital format (scale 1:50000).

Key words: basin, air temperature, evaporation, water use deficit, vegetation period, water resources, map in digital format.

Hydrology and Meteorology

CALCULATION OF MINIMUM FLOW-RATE FOR THE UNEXPLORED MOUNTAIN RIVERS OF AZERBAIJAN

F. Imanov, A. Guliyeva

Baku State University,
Baku, Azerbaijan

The paper is devoted to the development and improvement of methods needed for the calculation of the minimum flow on the example of the mountain rivers of Azerbaijan. It is shown that the simultaneous consideration of the impact of the catchment area and its average height on the mean value of minimum flow can improve the accuracy of calculations. It is defined that the method of parameterization in addition to the conversion coefficient method can be used to determine the minimum flow of unexplored rivers.

Key words: minimum flow, conversion coefficient, unexplored rivers, method of parameterization, frequency curves.

Reliability and Risk of Hydraulic Structures

ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE SEDIMENTATION PROCESSES IN THE MOUNTAIN RESERVOIRS OF GEORGIA

**I. Iordanishvili, K. Iordanishvili,
Z. Charbadze, L. Javakhishvili**

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

This paper includes the results of investigations carried out in 1980-2011 regarding the sedimentation of large mountain reservoirs in Georgia (Tbilisi, Zhinvali, Khrami, Shaori, Algeti and Sioni). We have proved the critical stage of sedimentations in the Zhinvali reservoir ($V_{full} = 520 \text{ Mm}^3$, $W_n = 63 \text{ Mm}^3$) caused by frequent flooding in recent years. To provide safe operation of large reservoirs, we have proposed appropriate measures, which will slow down the process of sedimentation.

Key words: reservoir, sedimentation, environmental safety.

Hydraulic Engineering and Reclamation
THE MODELING OF WAVE INTERACTION
WITH COASTAL SLOPES STABILIZED BY
RIPRAP AND SHAPED MASSIFS

I. Iordanishvili, M. Vartanov, K. Iordanishvili,
I. Iremashvili, E. Khosroshvili

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

This paper includes information on the methods developed previously for the modeling of wave processes up till the inshore.

Taking into account large-scale changes, we propose the counting method to determine the hydrodynamic characteristics: maximum wave pressure, height of weight setup and diameter of riprap on the slope for the inshore (setup and ingress of waves in the area of slopes). The calculations are implemented on the basis of hydrodynamic investigations in the wave testers of various dimensions.

Key words: simulation, waves, self-similar region, design procedure.

Environmental Protection
MEASURES AGAINST ROCKSLIDES
IN ROAD AND RAIL TRANSPORT
CORRIDORS OF GEORGIA

I. Iremashvili, I. Pirskhalaishvili

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

The paper considers the options for the implementation of measures against rockslides on the slopes of the Eurasian road and rail transport corridor of Georgia. It is well known that the erosion of earth surfaces can be considered as permanent geological processes, and therefore, the stabilization of such surfaces is very important task.

For our conditions, the most reliable, durable, cheap and best option is to strengthen the eroded slopes with shotcrete attached to metal grids. The article describes the results, which revealed that the use of this kind of protective coating is very effective and appropriate, because of its simplicity

and the complexity of technical operations, technical and economic availability and high mobility. It shall be taken into consideration that these methods were not used to provide stability of the embankments on transport roads of Georgia.

Key words: rockslide, road and rail transport corridor; shotcrete lining, protective coating.

Reliability and Risk of Hydraulic Structures
THE FUNDAMENTAL THEORETICAL
PRINCIPLES TO DETERMINE THE SOME
CHARACTERISTICS OF SURENESS
OF THE OPERATIVE SHEETING

L. Itriashvili, K. Dadiani, Kh. Kiknadze

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

The article describes the fundamental theoretical principles needed to determine the dynamic characteristics of flow and its impact on the embankments, the results of experimental studies as well as the practical application of flexible protective coating.

Key words: embankments holder, damage, springy braces, washing, changeless, turbulent, method of calculation.

Environmental Protection
EROSION-PREVENTIVE STABILIZATION
OF EARTH SLOPES USING NEW
STABILIZER

L. Itriashvili, E. Khosroshvili, N. Nibladze

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

The paper includes the data about the impact of soil improving poly-complex on the equivalent adhesion, water resistance, water and wind erosion, moisture content and germination of grass soils. We have made a conclusion about the effectiveness of poly-complex for the protection of earth slopes against erosion.

Key words: slopes, poly-complex, stabilizer, adhesion.

Hydrology and Meteorology

**METHODOLOGY OF FEASIBLE
EVALUATION OF THE EXPECTED
THREATS OF THE RIVER**

**D. Kereselidze,¹ G. Dokhnadze,² V. Trapaidze,¹
I. Zakaidze,² H. Salukvadze³**

¹ Iv.Javakhishvili Tbilisi State University

² Water Management Institute
of Georgian Technical University,

³ Caucasian Institute of Mineral of Iv.Javakhishvili
Tbilisi State University,
Tbilisi, Georgia

According to the International Board of Climatic Changes, the current climatic changes will increase the intensity and frequency of the most dangerous phenomena of the elements as floods and inflows. It is known that the lands adjacent to rivers are of great interest to different organizations, because of different factors (as relief, fertile soil, nearness of water sources, relatively well developed infrastructure etc.). Therefore, it is very important to develop the methodology for the assessment of possible danger caused by the river, which will be used to provide effective and exhaustive description of different situations.

Key words: inflows, flooding, methodology.

Hydraulic Engineering and Reclamation

REDUCING SOIL FILTRATION USING SAM

**Kh. Kiknadze, K. Dadiani, L. Maisaia,
F. Lordkipanidze, M. Navrozashvili**

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

The paper describes the results of investigations carried out to reduce the permeability of sandy, loamy and sandy loamy soils, which were processed by the aqueous caprolactam solution of surface-active matters. We conclude that this method can be considered as a perspective one.

Key words: soils, surface-active matters, aqueous solutions, water resistance, water saturation.

Hydraulic Engineering and Reclamation

**HYDRAULICS OF FURROW IRRIGATION
AND COMPUTER SIMULATION OF
PROCESS USING THE PROGRAMMING
LANGUAGE C++**

R. Kiladze

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

We have performed computer simulation of furrow irrigation using theoretical framework, numerical methods and programming language C++. The results are given in the form of table, which includes cells for the input data determining process and the output data determining the quality of irrigation. The developed method makes it possible to select a set of inputs that yields the best quality of irrigation.

Key words: gravity irrigation, process, numerical modeling, computer simulation.

Hydraulic Engineering and Reclamation

**HYDRAULICS OF BAND IRRIGATION
AND COMPUTER SIMULATION OF
PROCESS USING THE PROGRAMMING
LANGUAGE C++**

R. Kiladze

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

We have performed computer simulation of linear irrigation using theoretical framework, numerical methods and programming language C++. The results are given in the form of table, which includes cells for the input data determining process and the output data determining the quality of irrigation. The developed method makes it possible to select a set of inputs that yields the best quality of irrigation.

Key words: gravity irrigation, process, numerical modeling, computer simulation.

**Hydraulic Engineering and Reclamation
Hydrology and Meteorology**

**CALCULATIONS OF RECESSION
OF GROUND-WATER LEVELS CAUSED
BY VERTICAL DRAINAGE BOREHOLES
IN AN ARID CLIMATE**

R. Litvak

Institute of Hydraulic Power Engineering and Water
Problems of the National Academy of Sciences
Bishkek, Kurguzstan

This paper describes dependencies needed for the calculation of vertical drainage boreholes in case of significant inversion evaporation of groundwaters. The inversion is considered as a constant value in the zone adjacent to the borehole, where the depth of groundwater level (GWL) is below a critical one. In the area, where the GWL is above the critical level, the inversion of evaporation depends linearly on the unknown depths of GWL. We have taken into account the overflow from the underlying aquifer. We have carried out the comparison between the predicted falls of GWL and the falls calculated by traditional methods with purpose to illustrate the importance of a detailed calculation of inversive evaporation in the climatic conditions of Central Asia. The calculations were performed for the climatic and hydrogeological conditions of the northern part of Bishkek. The difference in the predicted depths is more than 1m of GWL. If the depth of groundwater level is shallow (1-2m), this error is unacceptably large indicating that the inability to use the traditional formula for the calculation of vertical drainage in the climatic conditions of Central Asia.

Key words: inversion of evaporation of groundwaters, vertical drainage.

Hydraulic Engineering and Reclamation

**RECOMMENDATIONS FOR THE
THEORETICAL DETERMINATION
OF THE PLANNED CONFIGURATION
OF DEBRIS THRESHOLD**

G. Loginov

B. N. Yeltsin Kyrgyz-Slavic University (KPSU),
Bishkek, Kyrgyzstan

The paper offers the methods needed to provide the theoretical description for the

protection of heads against debris flow on mountain river's water intake structures. We have proved the type of functional dependencies needed to determine the planned configuration of debris thresholds.

Key words: bottom threshold, protection against debris flow, water circulation, water intake, construction, water intake head, design scheme.

Environmental Protection

**AGGREGATION OF HEAVY OVER-WET
COLCHIAN SOILS USING POLY-COMPLEX
CBSS**

**L. Maisaia, M. Shavlakadze,
S. Kupreishvili, F. Lordkipanidze**

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

The paper describes the results of investigations regarding the aggregation of heavy over-wet Colchian Soils using poly-complex CBSS. We present new qualitative characteristics of soils acquired as a result of their aggregation. It is shown that the soils aggregated with CBSS increase the fertility of corn by 90%.

Key words: soils, poly-complex CBSS, aggregation.

Water Management

**THE ROLE OF SMALL RESERVOIRS IN
THE PROTECTION AGAINST MUDFLOWS
(e.g. Tajikistan)**

D. Mamatkanov,¹ U. Murtazaev,² I. Saidov³

¹ Institute of Hydraulic Power Engineering and Water
Problems of the National Academy of Sciences
Bishkek, Kurguzstan

² S. Aini Tajik State Pedagogical University

³ Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology
of the Academy of Sciences
Dushanbe, Tajikistan

The paper describes the significance of reservoirs as anthropogenic factors used to minimize the serious consequences of natural disasters (landslides, floods etc.). We propose to consider the construction of small reservoirs of debris-interception and debris-storage purposes as

one of the main directions in the engineering protection of Tajikistan's lands.

Key words: small reservoirs, debris interception, debris storage.

Hydraulic Engineering and Reclamation

THE INFLUENCE OF IRRIGATION AND DRAINAGE LAND-RECLAMATION ON THE HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE MUGAN-SALYAN STEPPE OF AZERBAIJAN

E. Mamedova, S. Aliev

Baku State University,
Baku, Azerbaijan

We have studied the influence of irrigation and drainage land-reclamation on the hydrogeological conditions of the Mugan-Salyan steppe of Azerbaijan. We have studied the hydrogeological conditions before and after the construction of the main Mil-Mugan collector and carried out the comparative analysis of the ground-water regime.

Key words: hydrogeological conditions, geological structure, regime features.

Water Management

SOME PROBLEMS OF EFFECTIVE MANAGEMENT AND PROTECTION OF WATER RESOURCES IN ARMENIA

T. Martirosjan

Yerevan State University
of Architecture and Construction,
Yerevan, Armenia

The article presents the main areas of water use in Armenia, analyses of problems that impede the effective development of management and preservation of water resources and identifies priorities for the solutions of these problems.

Key words: water resources, water use, planning of water resources, water conservation, water saving.

Environmental Protection

INVESTIGATIONS OF ANAEROBIC DIGESTION PROCESS IN WASTEWATER SEDIMENTATION

A. Mekhraliev, M. Muradov, G. Sadikhov

Sumgait State University
Sumgait, Azerbaijan

The anaerobic fermentation process of the sewer sediments has been investigated in the laboratory setting in the thermophilic regime. The accelerator for the anaerobic fermentation process has been prepared on the basis of liquid waste matters of the food industry. The optimum amount which added to the reaction zone has been determined in the result of investigations carried out with participation of accelerator-biocatalyzer. It was determined that, the biocatalyzer accelerated the anaerobic fermentation process 2,5 times. The new constructional bioreactor (total volume 20 m³) has been tested in the pilot setting. It is necessary to note that, the tests performed in the pilot setting confirmed the results gained in the laboratory setting.

Key words: precipitation, anaerobic fermentation, manure gas, biocatalyzer, bioreactor.

Environmental Protection

BASIC ISSUES ON MANAGEMENT OF IRRIGATION WATER SUPPLY

M. Mkrtumyan, G. Hovhannisyan

Yerevan State University
of Architecture and Construction,
Yerevan, Armenia

Irrigation water supply has a great role in the development of agriculture of the Republic of Armenia. During the last years there was recorded 13% increase of the cultivated land and change in the composition of crops - there was 15% increase of the profitable crops occupying areas in the republic.

One of the main problems of the system is the water supply in mechanical way, which is a serious load increasing the cost price of irrigation water.

The role of correct tariff policy is of great importance in the sphere of irrigation. 3 closed joint stock companies performing irrigation-water intake.

Restoring projects of main canals were realized, in the result of which about 310 km main canals have been restored with a value of 29 milliard AMD.

Totally the yearly demand for monetary means needed for the exploit of the irrigation systems is about 8.4 milliard AMD.

Basic repairing and restoring works of open and closed drainage systems are basically involved in the project of Millennium Challenge Account with a total value of 15.68 million USD.

Key words: irrigation water supply, canals, tariff policy.

Environmental Protection

HYDRAULIC MODELS OF FORMATION AND MOVEMENT OF HYPER-CONCENTRATED DEBRIS FLOWS IN THE CHANNEL AND THEIR STOP ON TALUS TRAIN

Natishvili, O.G., Tevzadze, V.I.

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

We have offered the hydraulic formation models of movement in the erosional downcutting and stop of hyper-concentrated debris flows on talus trains taking into account the non-Newtonian (rheological) properties. The model allows us to dispose anti-debris flow structures within the boundaries of channel and on talus train in the most effective way to provide safety for the infrastructure located nearby.

Key words: hoist rope, auxiliary car, cable travelling crab, log drawing, loading car.

Hydraulic Engineering and Reclamation

PROSPECTS FOR THE IMPROVEMENT OF SUBSOIL DRIP IRRIGATION OF MOUNTAINOUS AND FOOTHILL AREAS

**G. Omsarashvili,¹ A. Sakhvadze,¹
G. Omsarashvili,² L. Sakhvadze¹**

¹ Georgian Agrarian University,
² Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

We propose a hydraulic circuit for the subsoil drip irrigation, which provide that water movement and transport of moisture in the soil is subject not

only to the gravitational law, but to the surface-molecular forces as well. For this purpose, we have proposed and designed new automatic equipment that allows us to submit optimally portional discharges in the distribution water mains.

Key words: summary load, traction of logging, coefficient of disbalance at loading.

Environmental Protection

NEW TECHNOLOGY FOR THE CONSTRUCTION OF SLOPE ANTI-EROSION CHANNEL USING CHANNEL CUTTER

V. Samkharadze, T. Janelidze

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

The paper gives a brief description of the existing tools and technologies for the construction of channels on the slopes to provide energy dissipation of surface runoff and to reduce erosion process during intensive rains.

Currently the mentioned channels are constructed using channel cutters, which are unstable; their slopes are covered with cracks that increase erosion processes; the working bodies are structurally complex, expensive and have low productivity.

We offer new technology and construction of working roller, which provide construction of channels using rolling and indentation. These kind of channels can be considered as stable ones and decrease erosion processes. Channel roller is structurally simple; it is characterized by high production and high economic efficiency.

Key words: roller, compaction, erosion, water flow, stability.

Reliability and Risk of Hydraulic Structures

ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT FOR THE TERRITORY

L. Purtseladze

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

The paper discusses the necessity to assess the duration of area maintenance and gives the sequence in risk assessment in case of damage or

malfunction.

We have determined the frequency of environmental risk.

We have defined power assessment for the estimated parameter of the environmental risk of area. We have given portable and unportable assessment using expectation value.

It is shown that for practical purposes it is not necessary to find true value of environmental risk for anthropogenic area. It's enough to know the boundaries of confidence probability within its own limits. The calculation of borders held by Student distribution.

Key words: risk, environment, portable and unportable assessment, power estimation, Student distribution, accident, probability.

Environmental Protection

THE STABILITY OF COASTAL ZONE AT THE CONFLUENCE BETWEEN THE RIONI RIVER AND THE POTI TOWN CANAL

Y. Kalaria

Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

This article discusses the particular case of the sea shore stability at the intersection with the river Rioni and the improvement of the shore defence measures. The river Rioni flows into the sea with regulated alluvial flow rate. Wave action processes are also described and expected results are shown by numerical examples.

We have offered the recommendations of the improvement of sea shore protection measures for the sections where the river Rioni enters the sea by the town canal.

Key words: confluence between the rivers and the sea, regulated alluvial discharge, storm.

**Hydraulic Engineering and Reclamation
CRITERIA FOR THE FILTRATION
STABILITY OF SOILS**

V. Shurgaya, Sh. Kupreishvili, P. Sichinava

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

It is determined that the critical filtration rate

for a homogeneous soil defined by rough approximation is numerically equal to the coefficient of filtration. We describe formulas that enable us to determine changes in filtration coefficient in a certain time interval, and to calculate the alkalizing power and the quantity of gypsum in the soil.

Key words: hydrostatic pressure, gradient, balance range, filtration flow.

Environmental Protection

**MODERN MEASURES AGAINST THE
DEGRADATION OF SOILS ON
MOUNTAINOUS SLOPES**

**G. Chakhaya, Z. Varazashvili, R. Diakonidze,
L. Tsulukidze, I. Hubulava, T. Supatashvili**

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

In this paper we consider modern measures against the degradation of soils, which were developed by us and approved by the world. We consider their possibilities against soil degradation. For the conditions of Georgia, we have developed cheap, technically easy-fabricable and easy-mountable geocarpet "Nesfile-2", which meets international standards. It can be effectively used in the protection of land resources that will provide protection and restoration of degraded soils and bio-diversity, respectively, maintenance of ecological balance.

Key words: soil degradation, transport corridor, biodiversity, geocarpet, Nesfile-2.

Environmental Protection

**MATHEMATICAL SIMULATION OF
CHANNEL FLOW USING THE
VARIATIONAL METHOD**

G. Chitishvili, G. Dokhnadze, L. Kekelishvili

Water Management Institute
of Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

The paper describes the study of forms of living section and other characteristics of uniform, steady, turbulent channel flow using variational calculus.

Key words: channel flow, the Reynolds equation, the Euler equation.

Hydrology and Meteorology

**ESTIMATION OF FLOOD RISK OF THE
KURA RIVER BELOW THE CONFLUENCE
OF THE ARAZ RIVER**

N. Hasanova

Baku State University,
Baku, Azerbaijan

Floods and its negative impacts demands assessment and analyze from point of environmental safety. In this study it was applied theory the estimation of risk on peak discharge of Kura river below the confluence of the Araz River. It is received the risk of occurrence of flood is great even after construction of the Mingechevir and Araz reservoirs on Kura and Araks rivers.

Key words: the maximal water discharges, flood management, an estimation of risk.

ქ რ ო ნ ი კ ა

**ინფორმაცია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
წყალთა მუშაობის ინსტიტუტის
მოღვაწეობის შესახებ**

2011 წ.

ინსტიტუტში, რომელიც დაფუძნებულია 1929 წლიდან, ამჟამად მუშაობს 70 თანამშრომელი, აქედან 52% 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, 17 – აკადემიური დოქტორი, 1 – დოქტორანტი და 3 – მაგისტრი.

ინსტიტუტის სამეცნიერო კვლევითი საქმიანობა

◆ ინსტიტუტის მეცნიერ-თანამშრომლების მიერ 2011 წლის პერიოდულ გამოცემებში გამოქვეყნებულ იქნა 60-მდე სტატია, 5 მონოგრაფია და 1 დამხმარე სახელმძღვანელო;

◆ 2011 წელს ინსტიტუტმა გამოსცა №66 ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული, რომელიც მიეძღვნა პროფესორ მიხეილ გაგოშიძის სსოვნას;

◆ ინსტიტუტში მუშავდება 17 საბიუჯეტო თემა, რომლებიც აქტუალურია ქვეყანაში მიმდინარე გახშირებული ბუნებრივი კატასტროფებისა და გარემოს დაცვის ღონისძიებების მეცნიერულად დამუშავების თვალსაზრისით.

ინსტიტუტის სამეცნიერო ურთიერთობები

საქართველო:

◆ 2011 წლის 19–22 თებერვალს ინსტიტუტში სტუმრად იმყოფებოდა პოლონეთის დელეგაცია: პოლონეთის ქ. ვროცლავის გარემოს დაცვისა და სიცოცხლის შემსწავლელ მეცნიერებათა უნივერსიტეტის გარე-

მოს დაცვისა და საინჟინრო მეცნიერებათა ფაკულტეტის დეკანი, დოქტორი, პროფესორი ერუი სობოტა და ამავე უნივერსიტეტის პროფესორი, დოქტორი რომან ზმუდა. ინსტიტუტის დირექტორთან, ტექნ. მეცნ. დოქტ., პროფ. გივი გავარდაშვილთან საუბრისას განიხილეს ახალი საერთაშორისო გრანტ-პროექტის მოსამზადებელი საკითხები;

◆ 2011 წლის 25 აგვისტოს ინსტიტუტში სტუმრად იმყოფებოდნენ აზერბაიჯანის წყლის პრობლემების სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის უფრ. მეცნიერ-თანამშრომელი მ.ნ. კარაევი და წამყვანი ინჟინერი ა.ტ. სულეიმანოვი. აზერბაიჯანის მეცნიერ-სპეციალისტებმა ინსტიტუტის დირექტორს, ტექნ. მეცნ. დოქტორს, პროფ. გივი გავარდაშვილს გადასცეს მათი ინსტიტუტის დირექტორის, ტექნ. მეცნ. დოქტორის, პროფ. ელჩინ განბაროვის მოკითხვა და განიხილეს მომავალში ერთობლივი საერთაშორისო საგრანტო პროექტების მომზადებისათვის მზადება;

◆ 2011 წლის 24 ნოემბერს ინსტიტუტში სტუმრად იმყოფებოდა ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტის გეოგრაფიის ფაკულტეტის დეკანი, ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფ. ფარდა იმანოვი. საუბარი შეეხო წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტსა და ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტს შორის გაფორმებული ხელშეკრულების თანახმად ინსტიტუტის ჰიდროტექნიკურ ლაბორატორიაში ჰიდროლოგიის სპეციალობის ახალგაზრდა მეცნიერთა მიერ ლაბორატორიული კვლევებისა და ექსპერიმენტების ჩატარებას წყალდიდობების მოდელირებით.

საზღვარგარეთ:

◆ 2011 წლის 27 თებერვლიდან 5 მარტამდე ინსტიტუტის დირექტორი, ტექნ. მეცნ. დოქტ., პროფ. გივი გავარდაშვილი და ინსტიტუტის გარემოს დაცვისა და საინჟინრო ეკოლოგიის განყოფილების მეცნიერ-თანამშრომელი თამარიკო სუპატაშვილი

ევროგაერთიანების საგრანტო პროექტის „შავი ზღვის სამეცნიერო ქსელის სრულყოფა“ – „UP-GRADE BS-SCENE“-ის (კონტრაქტი №226592) შესრულებასთან დაკავშირებით სამუშაო შეხვედრაზე იმყოფებოდნენ ბელგიაში, ქ. ოსტენდში;

◆ 2011 წლის 7 – 11 აპრილს ინსტიტუტის გარემოს დაცვისა და საინჟინრო ეკოლოგიის განყოფილების მეცნიერ-თანამშრომელი თამრიკო სუპატაშვილი ევროგაერთიანების საგრანტო პროექტის „შავი ზღვის სამეცნიერო ქსელის სრულყოფა“ – „UP-GRADE BS-SCENE“-ის (კონტრაქტი №226592) შესრულებასთან დაკავშირებით სამუშაო შეხვედრაზე იმყოფებოდა საბერძნეთში, კუნძულ როდოსზე;

◆ 2011 წლის 13-18 ივნისს იტალიის ქ. პადუას უნივერსიტეტში ჩატარდა V მსოფლიო კონფერენცია თემაზე „ღვარცოფების გან მიყენებული ზარალი, მათი შემსუბუქება, მექანიკა, შეტყობინება და შეფასება“. კონფერენციაში მონაწილეობა მიიღო მსოფლიოს 18 ქვეყნის 270-მა მეცნიერ-სპეციალისტმა.

გაიმართა მუშა შეხვედრები აშშ-ის, ბრაზილიის, კანადის, იაპონიის, ჩინეთის, რუსეთის, ტაივანის, იტალიის, ავსტრიის, საფრანგეთის, ახალი ზელანდიის, შვეიცარიის და სხვა ქვეყნების მეცნიერ-სპეციალისტებთან.

კონფერენციის მიმდინარეობის პერიოდში ინსტიტუტის დირექტორმა, პროფ. გივი გავარდაშვილმა მსოფლიო კონფერენციის საორგანიზაციო კომიტეტს (ღვარცოფების მსოფლიო კონფერენციის პრეზიდენტი – პროფ. ჯონ მეიჯერი) წარუდგინა განაცხადი – 2015 წელს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში VI მსოფლიო კონფერენციის ჩატარების შესახებ. განაცხადები აგრეთვე წარადგინეს: აშშ-მა, ბრაზილიამ და იაპონიამ. თითოეული ქვეყნიდან განხორციელდა 15-წუთიანი პრეზენტაციები მათი სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტებისა და ცენტრების ისტორიის, გამოცდილებისა და თანამედროვე მდგომარეობის შესახებ, სადაც საქართველოდან პროფ. გივი გავარდაშვილის მიერ წარმოდგენილ იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის 80 წელზე მეტი გამოცდილებისა და

ყოფილ საბჭოთა კავშირში ღვარცოფმცოდნეობის შესწავლასა და მათ წინააღმდეგ ბრძოლაში ინსტიტუტის, როგორც წამყვანი ორგანიზაციის როლი.

კენჭისყრის შედეგად ხმების უმრავლესობით VI მსოფლიო კონფერენციის ჩატარება გადაწყდა (აშშ – 4 ხმა, ბრაზილია – 4, საქართველო – 4, იაპონია – 6) იაპონიის სასარგებლოდ.

შეხვედრები შედგა მსოფლიოში ცნობილ ღვარცოფმცოდნეობის მეცნიერებთან, პროფესორებთან: არონე არმანინთან, რინალდო ჯენევისთან (იტალია), ჯონ მეიჯერთან, დუგლას ჰამილტონთან (აშშ), ტიმოთე დევისთან (ახალი ზელანდია), დიტერ რიკენმანთან, მიშელ ჯებოედოფთან (შვეიცარია), ტაკაჰიშა მიზუამასთან, ჰიროში სუასთან (იაპონია), ჩენ იუნ-ჩენგთან (ჰონგ-კონგი), სერგეი ჩერნომორცთან (რუსეთი), დიმიტრი ზნამენსკისთან (ბრაზილია), კო-ფეი ლიუსთან (ტაივანი) და სხვ. საუბარი შეეხო ინსტიტუტისა და მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნების თანამშრომლობას საერთაშორისო-საგრანტო პროექტების მომზადებაში, ახალგაზრდა მეცნიერი კადრების მომზადებაში ღვარცოფების დინამიკისა და მათთან ბრძოლის საქმეში;

◆ ვროცლავის გარემოს დაცვისა და სიცოცხლის შემსწავლელ მეცნიერებათა უნივერსიტეტის რექტორის პროფესორ რომან კოლახის და ამავე უნივერსიტეტის გარემოს დაცვისა და გეოდეზიის ფაკულტეტის დეკანის პროფესორ ერჟი სობოტას ოფიციალური მიწვევით 2011 წლის 6 სექტემბრიდან 14 სექტემბრამდე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დირექტორი პროფესორი გივი გავარდაშვილი მივლინებით იმყოფებოდა პოლონეთში, ქ. ვროცლავში, ვროცლავის უნივერსიტეტის გარემოს დაცვისა და გეოდეზიის ფაკულტეტის დაარსებიდან 60 წლის იუბილესადმი მიძღვნილ ოფიციალურ მიღებაზე მონაწილეობის მისაღებად.

საზეიმო სხდომაზე პროფ. გივი გავარდაშვილის გამოსვლა შეეხებოდა ინსტიტუტის 80 წლიან გამოცდილებას გარემოს დაცვის, წყალთა მეურნეობის, ჰიდროტექნიკური ნაგებობების საიმედოობისა და რისკის შეფასების, საინჟინრო მედიორაციისა და სხვა აქტუალ საკითხებში



ფოტო 1. ვროცლავის უნივერსიტეტის გარემოს დაცვისა და გეოდეზიის ფაკულტეტის დაარსებიდან 60 წლის იუბილეისადმი მიძღვნილი საღამო

Фото 1. Вечер, посвященный 60-летию юбилею со дня основания факультета охраны окружающей среды и геодезии Вроцлавского университета

Photo 1. The party in honour of 60 years anniversary of Faculty of Environment Protection and Geodesy of Wroclaw University



ფოტო 2. ფაკულტეტის დეკანთან ოფიციალური მილოცვისას მარჯვნიდან – ფაკულტეტის დეკანი პროფ. ერჟი სობოტა და ინსტიტუტის დირექტორი პროფ. გივი გავარდაშვილი

Фото 2. Официальное поздравление
Справа – декан факультета проф. Ержи Собота и директор института проф. Гиви Гавардашвили

Photo 2. Official greeting with Faculty Dean
From right to left: Faculty Dean Prof. Jerzy Sobota and Institute Director Prof. Givi Gavardashvili

გაიმართა ოფიციალური შეხვედრა წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დირექტორსა და ვროცლავის უნივერსიტეტის რექტორს შორის. საუბარს ესწრებოდნენ: უნივერსიტეტის ვიცე-რექტორი, პროფ. ა. ვილიჩკო, პროფ. ე. სობოტა, ასოცირებული პროფესორები ჯ. მარკოვსკა და კ. ბრიში.



ფოტო 3. პოლონეთის ქ. ვროცლავის უნივერსიტეტის რექტორთან ოფიციალურ მიღებაზე. მარცხნიდან – რექტორი, პროფ. რომან კოლაჩი, ინსტიტუტის დირექტორი პროფ. გივი გავარდაშვილი და ფაკულტეტის დეკანი პროფ. ერჟი სობოტა

Фото 3. Официальный прием у ректора Вроцлавского университета.
Слева – ректор проф. Роман Колач, директор института проф. Гиви Гавардашвили и декан факультета проф. Ержи Собота

Photo 3. At the official meeting with Rector of Wroclaw University, Poland
From left to right: Rector, Prof. Roman Kolacz, Institute Director Prof. Givi Gavardashvili and Faculty Dean Prof. Jerzy Sobota

შეხვედრაზე საუბარი შეეხო ორ ორგანიზაციას შორის 2010 წელს გაფორმებულ ურთიერთთანამშრომლობის ხელშეკრულებას, რომელიც ითვალისწინებს სტუდენტებისა და მეცნიერ-თანამშრომლების გაცვლას და ერთობლივი საერთაშორისო საგრანტო პროექტების მომზადებას. მიღწეულ იქნა შეთანხმება, რომ 2012 წელს პოლონეთიდან ჩამოვა უნივერსიტეტის დელეგაცია 3-4 მეცნიერის შემადგენლობით, რომლის მიზანია თანამშრომლობის განმტკიცება და გამოცდილებების გაზიარება.



ფოტო 4. სამუშაო შეხვედრაზე მარცხნიდან – ფაკულტეტის დეკანი პროფ. ერჟი სობოტა და ინსტიტუტის დირექტორი პროფ. გივი გავარდაშვილი

Фото 4. Рабочая встреча
Слева – декан факультета проф. Ержи Собота и директор института профессор Гиви Гавардашвили

Photo 4. At working meeting
From left to right: Faculty Dean Prof. Jerzy Sobota and Institute Director Prof. Givi Gavardashvili

◆ 2011 წლის 13 სექტემბერს პოლონეთის დედაქალაქში ქ. ვარშავაში შედგა სამუშაო შეხვედრა პროფ. გ. გავარდაშვილსა და ვარშავის აგრარული უნივერსიტეტის საინჟინრო და გარემოსდამცავ მეცნიერებათა ფაკულტეტის დეკანთან, პროფესორ ერჟი ეზნახთან, რომელმაც სტუმარს გააცნო უნივერსიტეტში გასულ წელს ევროკავშირის დახმარებით აშენებული ე.წ. „წყლის ცენტრი“, რომლის მშენებლობაზეც დაიხარჯა 22 მილიონი ევრო. უნდა აღინიშნოს, რომ „წყლის ცენტრი“ აღჭურვილია თანამედროვე ტექნიკითა და უახლესი აპარატურით. საუბარში მიღწეულ იქნა შეთანხმება ინსტიტუტსა და ვარშავის უნივერსიტეტს შორის ურთიერთ-თანამშრომლობის შესახებ;

◆ ინსტიტუტის დირექტორი პროფესორი გივი გავარდაშვილი ევროგრანტის FP-7 „შავი ზღვის სამეცნიერო ქსელი (UP-GRADE BS-SCENE, №226592) დასკვნით სამუშაო შეხვედრაზე მონაწილეობის მისაღებად მივლინებულ იქნა უკრაინაში ქ. ოდესაში.

2011 წლის 29 ოქტომბრიდან 31 ოქტომბრამდე სასტუმრო „შავი ზღვის“ საკონფერენციო დარბაზში გაიმართა ევროგრანტის (UP-GRADE BS-SCENE, №226592) დასკვნითი მუშა შეხვედრა, სადაც წარდგენილ იქნა წყალთა მეურნეობის მეცნიერ თანამშრომლების მიერ 2009-2011 წწ პერიოდში დამუშა-

ვებული სამეცნიერო მასალისა და პროექტების შემაჯამებელი შედეგები, რომელთა რაოდენობრივი მაჩვენებლებიც მოცემულია №1 ცხრილში.

ცხრილი 1

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი	12	27	346
ჯამი	EDMERP	EDMED	CDI/ODV



ფოტო 5. სამუშაო შეხვედრაზე ქ. ვარშავაში. მარცხნიდან – პროფ. გ. გავარდაშვილი და ვარშავის აგრარული უნივერსიტეტის საინჟინრო და გარემოსდამცავი მეცნიერებების ფაკულტეტის დეკანი, პროფესორი ერჟი ეზნახი

Фото 5. Рабочая встреча в г. Варшава.
Слева – проф. Гиви Гавардашвили и декан факультета инженерных наук и наук по охране окружающей среды Варшавского аграрного университета проф. Ержи Езнах

Photo 5. At working meeting in Warsaw.
From left to right: Prof. Givi Gavardashvili and Dean of the Faculty of Engineering and Environment Protection Sciences of Agrarian University of Warsaw Prof. Jerzy Sobota

30 ოქტომბერს შედგა სამუშაო შეხვედრა ინსტიტუტის დირექტორსა და უკრაინის ეკოლოგიისა და ბუნებრივი რესურსების მინისტრს, ბატონ ნიკოლოზ ზლოჩევსკის შორის, ხოლო 31 ოქტომბერს კი ქალბატონ ანა მარია იოჰანსონს (ევროკავშირის კომისია, ბრიუსელი), პიტერ დევისა და დიკ შააფს შორის (მარისი, ნიდერლანდები), ასევე შავი ზღვის კომისიის წევრებთან (თურქეთი). საუბარი შეეხო ინსტიტუტსა და ევროკავშირის კომისიას შორის მომავალში თანამშრომლობის გაგრძელებას.



ფოტო 6. ევროკავშირის გრანტის მუშა შეხვედრა
Фото 6. Рабочая встреча участников грант-проекта Евросоюза
Photo 6. Working meeting of European Union Grant

სამეცნიერო საქმიანობა



ფოტო 7. სამუშაო შეხვედრაზე ქ. ოდესაში.
მარცხნიდან - ანა მარია იოჰანსონი
(ევროკავშირის კომისია, ბრიუსელი) და პროფ.
გივი გავარდაშვილი (საქართველო)

Фото 7. Рабочая встреча в г. Одесса
Слева – Анна Мария Иогансон (комиссия
Евросоюза, Брюссель) и проф. Гиви
Гаврдашвили (Грузия)

Photo 7. At working meeting in c. Odessa
From left to right: Anna Maria Johansson (EU
Commission, Brussels) and Professor Givi
Gavardashvili (Georgia)

◆ 2011 წლის 13 ივლისს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ფაკულტეტზე ჩატარდა ინსტიტუტის გარემოს დაცვისა და საინჟინრო ეკოლოგიის განყოფილების ინჟინრის, დოქტორანტ მარიკა შავლაყაძის დისერტაციის დაცვა თემაზე: „ადგილობრივი მინერალური რესურსების საფუძველზე მიკროსასუქებად გამოყენებული მასალების მიღება და შესწავლა“ და მიენიჭა ქიმიის აკადემიური დოქტორის ხარისხი;

◆ 2011 წლის 28 სექტემბერს საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის აგროსაინჟინრო ფაკულტეტზე ჩატარდა ინსტიტუტის მეცნიერ-თანამშრომლის პაატა სიჭინავას დისერტაციის დაცვა თემაზე: „რესურსმზოგი ნაპირდამცავი ნაგებობები“ და მიენიჭა აგროინჟინრის აკადემიური დოქტორის ხარისხი;

◆ 2011 წლის 16 დეკემბერს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის ხის დამუშავების საწარმოთა მოწყობილობისა და ტექნოლოგიის მიმართულებით

ჩატარდა ინსტიტუტის მეცნიერ-თანამშრომლის დავით მოსულიშვილის დისერტაციის დაცვა თემაზე: „საქართველოს მერქნული რესურსების პოტენციალი და ტყეკაფებითი სამუშაოების კომპლექსური მექანიზაციის ეკოლოგიურად უვნებელი ტექნოლოგიური პროცესებისა და მანქანათა კომპლექსების აგების საფუძვლები“ და მიენიჭა ტექნიკის აკადემიური დოქტორის ხარისხი;

◆ 2011 წლის აგვისტოში თბილისის მერიის მიერ გამოცხადებულ საკონკურსო პროექტში „მეცნიერების, გამოგონებების, ნიჭიერი და კრეატიული ადამიანების ხელშეწყობა“ ინსტიტუტის თანამშრომელთა მიერ მერიაში წარდგენილი იყო 22 გამოგონება. I ეტაპზე სიგელი გადაეცა ინსტიტუტის უფროს მეცნიერ-თანამშრომელს ვახტანგ სამხარაძეს.

საერთაშორისო კონფერენციებსა და სიმპოზიუმებში მონაწილეობა

საქართველო:

◆ 2011 წლის 19-20 მაისს ქ. ქუთაისის აკ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტში ჩატარდა საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია „თანამედროვე ტექნოლოგიები და გამოყენებითი დიზაინი“, რო-

მელშიც მონაწილეობდა ინსტიტუტის მეცნიერ-თანამშრომლები: ო. ნათიშვილი, ვ. თევზაძე, ი. ირემაშვილი, ლ. იტრიაშვილი, მ. შავლაყაძე, შ. კუპრეიშვილი, პ. სიჭინავა, ლ. მაისაია, თ. სუპატაშვილი, გ. ჩახაია, რ. დიაკონიძე, ლ. წულუკიძე და ქ. დადიანი;

◆ 2011 წლის 24-25 ივნისს ქ. ქუთაისის ეროვნული-სასწავლო უნივერსიტეტში გაიმართა საერთაშორისო კონფერენცია „კოსმოსი – მახლობელი და შორეული“, რომელიც მიეძღვნა აკადემიკოს ჯუმბერ ლომინაძის 80 წლის იუბილეს. კონფერენციაში მონაწილეობდა ინსტიტუტის დირექტორი ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი გ. გავარდაშვილი;

◆ 2011 წლის 5-7 თებერვალს თბილისში ჩატარდა ნიკოლოზ ბერუჩაშვილის ხსოვნისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო კონფერენცია „გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები“, რომელშიც მონაწილეობდა ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერ-თანამშრომელი გ. დონხაძე;

◆ 2011 წლის 15-17 სექტემბერს თბილისში ჩატარდა აკადემიკოს თ. დავითაიას დაბადებიდან 100 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო კონფერენცია „გარემო და გლობალური დათბობა“, რომელშიც მონაწილეობდა ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერ-თანამშრომელი გ. დონხაძე



◆ 2011 წლის 27-29 სექტემბერს თბილისში ჩატარდა აკადემიკოს გივი სვანიძის 90 წლისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო კონფერენცია “ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემები”, რომელშიც მონაწილეობდნენ ინსტიტუტის მეცნიერთანამშრომლები: გ. დოხნაძე, რ. დიაკონიძე, თ. თევზაძე, გ. ჩახაია.

საზღვარგარეთ:

◆ 2011 წლის 11-13 აპრილს აშშ-ის მერილენდის უნივერსიტეტის ბაზაზე ამერიკის სამოქალაქო მშენებლობის ასოციაციის (ASCE) მხარდაჭერით ჩატარდა პირველი მსოფლიო კონფერენცია თემაზე „მოწყვლადობა, რისკის ანალიზი და მენეჯმენტი“. კონფერენციაში მონაწილეობა მიიღო მსოფლიოს 31-მა ქვეყანამ, დაიბეჭდა კონფერენციის 1003 გვერდიანი სამეცნიერო შრომათა კრებული.



ფოტო 8. კონფერენციაზე მოხსენებისას (მერილენდის უნივერსიტეტი, აშშ)

Фото 8. Во время доклада на конференции (Мерилендский университет, США)

Photo 8. Giving a speech at the conference (Maryland University, USA)

ინსტიტუტის დირექტორი, პროფ. გივი გავარდაშვილი, რომელიც იმავდროულად იყო კონფერენციის საერთაშორისო-საორგანიზაციო კომიტეტის წევრი, გამოვიდა მოხსენებით „საქართველოს სატრანსპორტო და ენერჯო დერეფნების უსაფრთხოების საკითხები ბუნების სტიქიური მოვლენების ფორმირების პერიოდში, კერძოდ, წყალდიდობების და ეროზიულ-დვარცოფული პროცესების გააქტიურებისას“. კონფერენციის მსვლელობისას განიხილებოდა სამი ძირითადი მიმართულება: ენერჯო და სატრანსპორტო დერეფნების უსაფრთხოება, შეიარაღებული ძალების მოქმედების საიმედოობა და ცუნამის, კერძოდ, იაპონიის მაგალითზე, აგრეთვე ატომური ელექტროსადგურის უსაფრთხოების საკითხებზე.

◆ 2011 წლის 13-18 ივნისს იტალიის ქ. პადუას უნივერსიტეტში ჩატარდა V მსოფლიო კონფერენცია თემაზე „ღვარცოფებისგან მიყენებული ზარალი, მათი შემსუბუქება, მექანიკა, შეტყობინება და შეფასება“. კონფერენციაში მონაწილეობა მიიღო მსოფლიოს 18 ქვეყნის 270-მა მეცნიერ-სპეციალისტმა, დაიბეჭდა კონფერენციის 1118 გვერდიანი სამეცნიერო შრომათა კრებული.

აღსანიშნავია ისიც, რომ ღვარცოფების მსოფლიო კონფერენციის ისტორიიდან (ქ. სანფრანცისკო, აშშ; 1996, ქ. ტაიპეი, ტაივანი, 2000; ქ. დავოსი, შვეიცარია, 2003; ქ. ჩენგდუ, ჩინეთი, 2007 და ქ. პადუა, იტალია, 2011) პირველად, სამხრეთ კავკასიის რეგიონიდან მონაწილეობდა მხოლოდ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი.



ფოტო 9. იტალიის ქ. პადუას უნივერსიტეტის V მსოფლიო კონფერენციის მონაწილეები

Фото 9. Участники V Всемирной конференции Университета г. Падуя, Италия

Photo 9. Participants of the 5th Conference of Padua University, Italy

ინსტიტუტის დირექტორმა, პროფ. გივი გავარდაშვილმა მოხსენება გააკეთა თემაზე: „მდ. ღურუჯის წყალშემკრებ აუზში ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესების საველე კვლევის შედეგები“. გაიმართა მუშა შეხვედრები აშშ-ის, ბრაზილიის, კანადის, იაპონიის, ჩინეთის, რუსეთის, ტაივანის, იტალიის, ავსტრიის, საფრანგეთის, ახალი ზელანდიის, შვეიცარიის და სხვა ქვეყნების მეცნიერ-სპეციალისტებთან. კონფერენციის მსვლელობისას განიხილებოდა შემდეგი ძირითადი მიმართულებები: ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესების კვლევა თანამედროვე ტექნიკისა და ტექნოლოგიების მხედველობაში მიღებით, ღვარცოფის შეტყობინების თანამედროვე კოსმოსური თანამგზავრული სისტემების გამოყენება და ღვარცოფებთან ბრძოლის ახალი ბიო-საინჟინრო ღონისძიებების დანერგვა



ფოტო 10. კონფერენციაზე პოსტერ-პრეზენტაციისას

Фото 10. На конференции во время постер-презентации

Photo 10. Poster-presentation at the conference

◆ 2011 წლის 30 ივნისი – 2 ივლისს ყირგიზეთის ქ. ბიშკეკში ჩატარდა რეგიონალური კონფერენცია თემაზე „ცენტრალური აზიის რეგიონში წყლის რესურსებისა და ენერგეტიკის პრობლემების გადაწყვეტაში მეცნიერების როლი“, რომელშიც მონაწილეობა მიიღეს ინსტიტუტის დირექტორმა, პროფ. გ. გავარდაშვილმა, რ. დიაკონიძემ, გ. ჩახაიამ, ლ. წულუკიძემ, კ. ბზიავამ;

◆ ეროცლავის გარემოს დაცვისა და სიცოცხლის შემსწავლელი მეცნიერების

შემსწავლელი უნივერსიტეტის რექტორის პროფესორ რომან კოლახის და ამავე უნივერსიტეტის გარემოს დაცვისა და გეოდეზიის ფაკულტეტის დეკანის პროფესორ ერეკლე სობოტას ოფიციალური მიწვევით 2011 წლის 6 სექტემბრიდან 14 სექტემბრამდე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დირექტორი პროფესორი გივი გავარდაშვილი მივლინებით იმყოფებოდა პოლონეთში ქ. ვროცლავში მე-15 საერთაშორისო კონფერენციაზე „ტრანსპორტი და სედიმენტაცია“ მოხსენების გასაკეთებლად.

გერმანიის, ჩინეთის, ჩეხეთის, ბულგარეთის, პოლონეთის, ნორვეგიისა და შვეციის მეცნიერებთან ერთად პროფ. გივი გავარდაშვილმა გააკეთა მოხსენება, რომელიც შეეხებოდა საქართველოს სამხედრო გზის უსაფრთხოების პრობლემებს წყალდიდობებისა და ღვარცოფების ფორმირების დროს. ნაშრომში გამოყენებულ იქნა აკადემიკოს ო. ნათიშვილისა და პროფესორ ვ. თევზაძის მეთოდოლოგია მყარი ფრაქციების მოცულობის დასადგენად ფრაქციების კონფიგურაციის გათვალისწინებით.

◆ 2011 წლის 1-4 ნოემბერს ინსტიტუტის დირექტორი, პროფესორი გივი გავარდაშვილი მე-3 საერთაშორისო კონფერენციაზე მიძღვნილი „შავი ზღვის პრობლემებზე“ მონაწილეობის მისაღებად მივლინებულ იქნა უკრაინაში ქ. ოდესაში.



ფოტო 11. კონფერენციაზე მოხსენებისას. ქ. ოდესა, 4.11.2011

Фото 11. На конференции во время доклада, г. Одесса, 4.11.2011

Photo 11. At the conference during report, Odessa, 4.11.2011

კონფერენციის მონაწილეების წინაშე პროფ. გივი გავარდაშვილი წარსდგა მოხსენებით: „საქართველოს საზღვრებში შავი ზღვის აკვატორიაში 2011 წელს განხორციელებული კვლევის შედეგები და ანალიზი“.

◆ 2011 წლის 20-24 ნოემბერს ჩინეთის დედაქალაქ პეკინის მშენებლობისა და არქიტექტურის უნივერსიტეტში ჩატარდა მე-3 საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „არქიტექტურისა და მშენებლობის თანამედროვე პრობლემები“, რომელშიც მონაწილეობდა მსოფლიოს 12 ქვეყანა, მათ შორის საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი. მოხსენებით გამოვიდა ინსტიტუტის დირექტორი ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი გ. გავარდაშვილი.

საერთაშორისო მემორანდუმები

◆ 2011 წლის 13 აპრილს მერილენდის უნივერსიტეტში I მსოფლიო კონფერენციის ჩატარების შემდეგ, რომელშიც მონაწილეობა მიიღო ინსტიტუტის დირექტორმა, პროფესორმა გივი გავარდაშვილმა ხელმოწერილი იქნა მემორანდუმი მერილენდის უნივერსიტეტის ტექნოლოგიისა და სისტემური მართვის დეპარტამენტის სამოქალაქო და გარემოს-დამცავი ნაგებობების ცენტრსა და საქართ-

ველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტს შორის ურთიერთ-თანამშრომლობის შესახებ. მემორანდუმი ითვალისწინებს სტუდენტების, ახალგაზრდა მეცნიერ-სპეციალისტების, მაგისტრებისა და დოქტორანტების გაცვლას, ასევე ერთობლივ მუშაობას საერთაშორისო გრანტების მომზადებაში (იხ. ფოტო).

სტაჟირება საზღვარგარეთ

◆ ინსტიტუტის წყალსამეურნეო ობიექტების მოდელირების განყოფილების მეცნიერ-თანამშრომელმა კონსტანტინე იორდანიშვილმა გაიმარჯვა ისრაელის სახელმწიფოს მიერ გამოცხადებულ კონკურსში „Water Management: Decision Making, Environmental Aspects & Risk Assessment“, რომელიც ტარდება იერუსალიმის უნივერსიტეტის შიგა კვლევების განყოფილებაში რობერტ სმიტის სოფლის მეურნეობის, კვებისა და გარემოს დაცვის ფაკულტეტის მიერ და იმყოფებოდა სტაჟირებაზე ისრაელში 1 თვის ვადით – 23 ოქტომბრიდან 22 ნოემბრის ჩათვლით, სადაც გაეცნო მორწვევის თანამედროვე ტექნოლოგიებსა და წყლის რესურსების ოპტიმიზაციას სამედიცინო-მორწვევით სისტემებში, აგრეთვე ბიოპროდუქტების წარმოებას.



ფოტო 12. აშშ, მერილენდის უნივერსიტეტში მემორანდუმზე ხელმოწერისას მარცხნიდან – პროფესორები: აიუბ ბილალი (აშშ) და გივი გავარდაშვილი (საქართველო)

Фото 12. США, при подписании меморандума в Мерилендском университете.

Слева: профессора – Аюб Билан (США) и Гиви Гавардашвили (Грузия)

Photo 12. USA, at the time of signing the memorandum at Maryland University

From left to right: Professors –Bilal Ayyub (USA) and Givi Gavardashvili (Georgia)

სახელმწიფო მნიშვნელობის პროექტები

◆ 2011 წლის მარტში საქართველოს პარლამენტს განსახილველად გადაეცა საქართველოში ტურიზმის განვითარების ხელშეწყობის საპროექტო წინადადება თემაზე „მდ. რიონზე არგონავტების მარშრუტის აღდგენა კალაპოტის სტაბილიზაციის გათვალისწინებით“;

◆ 2011 წლის მაისში საქართველოს პარლამენტს განსახილველად გადაეცა ქვეყნის ტერიტორიის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით კონცეფცია „საქართველოს ტერიტორიის წყალდიდობებისაგან დაცვა“, სადაც განხილულია როგორც ბუნებრივი, ასევე ტექნოგენური (კაშხლების ნგრევის შემთხვევაში) კატასტროფების შემთხვევაში წარმოშობილი წყალდიდობებისა და ღვარცოფების პროგნოზირებისა და რეგულირების საკითხები;

◆ 2011 წლის 17 ნოემბერს საქართველოს პარლამენტში ანტიკრიზისულ საბჭოს სხდომაზე მოხსენებით წარსდგა ინსტიტუტის დირექტორი, პროფ. გ. გავარდაშვილი, რომელიც შეეხო ქ. ყვარლის მდ. დურუჯის ღვარცოფებისაგან დაცვის ღონისძიებებს. ასევე ყურადღება იქნა გამახვილებული მდ. დურუჯის ინტეგრალური მართვის საკითხებზე, როგორცაა უსაფრთხოება, ნედლეულის წარმოება, სოფლის მეურნეობა, სამშენებლო მასალები, ტურიზმი და სხვ.;

◆ 2011 წლის 3 დეკემბერს საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიურ საბჭოზე განხილულ იქნა საქართველოს ნიადაგების ეროვნული საბჭოს 2012-2020 წლის კონცეფცია, რომლის დამუშავებაშიც აქტიური მონაწილეობა მიიღეს ინსტიტუტის მთავარმა მეცნიერ-თანამშრომლებმა: გ. გავარდაშვილმა და ვ. თევზაძემ;

◆ 2011 წლის 17 დეკემბერს საქართველოს პარლამენტში ანტიკრიზისულ საბჭოს სხდომაზე მოხსენებით წარსდგა ინსტიტუტის დირექტორი, პროფ. გ. გავარდაშვილი, რომელმაც გააკეთა მოხსენება თემაზე „ქ. ყვარელზე მდ. დურუჯის კატასტროფული ზემოქმედების თავიდან აცილების მიზნით გასატარებელი ღონისძიებებისათვის ფინანსური სახსრების მოძიების შესახებ“.

2011 წელს ინსტიტუტის გამომცემული მონოგრაფიები

- **ნატიშვილი ო.გ., ტევადზე ვ.ი.** Волны в селях. Москва , 2011. 159 ст.;
- **გავარდაშვილი გ.** ბუნებრივი და ტექნოგენური კატასტროფებისას მთის ლანდშაფტების უსაფრთხოების ღონისძიებები. გამომცემლობა „უნივერსალი“, თბილისი, 237 გვ.;
- **ჭარბაძე ზ.** წვიმა და წვიმისმიერი ეროზია. თბილისი, 2011. 107 გვ.;
- **ვართანოვი მ., სტურუა თ.** ბუნებათსარგებლობის ეკონომიკა. თბილისი, 2011წ. 207 გვ.;
- **სიჭინავა პ.** რესურსმზოვი ნაპირდამცავი ნაგებობები. თბილისი, 2011. 110 გვ.

2011 წელს ინსტიტუტის გამომცემული დამხმარე სახელმძღვანელო

- **იტრიაშვილი ლ.** გრუნტების თვისებების მართვის ფიზიკურ-ქიმიური საფუძვლები. დამხმარე სახელმძღვანელო, თბილისი, 2011, 59 გვ.

**ХРОНИКА
ИНФОРМАЦИЯ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ИНСТИТУТА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
2011 г.**

**CHRONICLE
INFORMATION ON THE ACTIVITY OF THE WATER MANAGEMENT INSTITUTE
OF GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY
IN 2011**

В институте, основанном в 1929 году, в настоящее время работают 70 сотрудников, откуда 52 % – 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, 17 – академические доктора, 1 – докторант и 3 – магистра.

The institute, established since 1929, has 70 employees, 52% 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, 17 – Academic Doctors, 1 – Doctoral candidate and 3 – Undergraduates.

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИНСТИТУТА**

♦ В периодических изданиях 2011 года сотрудниками института были опубликованы более 60 статей, 5 монографий и 1 учебное пособие;

♦ В 2011 году институт издал Сборник научных трудов № 66, посвященный памяти профессора Михаила Сергеевича Гагошидзе;

♦ В институте разрабатывается 17 бюджетных тем актуальных с точки зрения участвующих в стране природных катастроф и научной разработки мероприятий по охране окружающей среды.

НАУЧНЫЕ СВЯЗИ ИНСТИТУТА

Грузия:

♦ С 19 по 22 февраля 2011 года в институте гостила польская делегация: декан факультета охраны окружающей среды и геодезии Польского университета охраны окружающей среды и наук, изучающих жизнь (г. Вроцлав) доктор, профессор Ержи Собота и доктор, профессор того же университета Роман Змуда,

**SCIENTIFIC-RESEARCH ACTIVITY
OF THE INSTITUTE**

♦ In the periodicals of 2011, the scientific officers of the Institute published over 60 articles, 5 monograph and 1 manual;

♦ In 2011 the Institute published №66 Complete Scientific Works of the Institute, dedicated to the memory of Professor Mikheil Gagoshidze;

♦ 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:

♦ In 19-22 February, 2011 the delegation of Poland visited the Institute – Dean of Faculty of Environment Protection and Engineering Sciences of University of Environment Protection and Vital Sciences of Wroclaw, Poland, Doctor, Professor Jerzy Sobota and Professor of the same university, Doctor Romuald Zmuda together with Institute

в беседе с директором института доктором техн. наук, профессором Гиви Гавардашвили рассмотрели подготовительные вопросы нового Международного грант-проекта;

◆ 25 августа 2011 года в институте были в гостях ст. научный сотрудник М.Н. Караев и ведущий инженер Института водных проблем Азербайджана. Научные специалисты Азербайджана приветствовали директора института доктора техн. наук, профессора Гиви Гавардашвили и от имени директора своего Института доктора техн. наук, профессора Элчина Ганбарова передали готовность к участию в будущем в совместном Международном грант-проекте;

◆ 24 ноября 2011 года в институте был в гостях декан географического факультета Бакинского государственного университета доктор техн. наук, профессор Фарда Иманов. Беседа касалась проведения лабораторных исследований и экспериментов с моделированием наводнений молодыми учеными-гидрологами в гидротехнической лаборатории Института согласно договору, оформленному между Институтом водного хозяйства и Бакинским государственным университетом.

За границей:

◆ С 27 февраля по 5 марта 2011 года директор института доктор техн. наук, профессор Гиви Гавардашвили и научный сотрудник отдела охраны окружающей среды и инженерной экологии Тамрико Супаташвили находились в Бельгии в г. Остенде для участия в рабочей встрече участников грант-проекта Евросоюза "Совершенствование научной сети Черного моря" – "UP-GRADE BS-SCENE" (контракт № 226592);

◆ С 7 по 11 апреля 2011 года научный сотрудник отдела охраны окружающей среды и инженерной экологии Института Тамрико Супаташвили находилась в Греции, на острове Родос для участия в рабочей встрече участников грант-проекта Евросоюза "Совершенствование научной сети Черного моря" – "UP-GRADE BS-SCENE" (контракт № 226592);

◆ С 13 по 18 июня 2011 года в Италии в Университете г. Падуа прошла V Всемирная конференция на тему: "Ущерб, нанесенный селями, их ослабление, механика, оповещение и

Director, Doctor of Technical Sciences, Professor Givi Gavardashvili discussed the issues of drafting of new international grant-project;

◆ On August 25, 2011 the institute was visited by M.N. Karaev – Chief scientific officer of Azerbaijan Scientific-research Centre for Water Problems and Leading Engineer A.T. Suleimanov. The scientist-specialists from Azerbaijan gave regard of professor Elchin Ganbarov – Doctor of Technical Sciences, Director of their Institute to Doctor of Technical Sciences, Professor Givi Gavardashvili – Director of the Institute and expressed the desire to draft the future common international grant-projects;

◆ On November 24, 2011 Doctor of Technical Sciences, Professor Farda Imanov – Dean of Faculty of Geography of Baku State University visited the Institute. The talk concerned carrying out of laboratory researches and experiments in hydrotechnical laboratory of the Institute through modeling of floods by young specialists specializing in hydrology according to the agreement concluded between Water Economy Institute and Baku State University.

Abroad:

◆ From February 27, 2011 till March 5, 2011, Director of Institute, Doctor of Technical Sciences, Professor Givi Gavardashvili together with Tamriko Supatashvili – Scientific officer of Department of Environment Protection and Engineering Ecology of the Institute visited Belgium, Ostende, and attended the working meeting concerning to implementation of EU Grant Project – "UP-GRADE BS-SCENE" (Contract №226592);

◆ In April 7-11, 2011, Tamriko Supatashvili – Scientific officer of Department of Environment Protection and Engineering Ecology of the Institute visited Rhodes Island, Greece, at working meeting with regard to implementation of EU Grant Project – "UP-GRADE BS-SCENE" (Contract №226592);

◆ In June 13-18, 2011 in University of Padua, Italy, the 5th world conference "The damage causing by debris flows, its facilitation, mechanics, report and assessment" was held. Over 270 specialists from 18 states of the world participated in the conference.

оценка". В конференции приняли участие 270 научных специалистов из 18 стран;

Были проведены рабочие встречи с научными специалистами США, Бразилии, Канады, Японии, России, Тайваня, Италии, Австрии, Франции, Новой Зеландии, Швейцарии и других стран.

Во время конференции директор института доктор техн. наук, профессор Гиви Гавардашвили представил организационному комитету Всемирной конференции (президент Всемирной конференции по селям – проф. Джон Мейджер) заявку о проведении VI Всемирной конференции в 2015 году в Институте водного хозяйства Грузинского технического университета. Заявки также представили: США, Бразилия, и Япония. Были проведены 15-минутные презентации от каждой страны об истории, опыте и современном состоянии научно-исследовательских институтов и центров; профессор Гиви Гавардашвили от Грузии представил более чем 80-летний опыт Института водного хозяйства Грузинского технического университета о ведущей роли Института в бывшем Советском Союзе в изучении селей и борьбе с ними.

В результате голосования большинством голосов проведение VI-ой Всемирной конференции решено было в пользу Японии (США – 4, Бразилия – 4, Грузия – 4, Япония – 6).

Состоялись встречи с известными в мире учеными-селевиками профессорами: Ароне Арманином, Ринальдо Дженовойсом (Италия), Джоном Мейджером, Дугласом Гамильтоном (США), Тимоте Девисом (Новая Зеландия), Дитером Рикенманом, Мишелем Джебедофом (Швейцария), Ткахиша Мизуама, Хироши Суа (Япония), Чен Юн-Ченги (Гонконг), Сергеем Черноморцем (Россия), Дмитрием Зманенским (Бразилия), Ко-фей Лиу (Тайвань) и другими. Беседа касалась сотрудничества института с разными странами мира в Международных грант-проектах, подготовки молодых ученых кадров в области динамики селей и борьбы с ними;

♦ По официальному приглашению ректора Вроцлавского университета охраны окружающей среды и наук, изучающих жизнь Романа Колача и декана факультета охраны окружающей среды и геодезии профессора Ержи

Working meetings with scientific officers from USA, Canada, Brasilia, Japan, China, Russia, Taiwan, Italy, Austria, France, New Zealand, Switzerland and other countries were held.

Within the conference, the Director of Institute Givi Gavardashvili submitted before Organization Committee of the World International Conference (the President of the World Conference for Debris Flows – Professor Jon J Major) the Application about holding the 6th world conference in Water Economy Institute of Georgian Technical University in 2015. Applications were submitted by USA, Brasilia and Japan as well. Each country made 15 minutes presentations about history, experience and the modern situation in their Institutes and Centers. Professor Givi Gavardashvili from Georgia presented the role of the Institute as the leading organization in study of the science of debris flow and the struggle against it in former Soviet Union and its experience of over 80 years.

In the result of voting, through majority of votes the decision was made in favor of Japan (USA – 4, Brasilia – 4, Georgia – 4, Japan – 6).

The meetings with the world-known scientists in the field of the science of debris flow: Aronne Armanini, Rinaldo Genevois (Italy), Jon J Major, Douglas Hamilton (USA), Timothy Devis (New Zealand), Ditter Rickenmann, Michel Jaboyedoff (Switzerland), Takahisa Mizuyama, Hiroshi Suwa (Japan), Chen Jun-Chengh (Hong Kong), Sergey Chernomorets (Russia), Dimitri Znamensky (Brasilia), Liu Ko-Fei (Taiwan) were held. The talk concerned to cooperation between the Institute and other states of the world in drafting of international grant projects, in training of young scientists in the field of debris flows' dynamics and the struggle against it.

♦ In 6-14 September, 2011 Givi Gavardashvili – Director of Water Economy Institute of Georgian Technical University was on the business trip in Poland with the official invitation by Professor Roman Kolacz – Rector of University of Sciences for Environment Protection and Vital Sciences and Dean of Faculty of Geodesy and Environment Protection of the same University Jerzy

Собота директор Института водного хозяйства Грузинского технического университета доктор техн. наук, профессор Гиви Гавардашвили находился в командировке в Польше для участия в официальном приеме, посвященном 60-летнему юбилею со дня основания факультета охраны окружающей среды и геодезии Вроцлавского университета (**стр. 253, фото 1, 2**).

Выступление профессора Гиви Гавардашвили на юбилейном заседании касалось 80-летнего опыта института в вопросах охраны окружающей среды, водного хозяйства, надежности гидротехнических сооружений и оценки риска, инженерной мелиорации и в др. актуальных вопросах.

Состоялась официальная встреча директора Института водного хозяйства и ректора Вроцлавского университета. При встрече присутствовали: вице-ректор Университета, проф. А. Виличко, проф. Е.Собота, ассоциированные профессора Дж. Марковска и К. Бриш (**стр. 253, фото 3**).

Беседа во время встречи касалась договора о взаимном сотрудничестве, заключенного в 2010 году, который предусматривает обмен студентами и научными сотрудниками и выполнение совместных международных грант-проектов. Было достигнуто соглашение о приезде в Грузию из Польши делегации Университета в составе 3-4 научных сотрудников, цель которого повышение научного уровня и обмен опытом (**стр. 254, фото 4**).

◆ 13 сентября 2011 года в столице Польши г. Варшаве состоялась рабочая встреча профессора Г. Гавардашвили с деканом факультета инженерных наук и наук по охране окружающей среды Варшавского аграрного университета Ержи Езнахом, который ознакомил гостя с построенным в Университете в прошлом году с помощью Евросоюза т.н. "Водным центром", на строительство которого было потрачено 22 млн. евро. Следует отметить, что "Водный центр" оснащен современной техникой и новейшей аппаратурой. Во время беседы было достигнуто соглашение о взаимном сотрудничестве Института и Варшавского университета (**стр. 254, фото 5**).

◆ С 29 по 31 октября 2011 года директор института доктор техн. наук, профессор Гиви

Sobota, for participation in official event dedicated to 60 years anniversary of the Faculty of Environment Protection and Geodesy of Wroclaw University (**page 253, photo 1, 2**).

The speech by Professor Givi Gavardashvili concerned 80-years experience of the Institute in the field of environment protection, water economy, assessment of reliability and risk of hydro-technical buildings, engineering melioration and other actual issues.

The official meeting was held between Director of Water Economy Institute and Rector of Wroclaw University., The talk was attended by University Vice-Rector Professor A. Wieliczko, Professor J. Sobota, Associated Professors J. Markowska and K. Brys (**page 253, photo 3**).

At the meeting the talk concerned the agreement on mutual cooperation concluded between two organizations in 2010 envisaging exchange of students and scientific officers and drafting of common international grant projects. The reached agreement envisages that in 2012 the university delegation of 3-4 scientists will come from Poland aiming to strengthen cooperation and share experience (**page 314, photo 4**).

◆ On September 13, 2011, in the capital of Poland, city of Wroclaw, the working meeting took place between Professor G. Gavardashvili and Dean of Faculty of Engineering and Environment Protection Sciences of Agrarian University of Warsaw, Professor J. Jeznach, who introduced so called "Water Centre" built with assistance of European Union, construction of which needed 22 million euro. "Water Centre" is equipped with the modern machinery and up-to-date equipments. Within the talk the agreement on mutual cooperation between the Institute and Warsaw University was reached (**page 254, photo 5**).

◆ Institute Director, Professor Givi Gavardashvili visited c. Odessa being on the business trip in Ukraine, at the conclusive working meeting of Euro grant FP-7 "UP-GRADE BS-SCENE, №226592".

Гавардашвили был командирован на Украину, в г. Одесса для участия в заключительной рабочей встрече участников грант-проекта Евросоюза EP-7 "Совершенствование научной сети Черного моря" – "UP-GRADE BS-SCENE, №226592". Были представлены научные материалы и итоговые результаты, разработанные в 2009-2011 г.г. научными сотрудниками Института водного хозяйства, количественные показатели которых представлены в таблице №1 (стр. 255, фото 6).

Таблица №1

Институт водного хозяйства	12	27	346
Сумма	EDMERP	EDMED	CDI/ODV

30 октября состоялась рабочая встреча директора института с Министром экологии и природных ресурсов Украины господином Николаем Злочевским, 31 октября с госпожой Анна Мария Иогансон (комиссия Евросоюза, Брюссель), Питером Девисом и Диком Шаафом (Марис, Нидерланды), а также с членами комиссии Черного моря (Турция). Беседа касалась продолжения сотрудничества института и комиссии Евросоюза (стр. 255, фото 7).

НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

- ◆ 13 июля 2011 года на химическом факультете Грузинского технического университета состоялась защита диссертации инженера отдела охраны окружающей среды и инженерной экологии Института, докторанта Мариане Шавлакадзе на тему: "Получение и изучение материала на основе местных минеральных ресурсов, который можно использовать как микроудобрение" и была присвоена степень академического доктора химии;
- ◆ 28 сентября 2011 года на агроинженерном факультете Аграрного университета Грузии состоялась защита диссертации научного сотрудника института Пааты Сичинава на тему: "Ресурсосберегающие берегозащитные сооружения" и была присвоена степень академического доктора агроинженера;
- ◆ 16 декабря 2011 года на транспортном и машиностроительном факультете Грузинского

From October 29 till October 31 of 2011 in conference hall of Hotel "Black Sea" the conclusive working meeting of Euro grant FP-7 "UP-GRADE BS-SCENE", №226592 was held. The scientific officers of Water Economy Institute submitted at the meeting the summarizing results of scientific materials and projects drafted in 2009-2011, quantitative indices of which are shown in table №1 (page 255, photo 6).

Table 1

Water Management Institute	12	27	346
Total	EDMERP	EDMED	CDI/ODV

The working meeting between the Institute Director and Minister of Ecology and Natural Resources of Ukraine Mr. Mykole Zlochevsky was held on October 30. On October 31 the working meeting took place between Mrs. Anna Maria Johansson (EU Commission, Brussels), Peter Devi and Dick M.A. Schaap (Maris, the Netherlands), members of Black Sea Commission (Turkey). The talk concerned the future cooperation between the Institute and EU Commission (page 255, photo 7).

SCIENTIFIC ACTIVITY

- ◆ On July 13, 2011, at Faculty of Chemistry of Georgian Technical University, Engineer of Environment Protection and Engineering Ecology of the Institute, Doctoral Candidate Marika Shavlakadze defended a thesis - "Generation and study of the materials used as micro-fertilization on the basis of local mineral resources" and was conferred the Academic Degree of Doctor in Chemistry;
- ◆ On September 28, 2011 at Faculty of Agrarian Engineering of Agrarian University of Georgia, scientific officer of the Institute Paata Sitchinava defended a thesis "Resource-thrifty coastal-protective buildings" and was conferred the Academic Degree of Agrarian Engineer;
- ◆ On December 16, 2011, at Department of Wood Processing Factories' Equipments and

технического университета по направлению "Производственные устройства и технологии по обработке дерева" состоялась защита диссертации научного сотрудника института Давида Мосулишвили на тему: "Потенциал ресурсов древесины Грузии и основы строительства комплекса машин и комплексной механизации экологически безвредных технологий по рубке леса" и была присвоена степень академического доктора техники;

◆ В августе 2011 года в конкурсном проекте "Содействие ученым, изобретателям, даровитым и креативным людям", осуществленном Тбилисской мэрией, сотрудники института представили в мэрию 22 изобретения. На I этапе грамота была вручена старшему научному сотруднику института Вахтангу Самхарадзе.

УЧАСТИЕ В МЕЖДУНАРОДНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ И СИМПОЗИУМАХ

Грузия

◆ 19-20 мая 2011 года в Кутаисском государственном университете им. А. Церетели была проведена Международная научно-практическая конференция "Современные технологии и прикладной дизайн", в которой приняли участие научные сотрудники института: О. Натишвили, В. Тевзадзе, И. Иремашвили, Л. Итриашвили, М. Шавлакадзе, Ш. Купреишвили, П. Сичинава, Л. Маисая, Т. Супаташвили, Г. Чакхая, Р. Диаконидзе, Л. Цулукидзе и К. Дадиани;

◆ 24-25 июня 2011 года в Кутаисском национально-учебном университете была проведена Международная конференция «Космос – дальний и близкий», посвященная 80-летию юбилею академика Джумбера Ломинадзе. В конференции принял участие директор Института доктор техн. наук, профессор Гиви Гавардашвили;

◆ 5-7 февраля 2011 года в Тбилиси была проведена Международная конференция, посвященная памяти академика Николая Беручашвили "Современные проблемы географии", в которой принял участие старший научный сотрудник института Г. Дохнадзе;

◆ 15-17 сентября 2011 года в Тбилиси была проведена Международная конференция, посвященная 100-летию юбилею академика

Technology of Transport and Mechanical Engineering Faculty of Georgian Technical University, scientific officer of the Institute David Mosulishvili defended a thesis - "The principles of ecologically friendly technological processes of complex mechanization of wood-felling works and complex building of machines and the potential of timber recourses in Georgia" and was conferred the Academic Degree of Doctor in Engineering;

◆ In August, 2011 in the Contest Project announced by Tbilisi City Hall– "Support to scientists, inventors, talented and creative persons", the employees of the Institute presented 22 inventions at Tbilisi City Hall. At the 1st stage, a Diploma was given to Chief scientific officer Vakhtang Samkharadze.

PARTICIPATION IN INTERNATIONAL CONFERENCES AND SYMPOSIUMS

Georgia:

◆ In 19-20 May, 2011 at Ak. Tsereteli Kutaisi State University, International Scientific-Practical Conference "The modern technologies and applied design" was held. The following scientific officers of the Institute took part: O. Natiashvili, V. Tevzadze, I. Iremashvili, L. Itriashvili, M. Shavlakadze, Sh. Kupreishvili, P. Sitchinava, L. Maisaia, T. Supatashvili, G. Chakhaia, R. Diakonidze, L. Tsulukidze and K. Dadiani;

◆ In 24-25 June, 2011 International Conference "Space – close and far" took place at Kutaisi National-Educational University, dedicated to 80 years anniversary of Academician Jumber Lominadze. Institute Director, Doctor of Technical Sciences, Professor G. Gavardashvili participated in the conference;

◆ In 5-7 February of 2011 International Conference "The modern problems of Geography" dedicated to the memory of Nikoloz Beruchashvili was held in Tbilisi where senior scientific officer G. Dokhnadze took part;

◆ In 15-17 September of 2011, International Conference "Global warming and environment" dedicated to 100 years anniversary of Academician

Т. Давитая "Окружающая среда и глобальное потепление", в которой принял участие старший научный сотрудник института Г. Дохнадзе;

◆ 27-29 сентября 2011 года в Тбилиси была проведена Международная конференция, посвященная 90-летию юбилею академика Гиви Сванидзе "Актуальные проблемы гидрометеорологии и экологии", в которой приняли участие научные сотрудники института: Г. Дохнадзе, Р. Диаконидзе, Т. Тевзадзе, Г. Чахая.

За границей:

◆ 11-13 апреля 2011 года на базе Мерилендского университета США при поддержке Гражданской строительной ассоциации (ASCE) была проведена I Всемирная конференция на тему "Уязвимость, анализ риска и менеджмент". В конференции приняла участия 31 страна, был издан сборник научных трудов конференции (1003 стр.).

Директор института проф. Гиви Гавардашвили, который был также членом Международного организационного комитета конференции, выступил с докладом: "Вопросы безопасности транспортных и энергокоридоров Грузии в период формирования природных стихийных явлений, в частности, в период активности наводнений и эрозионно-селевых явлений". Во время конференции рассматривались три направления: безопасность энерго- и транспортных коридоров, надежность действия вооруженных сил и цунами, в частности, на примере Японии, а также вопросы безопасности атомных электростанций (стр. 257, фото 8).

◆ 13-18 июня 2011 года в Университете г. Падуя, Италия была проведена V Всемирная конференция на тему: "Ущерб, нанесенный селями, их ослабление, механика, оповещение и оценка". В конференции приняли участие 270 научных специалистов из 18 стран, был издан сборник научных трудов конференции (1118 стр.) (стр. 257, фото 9).

Следует отметить из истории Всемирных конференций по селям (г. Сан-Франциско, США, 1996; г. Тайпей, Тайвань, 2000; г. Давос, Швейцария, 2003; г. Чендгу, Китай, 2007 и г. Падуя, Италия, 2011) первый раз участвовал представитель южнокавказского региона и это был Институт водного хозяйства Грузинского технического университета.

T. Davitadze was held in Tbilisi where senior scientific officer of the Institute G. Dokhnadze took part;

◆ In 27-29 September, 2011, International Conference "The actual problems of hydrometeorology and ecology" dedicated to 90 years anniversary of Academician Givi Svanidze was held in Tbilisi where scientific officers of the Institute G. Dokhnadze, R. Diakonidze, T. Tevzadze, G. Chakhaia took part.

Abroad:

◆ In 11-13 April of 2011, the 1st World Conference "Vulnerability, risk assessment and management" on the base of USA Maryland University with the support of American Society of Civil Engineers was held. 31 states of the world took party in the conference; Scientific Works Collection of 1003 pages was published.

Institute Director Professor Givi Gavardashvili being the member of International-organization committee of the conference at the same time gave a speech "The issues of safety of transport and power corridors of Georgia in the period of formation of natural disasters, in particular during stirring up of floods and erosive-mudflow processes". During the conference 3 key fields were discussed: safety of power and transport corridors, reliability of armed forces' actions and tsunami, in particular on the model of Japan, as well as safety of atomic power plants (page 257, photo 8);

◆ In June 13-18, 2011, the 5th world conference "The damages caused by debris flows, their lightening, mechanics, report and assessment" was held in Italy, Padua University. The conference was participated by 270 scientific specialists of 19 states of the world, Collection of scientific works of 1118 pages was published (page 257, photo 9).

It is to be noted that from the history of the world conference on debris flows (San-Francisco, USA; 1996 Taipei, Taiwan, 2000; Davos, Switzerland 2003; Chengdu, China, 2007 and Padua, Italy, 2011) only Water Economy Institute of Georgian Technical University took part firstly from South Caucasus Region.

Директор института проф. Гиви Гавардашвили представил доклад на тему: "Результаты полевых исследований эрозионно-селевых явлений в водосборном бассейне р. Дуруджи". Были проведены рабочие встречи с научными специалистами США, Бразилии, Канады, Японии, Китая, России, Тайваня, Италии, Австрии, Франции, Новой Зеландии, Швейцарии и др. стран. Во время конференции рассматривались следующие основные направления: исследование эрозионно-селевых явлений с учетом современных технологий и техники, использование современных космических спутниковых систем для оповещения о селях и внедрение новых биоинженерных мероприятий в борьбе с селями (стр. 258, фото 10).

◆ С 30 июня по 2 июля 2011 года в Киргизии, г. Бишкеке была проведена региональная конференция на тему: "Роль ученых в решении проблем водных ресурсов и энергетики в центрально-азиатском регионе", в которой приняли участие директор института проф. Г. Гавардашвили, Р. Диаконидзе, Г. Чахая, Л. Цулукидзе, К. Бзиава;

◆ 6-14 сентября 2011 года директор Института водного хозяйства Грузинского технического университета доктор техн. наук, профессор Гиви Гавардашвили находился в командировке в Польше для участия в 15-ой Международной конференции "Транспорт и седиментация" в г. Вроцлаве по официальному приглашению ректора Вроцлавского университета охраны окружающей среды и наук, изучающих жизнь профессора Романа Колача и декана факультета охраны окружающей среды и геодезии профессора Ержи Собота.

Вместе с учеными Германии, Китая, Чехии, Болгарии, Польши, Норвегии, Швеции профессор Гиви Гавардашвили выступил с докладом, который касался вопросов безопасности Военно-Грузинской дороги во время формирования наводнений и селей. Была использована методология академика О. Натишвили и профессора В. Тевзадзе для установления объема твердых фракций с учетом их конфигураций.

◆ 1-4 ноября 2011 года директор Института профессор Гиви Гавардашвили находился в командировке на Украине в г. Одесса для

Institute Director Givi Gavardashvili gave a speech "The results of field research of erosive-mudflow processes of river Duruji basin". The working meetings with scientific-specialists from USA, Brazil, Canada, Japan, China, Russia, Taiwan, Italy, Austria, France, New Zealand, Switzerland and the other states was held. The following key issues were discussed at the conference: research of erosive-mudflow processes taking into consideration of the modern technique and technologies, using of the modern space satellite systems for reporting on debris flows and introduction of new bio-engineering methods in struggle against debris flow (page 258, photo 10);

◆ In June 30-July 2 of 2011, regional conference "The role of a science in solving of problems in water recourses and power in central Asia region" was held in Bishkek, Kyrgyzstan where Institute Director Professor Givi Gavardashvili, R. Diakonidze, G. Chakhaia, L. Tsulukidze, K. Bziava took part;

◆ From September 6 till September 14, 2011 Director of Water Economy Institute of Georgian Technical University Givi Gavardashvili visited Poland with the official invitation by Professor Roman Kolacz – Rector of Wroclaw University of Environmental and Live Sciences and Professor Jerzy Sobota – Dean of Faculty of Environment Protection and Geodesy of the same University in order to give a speech at the 15th International Conference "Transport and Sedimentation" in Wroclaw;

Together with the professors from Czech Republic, Germany, Bulgaria, Poland, Norway and Sweden, Professor Givi Gavardashvili gave a speech concerning to the problems of Georgian military road safety within formation of floods and debris flows. The methods by Academician O. Natishvili and Professor V. Tevzadze to identify volume of solid fractions taking into consideration of fractions' configuration were used in the thesis.

◆ In 1– 4 November, 2011, Institute Director Professor Givi Gavardashvili visited Odessa, Ukraine being on the business trip to take part in the 3rd International Conference dedicated to "The problems of Black Sea".

участия в 3-ей Международной научно-технической конференции, посвященной проблемам Черного моря. Профессор Гиви Гавардашвили перед участниками конференции выступил с докладом: "Результаты исследований и анализ, проведенные в акватории Черного моря в границах Грузии" (стр. 258, фото 11);

◆ 20-24 ноября в столице Китая, г. Пекине в Университете строительства и архитектуры была проведена 3-я Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы архитектуры и строительства», в которой приняли участие 12 стран, среди них Институт водного хозяйства Грузинского технического университета. С докладом выступил директор института доктор техн. наук, профессор Гиви Гавардашвили.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ МЕМОРАНДУМЫ

◆ 13 апреля 2011 года в Мерилендском университете после проведения I-ой Всемирной конференции, в которой принял участие директор института профессор Гиви Гавардашвили, был подписан меморандум о взаимном сотрудничестве между Центром гражданских и охраняющих окружающую среду сооружений Департамента системного управления Мерилендского университета и Институтом водного хозяйства Грузинского технического университета. Меморандум предусматривает обмен студентами, молодыми научными сотрудниками, магистрами и докторантами, а также совместную работу в Международных грант-проектах (стр. 259, фото 12);

СТАЖИРОВКА ЗА ГРАНИЦЕЙ

◆ Научный сотрудник отдела моделирования водохозяйственных объектов института Константин Иорданишвили победил в конкурсе, объявленном Израилем "Water management: Decision Making, Environmental Aspects & Risk Assessment", который проводился факультетом сельского хозяйства, питания и охраны окружающей среды им. Роберта Смита в отделе внутренних исследований Иерусалимского университета и находился в Израиле в течение одного месяца – с 23 октября по 22 ноября, где ознакомился с современными технологиями

Professor Givi Gavardashvili gave a speech [The results and analyze of the research of 2011 in Black Sea water area within the borders of Georgia" (page 258, photo 11);

◆ In 20-24 November of 2011, in Beijing University of Building and Architecture, China, the 3rd International Scientific-Technical Conference "The up-to-date problems of architecture and building" was held participating by 12 states of the world, including of Water Economy Institute of Georgian Technical University. Institute Director, Doctor of Technical Sciences Professor Givi Gavardashvili gave a speech.

INTERNATIONAL MEMORANDUMS

◆ On April 13, 2011, after the 1st World Conference in Maryland University, where Institute Director, Professor Givi Gavardashvili took part, the Memorandum on mutual cooperation was signed between Civil and Environment Protective Buildings' Centre of Department of Technology and System Management of Maryland University and Water Economy Institute of Georgian Technical University. The Memorandum envisages exchange of students, young scientist-specialists, Undergraduates and Doctoral Candidates, joint working in drafting of international grants (page 259, photo 12).

STUDY COURSES ABROAD

◆ Konstantine Iordanishvili – Scientific officer of Department of Hydroeconomic Objects' Modeling of the Institute won the Contest in Israel -, "Water Management: Decision Making, Environmental Aspects & Risk Assessment", which is held at Internal Researches' Department of Jerusalem University by Robert Smith Faculty of Agriculture, Foods and Environments Protection and underwent a study course for 1 month in Israel – from October 23 till November 22 inclusive, where he studied the up-to-date technologies of watering and optimization of water recourses in melioration-watering systems, as well as producing of bio-products.

орошения и с мелиоративно-оросительными системами оптимизации водных ресурсов, а также с производством биопродуктов.

ПРОЕКТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ

◆ В марте 2011 года в Парламент Грузии передано для рассмотрения проектное предложение по содействию туризму в Грузии "Восстановление маршрута аргонавтов на р. Риони с учетом стабилизации русла";

◆ В мае 2011 года в Парламент Грузии с целью обеспечения безопасности территории страны передана для рассмотрения концепция "Охрана территории Грузии от наводнений", где рассмотрены вопросы прогнозирования и регулирования наводнений и селей, возникающих при катастрофах как природных, так и техногенных (в случае разрушения плотин);

◆ 17 ноября 2011 года на антикризисном совете Парламента Грузии директор института проф. Г. Гавардашвили выступил с докладом, который касался мероприятий защиты г. Кварели от селей р. Дуруджи. Внимание было заострено также на вопросах интегрального управления р. Дуруджи, таких как безопасность, производство сырья, сельское хозяйство, строительные материалы, туризм и др.;

◆ 3 декабря 2011 года на академическом совете Национальной академии наук Грузии была рассмотрена концепция защиты почв Грузии от эрозии на 2012-2020 годы, в разработке которой активное участие приняли главные научные сотрудники института: Г. Гавардашвили и В. Тевзадзе;

◆ 17 декабря 2011 года на антикризисном совете Парламента Грузии директор института проф. Г. Гавардашвили выступил с докладом на тему: "Об изыскании финансовых средств для проведения мероприятий с целью избежание катастрофического влияния р. Дуруджи на г. Кварели".

МОНОГРАФИИ ИНСТИТУТА, ИЗДАННЫЕ В 2011 ГОДУ

- **Натишвили О. Г., Тевзадзе В.И.** – Волны в селях. Москва, 2011, 159 стр.;
- **Гавардашвили Г.** – Мероприятия по безопасности горных ландшафтов при природных

THE PROJECTS OF STATE IMPORTANCE

◆ In March, 2011, Georgian Parliament was given for discussion the project-offer on support for tourism development in Georgia – "Restoration of the route of Argonauts at the river Rioni taking into consideration of stabilization of the river-bed";

◆ In May, 2011 Georgian Parliament was given for discussion the conception for the purpose of ensure safety of the state – "Protection of the Georgian Territories from Floods", discussing the issues of forecasting and regulation of floods and debris flows arisen from as natural as anthropogenic disasters (in case of destruction of dams);

◆ On November 17, 2011, before Anti-crisis Council of Georgian Parliament, Institute Director Professor Givi Gavardashvili gave a speech concerning to the issues of protection of river Duruji of city of Kvareli from mudflows and integral management issues as safety, producing of raw materials, agriculture, building materials, tourism etc.;

◆ On December 3, 2011, at the academic council of national academy of sciences of Georgia discussed the conception of 2012-2020 for protection of Georgian soils from erosion, drafted by actual participation of the chief scientific officers of the Institute: G. Gavardashvili and V. Tevzadze;

◆ On December 17, 2011, Institute Director, Professor Givi Gavardashvili gave a speech at the meeting of Anti-crisis Council of Georgian Parliament: "About seeking for financial funds for the activities of prevention of the catastrophic influence on river Duruji, c. Kvareli".

MONOGRAPHS PUBLISHED BY THE INSTITUTE IN 2011

- **Natishvili O., Tevzadze V.** – Wave in debris flow. Moscow, 2011. 159 p.
- **Gavardashvili G.** – Measures for the safety of mountain landscapes during natural and technogenic disasters. Publish House "Universal", Tbilisi, 2011, 237 p.;
- **Tcharbadze Z.** – Rain and pluvial erosion. Tbilisi, 2011, 107 p.;

и техногенных катастрофах. Издательство "Универсал", Тбилиси, 2011, 237 стр.;

- **Чарбадзе З.** – Дождь и дождевая эрозия. Тбилиси, 2011, 107 стр.;
- **Вартанов М., Стурца Т.** – Экономика природопользования. Тбилиси, 2011, 207 стр.;
- **Сичинава П.** – Ресурсосберегающие берегозащитные сооружения. Тбилиси, 2011, 110 стр.

**УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ИНСТИТУТА,
ИЗДАНЫЕ В 2011 ГОДУ**

- **Итриашвили Л.** – Основы управления физико-химическими свойствами грунтов. Тбилиси, 2011, 59 стр.

- **Vartanov M., Sturua T.** – Economy of nature management. Tbilisi, 2011. 110 p.;
- **Sitchinava P.** – Recourse thrifty bank-protective buildings. Tbilisi, 2011. 110 p.

**MANUAL PUBLISHED BY THE INSTITUTE
IN 2011**

- **Itriashvili L.** – Physical-chemical principles for management of soils' characteristics. Manual, Tbilisi, 2011, 59 p.

ავტორთა საძიებელი

ავალიანი ს.	20	მკრტუმიანი მ.	171
ალიევი ს.	159	მოდებაძე ს.	46
ბაღდოევი ა.	9	მურადოვი მ.	167
ბახტურიძე ს.	62, 68	მურთაზაევი უ.	155
ბერძენაშვილი გ.	29	ნაგროზაშვილი მ.	124
ბილანიშვილი ლ.	62, 68	ნათიშვილი ო.	175
გავარდაშვილი გ.	13	ნიბლაძე ნ.	114
გედენიძე ზ.	20	ომსარაშვილი გ.	68, 180
გველეხიანი თ.	29	ომსარაშვილი გ.	180
გულიევა ა.	86	პოდოსიანი მ.	9
დადიანი ქ.	110, 124	სადიხოვი გ.	167
დიაკონიძე რ.	37, 204	საიდოვი ი.	155
დონაძე გ.	120, 209	სალუქვაძე კ.	120
ეროხინი ს.	42	სამხარაძე ვ.	185
ერშოვა ნ.	73, 80	სახვაძე ა.	180
ვარაზაშვილი ზ.	46, 204	სახვაძე ლ.	180
ვართანოვი მ.	53, 98	სიჭინავა პ.	198
ზაქაიძე ი.	57, 120	სუპატაშვილი თ.	37, 204
თევზაძე თ.	62, 68	ტოკმაჯიანი ვ.	9
თევზაძე ვ.	175	ტრაპაიძე ვ.	120
ივანოვა ნ.	73, 80	ტუზოვა ტ.	42
იმანოვი ფ.	86	ფირცხალაიშვილი ი.	104
იორდანიშვილი ი.	93, 98	ფოცხვერია დ.	62, 68
იორდანიშვილი კ.	93, 98	ფურცელაძე ლ.	188
ირემაშვილი ი.	98, 104	ქადარია ი.	193
იტრიაშვილი ლ.	110, 114	შავლაყაძე მ.	150
კანდელაკი ს.	68	შურღაია ვ.	198
კეკელიშვილი ლ.	209	ჩახაია გ.	46, 204
კერესელიძე დ.	120	ჩიტიშვილი გ.	209
კვიციანი ტ.	20	წულუკიძე ლ.	37, 204
კიკნაძე ხ.	110, 124	ჭარბაძე ზ.	93
კილაძე რ.	128, 134	ხოსროშვილი ე.	98, 114
კუპრეიშვილი შ.	150, 198	ხუბულავა ი.	46, 204
ლიტვაკი რ.	139	ჯავახიშვილი ლ.	93
ლოგინოვი გ.	143	ჯანელიძე თ.	185
ლორთქიფანიძე ფ.	124, 150	ჰასანოვა ნ.	212
მაისაია ლ.	124, 150	ჰოვანისიანი გ.	171
მამატკანოვი დ.	42, 155		
მამედოვა ე.	159		
მარტიროსიანი ტ.	163		
მეხრალიევი ა.	167		

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

Авалиани С.И.	20	Мартirosян Т.С.	163
Алиев С.А.	159	Мехралиев А.Ч.	167
Багдоев А.Г.	9	Мкртумян М.	171
Бахтуридзе С.Б.	62, 68	Модебадзе С.Д.	46
Бердзенашвили Г.И.	29	Мурадов М.М.	167
Биланишвили Л.Б.		Муртазаев У.И.	155
Варазашвили З.Н.	46, 204	Наврозашвили М.З.	124
Варганов М.В.	53, 98	Натишвили О.Г.	175
Гавардашвили Г.В.	13	Нибладзе Н.Ш.	114
Гасанова Н.И.	212	Ованесян Г.С.	171
Гвелесиани Т.А.	29	Омсарашвили Г.Г.	68, 180
Геденидзе З.Ш.	20	Омсарашвили Г.Г.	180
Гулиева А.А.	86	Пирцхалаишвили И.Т.	104
Дадиани К.З.	110, 124	Погосян М.З.	9
Джавахишвили Л.Г.	93	Поцхверия Д.Ш.	62, 68
Джанелидзе Т.Р.	185	Пурцеладзе Л. Д.	188
Диаконидзе Р.В.	37, 204	Садыхов Г.Р.	167
Дохнадзе Г.П.	120, 209	Саидов И.И.	155
Ерохин С.А.	42	Салуквадзе Г.	120
Ершова Н.В.	73, 80	Самхарадзе В.И.	185
Закаидзе И.Г.	57, 120	Сахвадзе А.Л.	180
Иванова Н.И.	73, 80	Сахвадзе Л.А.	180
Иманов Ф.А.	86	Сичинава П.О.	198
Иорданишвили И.К.	93, 98	Супаташвили Т.Л.	37, 204
Иорданишвили К.Т.	93, 98	Тевзадзе В.И.	175
Иремашвили И.Р.	98, 104	Тевзадзе Т.В.	62, 68
Итриашвили Л.А.	110, 114	Токмаджян В.О.	9
Кадариа Ю.Р.	193	Трапаидзе В.З.	120
Канделаки С.К.	68	Тузова Т.В.	42
Квициани Т.А.	20	Хосрошвили Е.З.	98, 114
Кекелишвили Л.Г.	209	Хубулава И.В.	46, 204
Кереселидзе Д.Н.	120	Цулукидзе Л.Н.	37, 204
Кикнадзе Х.Л.	110, 124	Чарбадзе З.Д.	93
Киладзе Р.М.	128, 134	Чаяха Г.Г.	46, 204
Купрейшвили Ш. З.	150, 198	Читишвили Г.Ш.	209
Литвак Р.Г.	139	Шавлакадзе М.	150
Логинов Г.И.	143	Шургая В.Ш.	198
Лордкипанидзе Ф.Н.	124, 150		
Маисая Л.Д.	124, 150		
Маматканов Д.М.	42, 155		
Мамедова Э.А.	159		

AUTHOR INDEX

Avaliani S.	20	Loginov G.	143
Aliev S.	159	Lordkipanidze F.	124, 150
Bagdoev A.	9	Maisaia L.	124, 150
Bahturidze S.	62, 68	Mamatkanov D.	42, 155
Berdzenashvili G.	29	Mamedova E.	159
Bilanishvili L.	62, 68	Martirosjan T.	163
Chakhaya G.,	46, 204	Mekhraliev A.	167
Charbadze Z.	93	Mkrtumyan M.	171
Chitishvili G.	209	Modebadze S.	46
Dadiani K.	110, 124	Muradov M.	167
Diakonidze R.	37, 204	Murtazaev U.	155
Dokhnadze G.	120, 209	Navrozashvili M.	124
Erochin S.	42	Natishvili O.	175
Ershova N.	73, 80	Nibladze N.	114
Gavardashvili G.	13	Omsarashvili G.	68, 180
Gedenidze Z.	20	Omsarashvili G.	180
Gvelesiani T.	29	Pirtskhalaishvili I.	104
Guliyeva A.	86	Pogosjian M.	9
Hasanova N.	212	Potshveriya D.	62, 68
Hovhannisyany G.	171	Purtseladze L.	188
Imanov F.	86	Sadikhov G.	167
Iordanisvili I.	93, 98	Saidov I.	155
Iordanishvili K.	93, 98	Salukvadze H.	120
Iremashvili I.	98, 104	Sakhvadze A.	180
Itriashvili L.	110, 114	Sakhvadze L.	180
Ivanova N.	73, 80	Samkharadze V.	185
Janelidze T.	185	Shavlakadze M.	150
Javakhishvili L.	185	Shurgaya V.	198
Kadaria Y.	193	Sichinava P.	198
Kandelaki S.	68	Supatashvili T.	37, 204
Kekelishvili L.	209	Tevzadze T.	62, 68
Kereselidze D.	120	Tevzadze V.	175
Khosroshvili E.	98, 114	Trapaidze V.	120
Kiknadze Kh.	110, 124	Tokmajyan L.	9
Kiladze R.	128, 134	Tsulukidze L.	37, 204
Khubulava I.	46, 204	Tuzova T.	42
Kvitsiani T.	20	Varazashvili Z.	46, 204
Kupreishvili Sh.	150, 198	Vartanov A.	53, 98
Litvak R.	139	Zakaidze I.	57, 120

შ ი ნ ა ა რ ს ი

პროფესორ მიხეილ ბაბოშიძის ხსოვნასთან დაკავშირებით 3

ბაღდოევი ა., ტოკმაჯიანი ვ., პოდოსიანი მ. არაწრფივი ტალღური დინამიკის მეთოდების
ბამოყენება წყალმომარაგების მრეწველის სტატისტიკური ანალიზის
ამოცანებისათვის (სომხეთი) 9

გავარდაშვილი გ. ლაჟანურის კაშხლის შესაძლო ავარიის შემთხვევაში წარმოშობილი
წყალდიდობების მათემატიკური იმიტაცია (საქართველო) 13

გედენიძე ზ., კვიციანი ტ., ავალიანი ს. ტოლწინაღობის თაღოვანი კაშხლების
ბაღამოყენებთან სისტემა (საქართველო) 20

გველეხიანი თ., ბერძენაშვილი გ. კატასტროფული ტალღის მათემატიკური მოდელირება
ზონკარის კაშხლის ბარდვების შემთხვევაში (საქართველო) 29

დიაკონიძე რ., წულუკიძე ლ., სუბატაშვილი თ. გლობალური დათბობის ფონზე
შავიზღისპირეთის აბრახიული პროცესებისა და დაცვა მდინარეთა ჰიდროლოგიური
რეჟიმის დარღვევების გზით (მდინარე რიონის მაბალითზე) (საქართველო) 37

ეროსინი ს., ტუხოვა ტ., მამატკანოვი დ. მორენულ-მყინვარული კომპლექსების ტიპები,
როგორც ტიან-შანის ბამყინვარების რეზერვისის კრიტერიუმი (ყირგიზეთი) 42

ვარაზაშვილი ზ., ჩახაია გ., მოდებაძე ს., ხუბულავა ი. თანამედროვე გეოტექნოლოგიური
პროცესების ზეგავლენა ეკონოსტემაზე „ტრასეკა“-ს მშენებლობის ზონაში და მათი
რეგულირება (საქართველო) 46

ვართანოვი მ. საქართველოს მიწის რესურსების ეკონომიკური შეფასების
მეთოდოლოგიის ახალი მიდგომა (საქართველო) 53

ზაქაიძე ი. მდინარე ხაღის-ხევის ჰიდროლოგია და ჰიდროგრაფია (საქართველო) 57

თევზაძე თ., ბახტურიძე ს., ფოცხვერია დ., ბილანიშვილი ლ. თიხოვანი ბრუნტების
ბამოკვლევა მტკვარი ჰესის მიწის კაშხლის მშენებლობის მიმდებარე
ტერიტორიაზე 62

თევზაძე თ., ბახტურიძე ს., კანდელაკი ს., ფოცხვერია დ., ომსარაშვილი გ., ბილანიშვილი ლ.
ალუვიური კაჭარკენჭნარი ბრუნტების მაქსიმალური სიმკლავრისა და ოპტიმალური
ტენიანობის დადგენა საცდელი დატვირთვის საშუალებით მტკვარი ჰესის
წყალშემკრები კაშხლის მშენებლობაზე 68

ივანოვა ნ., ერშოვა ნ. ყირგიზეთის ნარინსკის ოლქის მდინარეთა აუზების ატმოსფერული
ნალექების ანალიზი წყლის რესურსების შეფასების მიზნით (ყირგიზეთი) 73

ივანოვა ნ., ერშოვა ნ. ყირგიზეთის ნარინსკის ოლქის მდინარეთა აუზების
კოტექსტუალური და წყალმომარაგების დევიციტის ანალიზი წყლის რესურსების
შეფასების მიზნით (ყირგიზეთი) 80

იმანოვი ფ., გულიევა ა. აზერბაიჯანის შეუსწავლელი მთის მდინარეების მინიმალური
ჩამონადენის ანბარიში (აზერბაიჯანი) 86

იორდანიშვილი ი., იორდანიშვილი კ., ჭარბაძე ზ., ჯავახიშვილი ლ. საქართველოს მთის
წყალსაცავებში სელიმენტაციური პროცესების ეკოლოგიური საიმედოობის
შეფასება (საქართველო) 93

იორდანიშვილი ი., ვართანოვი მ., იორდანიშვილი კ., ირემაშვილი ი., ხოსროშვილი ე.
ქვანაქართ და ფასონური მასივებით გამაგრებული შერეობების და ტალღების
ურთიერთქმედების პროცესის მოდელირება (საქართველო) 98

ირემაშვილი ი., ფირცხალაიშვილი ი. ძვანთაძეშვილის საწინააღმდეგო ღონისძიებები საქართველოს საავტომობილო და სარკინიგზო სატრანსპორტო დერეფანში (საქართველო)	104
იტრიაშვილი ლ., დადიანი ქ., კიკნაძე ხ. მოქნილი დამცავი საფარის საიმელოების ბაანგარიშების ზოგიერთი თეორიული მიღწევა (საქართველო)	110
იტრიაშვილი ლ., ხოსროშვილი ე., ნიბლაძე ნ. მიწის შერღობების ეროზიის საწინააღმდეგო გამაგრება ახალი სტაბილიზატორის გამოყენებით (საქართველო) .	114
კერესელიძე დ., დონაძე გ., ტრაპაძე ვ., ზაქაძე ი., სალუქვაძე ჰ. მდინარეებში წყალმომარაგებისგან მოსალოდნელი საფრთხეების სავარაუდო შეფასების მეთოდოლოგია (საქართველო).....	120
კიკნაძე ხ., დადიანი ქ., მაისაია ლ., ლორთქიფანიძე ფ., ნავროზაშვილი მ. ბრუნტების ფილტრაციის შემცირება ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების გამოყენებით (საქართველო)	124
კილაძე რ. კვლევაში მორფოზის ჰიდრაგლიკა და პროცესის კომპიუტერიული იმიტაცია პროგრამირების C++ ენის გამოყენებით (საქართველო)	128
კილაძე რ. ზოლვაში მორფოზის ჰიდრაგლიკა და პროცესის კომპიუტერიული იმიტაცია პროგრამირების C++ ენის გამოყენებით (საქართველო)	134
ლიტვაკი რ. ბრუნტის წყლების დონეების დაწვევის ანგარიში ვერტიკალური დრენაჟის ჭაპურლილების მოქმედებით არიდული კლიმატის პირობებში (ყირგიზეთი)	139
ლოგინოვი გ. ნატანდამცავი ზღურბლის გეგმის კონფიგურაციის თეორიული ბანსაზღვრის რეკომენდაციები (ყირგიზეთი)	143
მაისაია ლ., შავლაყაძე მ., კუპრეიშვილი შ., ლორთქიფანიძე ფ. კოლხეთის მდინარე ჭარბტენიანი ნიადაგბრუნტების ბასტრუმტურება პოლიკომპლექსის სსბ-ის გამოყენებით (საქართველო)	150
მამატკანოვი დ., მურთაზაევი უ., საიდოვი ი. მცირე წყალსაცავების როლი ღვარცოვისგან დაცვაში (ტაჯიკეთის მახალითში) (ყირგიზეთი, ტაჯიკეთი)	155
მამედოვა ე., ალიევი ს. მორფოზითი და დაშრობითი გელიორაციის გავლენა აზერბაიჯანის რესპუბლიკის მულანო-სალიანის სტეპის ჰიდროლოგიურ პირობებში (აზერბაიჯანი)	159
მარტიროსიანი ტ. სომხეთის წყლის რესურსების ევმეტური მართვის და დაცვის ზოგიერთი პრობლემა (სომხეთი)	163
მეხრალიევი ა., მურადოვი მ., სადიხოვი გ. კანალიზაციის ჩამდინარე წყლების დანალექის ანაერობული დუღილის პროცესის გამოკვლევა (აზერბაიჯანი)	167
მკრტუმიანი მ., ჰოვანისიანი გ. სარწყავი წყალმომარაგების ძირითადი საკითხები (სომხეთი)	171
ნათიშვილი ო., თევზაძე ვ. ჰიპერკონტენტირებული ღვარცოვის ფორმირების, წყალსაღინარში მოძრაობისა და ნარიყის კონუსზე განქრების ჰიდრაგლიკური მოდელები (საქართველო)	175
ომსარაშვილი გ., სახვაძე ა., ომსარაშვილი გ., სახვაძე ლ. მთისა და მთისწინა ფართობების ნიადაგმუშა – წვეთური მორფოზის სრულყოფის აპრესტიფიკაცია (საქართველო)	180
სამხარაძე ვ., ჯანელიძე თ. შერღობებში ეროზიის საწინააღმდეგო არხის მოწყობის ახალი ტექნოლოგია და არხისმჭრელი (საქართველო)	185

შ ი ნ ა ა რ ს ი

ფურცელაძე ლ. ტერიტორიების ეკოლოგიური რისკის შეფასება (საქართველო)	188
ქადარია ი. მდინარე რიონის ქ. ფოთის არხით ზღვასთან შესართავ უბანში ზღვის სანაპირო ზოლის მდგრადობის საკითხები (საქართველო)	193
შურღია გ., კუპრეიშვილი შ., სიჭინავა პ. ნიადაგ-ბრუნტების ფილტრაციული მდგრადობის კრიტერიუმები (საქართველო)	198
ჩახაია გ., ვარაზაშვილი ზ., დიაკონიძე რ., წულუკიძე ლ., ხუბულავა ი., სუპატაშვილი თ. მთის ფერდობებზე მიმდინარე ნიადაგის დეგრადაციის პროცესების საწინააღმდეგო თანამედროვე ღონისძიებები (საქართველო)	204
ჩიტიშვილი გ. დონაძე გ., კეკელიშვილი ლ. კალაპოტიანი ნაკადის მათემატიკური მოდელირება ვარიაციული მეთოდის გამოყენებით (საქართველო)	209
ჰასანოვა ნ. წყალდიდობების რისკის შეფასება მდ. მტკვარზე მდ. არაქსთან შეერთების შემდეგ (აზერბაიჯანი)	212
ანოტაციები (ქართულ ენაზე)	216
ანოტაციები (რუსულ ენაზე)	228
ანოტაციები (ინგლისურ ენაზე)	240
ძრონიკა (ქართულ ენაზე)	251
ძრონიკა (რუსულ და ინგლისურ ენაზე)	261
ავტორთა საძიებელი (ქართულ ენაზე)	272
ავტორთა საძიებელი (რუსულ ენაზე)	273
ავტორთა საძიებელი (ინგლისურ ენაზე)	274

СО Д Е Р Ж А Н И Е

ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА МИХАИЛА СЕРГЕЕВИЧА ГАГОШИДZE	3
Багдоев А.Г., Токмаджян В.О., Погосян М.З. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЛИНЕЙНОЙ ВОЛНОВОЙ ДИНАМИКИ К ЗАДАЧАМ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КРИВЫХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ (Армения)	9
Гавардашвили Г.В. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ИМИТАЦИЯ ВОЗМОЖНЫХ НАВОДНЕНИЙ В СЛУЧАЕ АВАРИИ НА ЛАДЖАНУРСКОЙ ПЛОТИНЕ (Грузия)	13
Геденидзе З.Ш., Квициани Т.А., Авалиани С.И. СИСТЕМА РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ РАВНОПРОЧНЫХ АРОЧНЫХ ПЛОТИН (Грузия)	20
Гвелесиани Т.Л., Бердзенашвили Г.И. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ ВОЗНИКАЮЩЕЙ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ЗОНКАРСКОЙ ПЛОТИНЫ (Грузия)	29
Диаконидзе Р.В., Цулукидзе Л.Н., Супаташвили Т.Л. ЗАЩИТА ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЕРНОГО МОРЯ ОТ АБРАЗИВНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ФОНЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ ПУТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ РИОНИ) (Грузия)	37
Ерохин С.А., Тузова Т.В., Маматканов Д.М. ТИПЫ МОРЕННО-ЛЕДНИКОВЫХ КОМПЛЕКСОВ, КАК КРИТЕРИЙ РЕГРЕССИИ ГОРНО-ДОЛИННОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ ТЯНЬ-ШАНЯ (Кыргызистан)	42
Варазашвили З.Н., Чахая Г.Г., Модебадзе С.Д., Хубулава И.В. ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ЭКОСИСТЕМУ В ЗОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА "ТРАСЕКА" И ИХ РЕГУЛИРОВАНИЕ (Грузия)	46
Варганов М.В. НОВЫЙ ПОДХОД К МЕТОДОЛОГИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ГРУЗИИ (Грузия)	53
Закаидзе И.Г. ГИДРОЛОГИЯ И ГИДРОГРАФИЯ Р. ХАДИС-ХЕВИ (Грузия)	57
Тевзадзе Т.В., Бахтуридзе С.Б., Поцхверия Д.Ш., Биланишвили Л.Б. ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ НА ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ МТКВАРИ ГЭС (Грузия)	62
Тевзадзе Т.В., Бахтуридзе С.Б., Канделаки С.К., Поцхверия Д.Ш., Омсарашвили Г.Г., Биланишвили Л.Б. УСТАНОВЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ И ОПТИМАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ГАЛЕЧНИКОВ ПУТЕМ ИХ ОПЫТНОЙ ОТСЫПКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОДОСБОРНОЙ ПЛОТИНЫ МТКВАРИ ГЭС (Грузия)	68
Иванова Н.И., Ершова Н.В. АНАЛИЗ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ БАССЕЙНА РЕК НАРЫНСКОЙ ОБЛАСТИ КЫРГЫЗСТАНА С ЦЕЛЮ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ (Кыргызистан)	73
Иванова Н. И., Ершова Н.В. АНАЛИЗ ИСПАРЯЕМОСТИ И ДЕФИЦИТА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ БАССЕЙНА РЕК НАРЫНСКОЙ ОБЛАСТИ КЫРГЫЗСТАНА С ЦЕЛЮ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ (Кыргызистан)	80
Иманов Ф.А., Гулиева А.А. РАСЧЕТ МИНИМАЛЬНОГО СТОКА НЕИЗУЧЕННЫХ ГОРНЫХ РЕК АЗЕРБАЙДЖАНА (Азербайджан)	86
Иорданишвили И.К., Иорданишвили К.Т., Чарбадзе З.Д., Джавахишвили Л.Г. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ГОРНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ ГРУЗИИ (Грузия)	93

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Иорданишвили И.К., Вартанов М.В., Иорданишвили К.Т., Иремашвили И.Р., Хосрошвили Е.З. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОЛН С БЕРЕГОВЫМИ ОТКОСАМИ, УКРЕПЛЕННЫМИ КАМЕННОЙ НАБРОСКОЙ И ФАСОННЫМИ МАССИВАМИ (Грузия)	98
Иремашвили И.Р., Пирцхалаишвили И.Т. МЕРОПРИЯТИЯ ПРОТИВ КАМНЕПАДА В АВТОМОБИЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРАХ ГРУЗИИ (Грузия)	104
Итриашвили Л.А., Дадвани К.З., Кикнадзе Х.Л. НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПО РАСЧЕТУ НАДЕЖНОСТИ ГИБКИХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ (Грузия) ..	110
Итриашвили Л.А., Хосрошвили Е.З., Нибладзе Н.Ш. ПРОТИВОЭРОЗИОННОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗЕМЛЯНЫХ ОТКОСОВ ПРИМЕНЕНИЕМ НОВОГО СТАБИЛИЗАТОРА (Грузия)	114
Кереселидзе Д.Н., Дохнадзе Г.П., Трапаидзе В.З., Закаидзе И.Г., Салуквадзе Г. МЕТОДОЛОГИЯ ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ ОЖИДАЕМЫХ ОПАСНОСТЕЙ ОТ РЕЧНЫХ НАВОДНЕНИЙ (Грузия)	120
Кикнадзе Х.Л., Дадвани К.З., Маисая Л.Д., Лордкипанидзе Ф.Н., Наврозашвили М.З. СНИЖЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ГРУНТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАВ (Грузия)	124
Киладзе Р.М. ГИДРАВЛИКА ПОЛИВОВ ПО БОРОЗДАМ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ИМИТАЦИЯ ПРОЦЕССА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ C++ (Грузия)	128
Киладзе Р.М. ГИДРАВЛИКА ПОЛИВОВ ПО ПОЛОСАМ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ИМИТАЦИЯ ПРОЦЕССА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ C++ (Грузия)	134
Литвак Р.Г. РАСЧЕТЫ ПОНИЖЕНИЙ УРОВНЕЙ ГРУНТОВЫХ ВОД ОТ ДЕЙСВИЯ СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В УСЛОВИЯХ АРИДНОГО КЛИМАТА (Грузия)	139
Логинов Г.И. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЛАНОВОЙ КОНФИГУРАЦИИ НАНОСОЗАЩИТНОГО ПОРОГА (Грузия)	143
Маисая Л.Д., Шавлакадзе М.Л., Купрейшвили Ш.З., Лордкипанидзе Ф.Н. ОСТРУК- ТУРИВАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ПОЧВОГРУНТОВ КОЛХИДЫ ПОЛИКОМПЛЕКСОМ ССБМ (Грузия)	150
Маматканов Д.М., Муртазаев У.И., Саидов И.И. РОЛЬ МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ В ЗАЩИТЕ ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ (НА ПРИМЕРЕ ТАДЖИКИСТАНА) (Кыргызистан, Таджикистан)	155
Мамедова Э.А., Алиев С.А. ВЛИЯНИЕ ОРОСИТЕЛЬНОЙ И ОСУЩИТЕЛЬНОЙ МЕЛИОРАЦИИ НА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ МУГАНО-САЛЬЯНСКОЙ СТЕПИ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (Азербайджан)	159
Мартirosян Т.С. НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ АРМЕНИИ (Армения)	163
Мехралиев А.Ч., Мурадов М.М., Садыхов Г.Р. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АНАЭРОБНО- ГО СБРАЖИВАНИЯ ОСАДКОВ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СТОЧНЫХ ВОД (Азербайджан)	167
Мкртумян М., Ованесян Г.С. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО МЕНЕДЖМЕНТУ ИРРИГАЦИОННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ (Армения)	171
Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ, ДВИЖЕНИЯ ПО ВОДОТОКУ И ОСТАНОВКИ НА КОНУСЕ ВЫНОСА ГИПРЕКОНЦЕН- ТРИРОВАННЫХ СЕЛЕЙ (Грузия)	175

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Омсараშვილი Г.Г., Сахვაძე А.Л., Омсараშვილი Г.Г., Сахვაძე ლ.ა. ПЕРСПЕКТИВЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДПОЧВЕННО-КАПЕЛЬНОГО ОРОЩЕНИЯ ГОРНЫХ И ПРЕДГОРНЫХ ПЛОЩАДЕЙ (Грузия)	180
Самхараძე В.И., Джanelidze Т.Р. НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА СКЛОНОВОГО ПРОТИВОЭРОЗИОННОГО КАНАЛА КАНАЛОРЕЗОМ (Грузия)	185
Пурцელაძე ლ. დ. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ТЕРРИТОРИИ (Грузия)	188
Кадარია Ю.Р. УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИБРЕЖНОЙ ПОЛОСЫ МОРСКОЙ АКВАТОРИИ В ЗОНЕ СЛИЯНИЯ Р. РИОНИ В МОРЕ ГОРОДСКИМ КАНАЛОМ (Грузия)	193
Шурგია В.Ш., Купрейшвили Ш. З., Сичинава П.О. КРИТЕРИИ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВОГРУНТОВ (Грузия)	198
Чахая Г.Г., Варაშვილი ზ.ნ., დიაკონიძე რ.ვ., ცულუკიძე ლ.ნ., ხუბულავა ი.ვ., სუპათაშვილი თ.ლ. СОВРЕМЕННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ДЕГРАДАЦИЕЙ ПОЧВЫ НА ГОРНЫХ СКЛОНАХ (Грузия)	204
ჭიტიშვილი გ.შ., Дохнаძე Г.П., Кекелишвили Л.Г. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РУСЛОВОГО ПОТОКА С ПОМОЩЬЮ ВАРИАЦИОННОГО МЕТОДА (Грузия)	209
Гасанова Н.И. ОЦЕНКА РИСКА ПАВОДКОВ НА РЕКЕ КУРА НИЖЕ ВПАДЕНИЯ Р. АРАКС (Грузия)	212
АННОТАЦИИ (на грузинском языке)	216
АННОТАЦИИ (на русском языке)	228
АННОТАЦИИ (на английском языке)	240
ХРОНИКА (на грузинском языке).....	251
ХРОНИКА (на русском и английском языках)	261
УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ (на грузинском языке)	272
УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ (на русском языке)	273
УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ (на английском языке)	274

CONTENTS

DEDICATED TO THE MEMORY OF PROFESSOR MIKHEIL GAGOSHIDZE	3
Bagdoev A., Tokmajyan L., Pogosjian M. APPLICATION OF NONLINEAR WAVE DYNAMICS TO THE PROBLEMS OF STATISTICAL ANALYSIS OF WATER SUPPLY CURVES (Armenia)	9
Gavardashvili G. MATHEMATICAL MODELING OF FLOOD CAUSED BY POSSIBLE FAILURE OF LAJANURI DAM (Georgia).....	13
Gedenidze Z., Kvitsiani T., Avaliani S. SYSTEM SOLUTIONS OF EQUATIONS FOR THE UNIFORM ARCH DAMS (Georgia).....	20
Gvelesiani T., Berdzenashvili G. MATHEMATICAL MODELING OF CATASTROPHIC WAVE DUE TO ZONKARI DAM FAILURE (Georgia)	29
Diakonidze R., Tsulukidze L., Supatashvili T. PROTECTION OF THE BLACK SEA COASTAL ZONE FROM ABRASIVE PROCESSES AGAINST A BACKGROUND OF GLOBAL WARMING BY CONTROLLING THE HYDROLOGICAL REGIME OF RIVERS (e.g. The River Rioni) (Georgia)	37
Erochin S., Tuzova T., Mamatkanov D. TYPES OF MORAINÉ GLACIER COMPLEXES AS A CRITERION FOR THE REGRESSION OF TIEN-SHAN MOUNTAIN VALLEY GLACIERS (Kurguzstan)	42
Varazashvili Z., Chakhaya G., Modebadze S., Khubulava I. INFLUENCE OF CONTEMPORARY GEOTECHNICAL PROCESSES ON ECOSYSTEMS WITHIN THE TRACECA'S ZONE AND THEIR CONTROL (Georgia)	46
Vartanov M. A NEW APPROACH TO THE METHODOLOGY OF ECONOMIC EVALUATION FOR THE LAND RESOURCES OF GEORGIA (Georgia)	53
Zakaidze I. HYDROLOGY AND HYDROGRAPHY OF THE RIVER HADIS-KHEVY (Georgia)	57
Tevzadze T., Bahturidze S., Potshveriya D., Bilanishvili L. INVESTIGATION OF CLAY SOILS ON THE AREAS ADJACENT TO THE CONSTRUCTION SITE OF THE EARTH DAM OF THE MTKVARI HPP (Georgia)	62
Tevzadze T., Bahturidze S., Kandelaki S., Potshveriya D., Omsarashvili G., Bilanishvili L. DETERMINATION OF MAXIMUM DENSITY AND OPTIMUM THICKNESS FOR THE ALLUVIAL GRAVEL BY THEIR EXPERIMENTAL DUMPING FOR THE CONSTRUCTION OF THE CATCHMENT DAM OF THE MTKVARI HPP (Georgia)	68
Ivanova N., Ershova N. ANALYSIS OF PRECIPITATION DISTRIBUTION IN THE RIVER BASINS OF NARYN REGION OF KYRGYZSTAN WITH PURPOSE TO ASSESS WATER RESOURCES (Kyrgyzstan)	73
Ivanova N., Ershova N. ANALYSIS OF POTENTIAL EVAPORATION AND DEFICIT OF WATER AVAILABILITY IN THE RIVER BASINS OF NARYN REGION OF KYRGYZSTAN WITH PURPOSE TO ASSESS WATER RESOURCES (Kyrgyzstan)	80
Imanov F., Guliyeva A. CALCULATION OF MINIMUM FLOW-RATE FOR THE UNEXPLORED MOUNTAIN RIVERS OF AZERBAIJAN (Azerbaijan)	86
Iordanisvili I., Iordanishvili K., Charbadze Z., Javakhishvili L. ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE SEDIMENTATION PROCESSES IN THE MOUNTAIN RESERVOIRS OF GEORGIA (Georgia)	93

CONTENTS

Jordanishvili I., Vartanov A., Iordanishvili K., Iremashvili I., Khosroshvili E. THE MODELING OF WAVE INTERACTION WITH COASTAL SLOPES STABILIZED BY RIPRAP AND SHAPED MASSIFS (Georgia)	98
Iremashvili I., Pirtskhalaishvili I. MEASURES AGAINST ROCKSLIDES IN ROAD AND RAIL TRANSPORT CORRIDORS OF GEORGIA (Georgia)	104
Itrishvili L., Dadiani K., Kiknadze Kh. THE FUNDAMENTAL THEORETICAL PRINCIPLES TO DETERMINE THE SOME CHARACTERISTICS OF SURENESS OF THE OPERATIVE SHEETING (Georgia)	110
Itrishvili L., Khosroshvili E., Nibladze N. EROSION-PREVENTIVE STABILIZATION OF EARTH SLOPES USING NEW STABILIZER (Georgia).....	114
Kereselidze D., Dokhnadze G., Trapaidze V., Salukvadze H. METHODOLOGY OF FEASIBLE EVALUATION OF THE EXPECTED THREATS OF THE RIVER (Georgia)	120
Kiknadze Kh., Dadiani K., Maisaia L., Lordkipanidze F., Navrozashvili M. REDUCING SOIL FILTRATION USING SAM (Georgia)	124
Kiladze R. HYDRAULICS OF FURROW IRRIGATION AND COMPUTER SIMULATION OF PROCESS USING THE PROGRAMMING LANGUAGE C++ (Georgia)	128
Kiladze R. HYDRAULICS OF BAND IRRIGATION AND COMPUTER SIMULATION OF PROCESS USING THE PROGRAMMING LANGUAGE C++ (Georgia)	134
Litvak R. CALCULATIONS OF RECESSION OF GROUND-WATER LEVELS CAUSED BY VERTICAL DRAINAGE BOREHOLES IN AN ARID CLIMATE (Georgia)	139
Loginov G. RECOMMENDATIONS FOR THE THEORETICAL DETERMINATION OF THE PLANNED CONFIGURATION OF DEBRIS THRESHOLD (Kurguzstan)	143
Maisaia L., Shavlakadze M., Kupreishvili Sh., Lordkipanidze F. AGGREGATION OF HEAVY OVER-WET COLCHIAN SOILS USING POLY-COMPLEX CBSS (Georgia)	150
Mamatkanov D., Murtazaev U., Saidov I. THE ROLE OF SMALL RESERVOIRS IN THE PROTECTION AGAINST MUDFLOWS (e.g. Tajikistan) (Kurguzstan, Tajikistan)	155
Mamedova E., Aliev S. THE INFLUENCE OF IRRIGATION AND DRAINAGE LAND-RECLAMATION ON THE HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE MUGAN-SALYAN STEPPE OF AZERBAIJAN (Azerbaijan)	159
Martirosjan T. SOME PROBLEMS OF EFFECTIVE MANAGEMENT AND PROTECTION OF WATER RESOURCES IN ARMENIA (Armenia)	163
Mekhraliev A., Muradov M., Sadikhov G. INVESTIGATIONS OF ANAEROBIC DIGESTION PROCESS IN WASTEWATER SEDIMENTATION (Azerbaijan)	167
Mkrtumyan M., Hovhannisyan G. BASIC ISSUES ON MANAGEMENT OF IRRIGATION WATER SUPPLY (Armenia)	171
Natishvili O., Tevzadze V. HYDRAULIC MODELS OF FORMATION AND MOVEMENT OF HYPER-CONCENTRATED DEBRIS FLOWS IN THE CHANNEL AND THEIR STOP ON TALUS TRAIN (Georgia)	175
Omsarashvili G., Sakhvadze A., Omsarashvili G., Sakhvadze L. PROSPECTS FOR THE IMPROVEMENT OF SUBSOIL DRIP IRRIGATION OF MOUNTAINOUS AND FOOTHILL AREAS (Georgia)	193

CONTENTS

Samkharadze V., Janelidze T. NEW TECHNOLOGY FOR THE CONSTRUCTION OF SLOPE ANTI-EROSION CHANNEL USING CHANNEL CUTTER (Georgia)	185
Purtseladze L. ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT FOR THE TERRITORY (Georgia)	188
Kadaria Y. THE STABILITY OF COASTAL ZONE AT THE CONFLUENCE BETWEEN THE RIONI RIVER AND THE POTI TOWN CANAL (Georgia)	193
Shurgaya V., Kupreishvili Sh., Sichinava P. CRITERIA FOR THE FILTRATION STABILITY OF SOILS (Georgia)	198
Chakhaia G., Varazashvili Z., Diakonidze R., Tsulukidze L., Khubulava I., Supatashvili T. MODERN MEASURES AGAINST THE DEGRADATION OF SOILS ON MOUNTAINOUS SLOPES (Georgia)	204
Chitishvili G., Dokhnadze G., Kekelishvili L. MATHEMATICAL SIMULATION OF CHANNEL FLOW USING THE VARIATIONAL METHOD (Georgia)	209
Hasanova N. ESTIMATION OF FLOOD RISK OF THE KURA RIVER BELOW THE CONFLUENCE OF THE ARAZ RIVER (Georgia)	212
ABSTRACTS (in Georgian)	216
ABSTRACTS (in Russian)	228
ABSTRACTS (in English)	240
CHRONICLE (in Georgian).....	351
CHRONICLE (in Russian and in English).....	261
AUTHOR INDEX (in Georgian)	272
AUTHOR INDEX (in Russian)	273
AUTHOR INDEX (in English)	274

**წყალთა მუშაობის 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 მუშაობა;
- 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, მამის 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.

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). Статьи, представленные на

грузинском языке выполняются шрифтом **AcadNusx** шб **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);
 - имя, фамилия, отчество 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.

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.



შიომღვიმის მამათა მონასტრის მიმდებარე მონასტრის ხევში
ფორმირებული ღვარცოფი