ISSN – 1512 – 2344

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

სამეცნიერო შრომათა კრებული

№64

მინისტერსტვო образования и науки грузии

институт водного хозяйства

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

№64

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF GEORGIA

INSTITUTE OF WATER MANAGEMENT

COLLECTED PAPERS

№64

თბილისი – Тбилиси – Tbilisi
2009

ISSN – 1512 – 2344

საქართველოს მეცნიერებისა და განათლების სამინისტრო

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

სამეცნიერო შრომათა კრებული №64

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ГРУЗИИ

ИНСТИТУТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ №64

MINISTRY OF SCIENCE AND EDUCATION OF GEORGIA

INSTITUTE OF WATER MANAGEMENT

COLLECTED PAPERS №64

თბილისი – Тбилиси – Tbilisi
2009

კრებული გამოდის 1934 წლიდან

მთავარი რედაქტორი: გივი გავარდაშვილი

მთავარი რედაქტორის მოადგილე: ინგა ირემაშვილი

სარედაქციო კოლეგია:
ცოტნე მირცხულავა (სარედაქციო კოლეგიის თავმჯდომარე), ბილალ აიუბი (აშშ), ალისტაირ ბორტვიკი (ინგლისი), ემილ ბოურნასკი (ბულგარეთი), რობერტ დიაკონიძე, ნატივ დუდაი (ისრაელი), პაველ ვლასაკი (ჩეხეთი), იუჯინ ვუ (ჩინეთი), ტელმან ზეინალოვი (აზერბაიჯანი), ვახტანგ თევზაძე (სარედაქციო კოლეგიის თავმჯდომარის მოადგილე), თარხან თევზაძე, ფარდა იმანოვი (აზერბაიჯანი), ირინე იორდანიშვილი, ლევან იტრიაშვილი, ლორენც კინგი (გერმანია), პეტრე კოვალენკო (უკრაინა), შორენა კუპრეიშვილი (პასუხისმგებელი მდივანი), ვილიბალდ ლოისკანდი (ავსტრია), ალა მაგომედოვა (რუსეთი), დიუშენ მამატკანოვი (ყირგიზეთი), მირალი მოჰამადი (ირანი), ოთარ ნათიშვილი, მარტინ ოვსეპიანი (სომხეთი), კადირ სეიჰანი (თურქეთი), ერჟი სობოტა (პოლონეთი), იგორ შიკლომანოვი (რუსეთი), გოგა ჩახაია, სერგეი ჩერნომორეცი (რუსეთი), ლასზლო ჰაიდე (ნიდერლანდები)

ტექნიკური რედაქტორი: იზოლდა სემიკინა
კომპიუტერული უზრუნველყოფა: თეიმურაზ ქოჩლაძე

Главный редактор: Гавардашвили Г. В.

Заместитель главного редактора: Иремашвили И.Р.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
Мирцхулава Ц.Е.(председатель редакционной коллегии), Аиуб Б.М. (США), Бортвик А. (Англия), Боурнаски Е. (Болгария), Диаконидзе Р.В., Дудаи Н. (Израиль), Власак П.(Чехия), Ву И. (Китай), Зеиналов Т.С. (Азербайджан), Тевзадзе В.И. (заместитель председателя редакционной коллегии), Тевзадзе Т.В., Иманов Ф.А. (Азербайджан), Иорданишвили И.К., Итриашвили Л.А., Кинг Л. (Германия), Коваленко П. (Украина), Купреишвили Ш.З.(ответственный секретарь), Лоискандл В. (Австрия), Магомедова А. В. (Россия), Маматканов Д. М. (Кыргизская Республика), Могаммади М. (Иран), Натишвили О.Г., Овсепян М.Ш. (Армения), Сейхан К. (Турция), Собота Е. (Польша), Шикломанов И.А. (Россия), Чахая Г.Г., Черноморец С.С. (Россия), Гаиде Л. (Нидерланды)

Технический редактор: Семикина И.Г.
Компьютерное обеспечение: Кочладзе Т.Ю.

Chief editor: G.V. Gavardashvili

Deputy of chief editor: I.R. Iremashvili

Editorial board:
Ts.E. Mirtskhoulava (chief of editorial board), B.M. Ayyub (USA), A. Borthwick (United Kingdom), E. Bournaski (Bulgaria), R.V. Diakonidze, N. Dudai (Israel), P. Vlasak (Czech), I. Wu (China), T.S. Zeynalov (Azerbaijan), V.I. Tevzadze (deputy of chief editorial board), T.V. Tevzadze, F.A. Imanov (Azerbaijan), I.K. Iordanishvili, L.A. Itriashvili, L. King (Germany), P. Kovalenko (Ukraine), Sh.Z. Kupreishvili (manager editor), W. Loiskandl (Austria), A.V. Magomedova (Russia), D.M. Mamatkanov (Kyrgyz Republic), M. Mohammadi (Iran), O.G. Natishvili, M.Sh. Hovsepian (Armenia), K. Seyhan (Turkey), E. Sobota (Polish), I.A. Shiklomanov (Russia), G.G. Chakhaia, S.S. Chernomorec (Russia), R.V., L. Hayde (The Netherlands)

Technical editor: I. G. Semikina
Computer support: T.J. Kochladze

ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60,
0162 თბილისი, საქართველო
სსიპ წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ტელ: (99532) 22-72-00, 22-40-94
ფაქსი: (99532) 22-73-00
ელ. ფოსტა: gwmi1929@gmail.com

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

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

ტირაჟი 200

© წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი – 80

GEORGIAN WATER MANAGEMENT INSTITUTE – 80

საქართველოს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი სამხრეთ კავკასიაში ერთ-ერთი უძველესი სამეცნიერო დაწესებულებაა, რომელიც ფაქტობრივად ჩამოყალიბდა 1925 წელს, ხოლო მთავრობის დადგენილებით გაფორმდა 1929 წელს. იგი ყოფილი ამიერკავკასიის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის, საქართველოს ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტის, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წყალთა მეურნეობის და საინჟინრო ეკოლოგიის ინსტიტუტების სამართალმემკვიდრეა.

წლების განმავლობაში იგი სამხრეთ კავკასიაში წარმოადგენდა ამ პროფილის ერთადერთ დაწესებულებას, რომლის დანიშნულება იყო წყალდიდობების და წყალმოვარდნების, ეროზიულ-ღვარცოფული მოვლენების, ბუნებრივი კატასტროფების, ზღვისა და მდინარეების სანაპირო ზონების, ნიადაგების შესწავლა, მელიორაცია (ჭარბტენიანი ტერიტორიების დაშრობა, მორწყვა არიდულ ზონებში), წყალსაცავები, ჰიდროტექნიკური ნაგებობის კვლევები დაპროექტების, მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პერიოდში, მათი საიმედოობის კვლევა და სხვა მსგავს პრობლემებთან დაკავშირებული საკითხები. მოგვიანებით, ინსტიტუტის ბაზაზე აზერბაიჯანსა და სომხეთში შეიქმნა ანალოგიური დანიშნულების სამეცნიერო კვლევითი ორგანიზაციები, რომლებიც ამჟამადაც ფუნქციონირებს და რეგულარულად თანამშრომლობს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტთან.

ინსტიტუტს დაარსებიდან 1947 წლამდე ხელმძღვანელობდნენ: **კ. მიხაილოვი, ე. გაბიევი, ნ. სოკოლოვსკი, დ. გალილოვი, შ. ბიტლაზარი, გ. ლარინი და პ. სოლოდი**. აღსანიშნავია, რომ 1947-1968 წლებში ინსტიტუტს სათავეში ედგა პროფესორი **მ. გაგოშიძე**, რომელმაც დიდი ღვაწლი დასდო მის განვითარებას; 1968-2005 წლებში კი ინსტიტუტს ხელმძღვანელობდა საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსი, რუსეთის სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი **ცოტნე მირცხულავა,** რომელიც ამჟამად ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი და სამეცნიერო საბჭოს თავმჯდომარეა. 2006 წელს იგი აღიარეს საქართველოს წლის საუკეთესო მეცნიერად ტექნიკის დარგში. უნდა აღინიშნოს, რომ მეტად მნიშვნელოვანია მისი

The Water Management Institute is one of the oldest scientific organizations in the South Caucasus, which was founded in 1925 and, officially, registered in 1929. The Institute is a legal assignee of the Institute of Water Management of Transcaucasia, Scientific-Research Institute of Hydraulic Engineering and Reclamation of Georgia and Institute of Water Management and Engineering Ecology of the Georgian Academy of Sciences.

For years, the Institute, the only one in the Southern Caucasus, has been engaged in researches on solving problems: floods and inundations, erosion and debris flows, protection of the environment, natural disasters, coasts of the sea and rivers, reclamation (drainage in high-moisture areas, irrigation in arid zones), water reservoirs, soils, survey of hydraulic structures including their designing, construction and maintenance, researches on solving problems of their stability etc. Later the similar scientific-research organizations were founded in Azerbaijan and Armenia, which function at the present time and cooperate with the Institute of Water Management regularly.

Since its foundation till the year 1947, the Institute was supervised by **K. Mikhailov, E. Gabiev, N. Sokolovsky, D. Galilov, Sh. Bitlazar, G. Larin** and **P. Solod.** During 1947-68 (21 years), the Institute was managed by Prof. **Michael Gagoshidze**, who improved its work considerably. In 1968-2005 (38 years), the Institute was managed by Academician **Tsotne Mirtskhoulava**, Academician of the Georgian Academy of Sciences, and Academician of the Russian Academy of Agricultural Sciences. At the present time, he is a Senior Staff Scientist and Chairman of the Scientific Council of the Institute. In 2006, he was awarded the honorary title of the Scientist of the Year. It should be noted that he highlighted the achievements of the Institute and got immense international prestige.

წვლილი ინსტიტუტის მიღწევებსა და საერთაშორისო ავტორიტეტის შექმნაში.

2005 წლიდან ინსტიტუტს ხელმძღვანელობს ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი **გ. გავარდაშვილი**. ინსტიტუტში ამჟამად ფუნქციონირებს თანამედროვე კომპიუტერული ტექნიკით აღჭურვილი სამი განყოფილება და ერთი ლაბორატორია: 1. ბუნებრივი კატასტროფების განყოფილება (ხელმძღვანელი ტექნ. მეცნ. დოქტ., პროფ. **ვ. თევზაძე**); 2. წყლის რესურსების და ჰიდროტექნიკური ნაგებობების განყოფილება (ხელმძღვანელი ტექნ. მეცნ. დოქტ. პროფ. **ი. იორდანიშვილი**); 3. ჰიდრომელიორაციისა და ეკოლოგიური უსაფრთხოების განყოფილება (ხელმძღვანელი ტექნიკის აკადემიური დოქტორი **გურამ ჩიტიშვილი**); 4. გარემოს დაცვის ლაბორატორია (ხელმძღვანელი ტექნიკის აკადემიური დოქტორი **გოგა ჩახაია**).

ინსტიტუტის თანამშრომელთა საშტატო რაოდენობა შეადგენს 72-ს, აქედან 35 მეცნიერ-თანამშრომელია, მათ შორის: 1 – საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის, ნიუ-იორკის აკადემიის, რუსეთის სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი (**ც. მირცხულავა**), 1 – საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოს-მდივანი და ამავე აკადემიის სოფლის მეურნეობის განყოფილების აკადემიკოს-მდივანი (**ო. ნათიშვილი**), 1 – საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი (**ვ. თევზაძე**), 3 – საინჟინრო აკადემიის წევრი, 1 – საერთაშორისო საინჟინრო აკადემიის წევრი, 4 – ეკოლოგიის აკადემიის წევრი, 9 – მეცნიერებათა დოქტორი, 15 – მეცნიერ-თანამშრომელი დოქტორის აკადემიური ხარისხით, 5 – დოქტორანტი, 3 – მაგისტრი.

ქვეყანაში სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების განხორციელების მიზნით ინსტიტუტის დაქვემდებარებაშია საქართველოს სხვადასხვა რეგიონებში განთავსებული 6 საცდელ-სამელიორაციო ეკოლოგიური პუნქტი: 1. ალაზნის საცდელ-სამელიორაციო ეკოლოგიური პუნქტი (*ქ. სიღნაღი, სოფ. ხორნაბუჯი*); 2. გორის საცდელ-სამელიორაციო ეკოლოგიური პუნქტი *(გორის რ-ნი, სოფ. კარალეთი);* 3. პროფ. ფრიდონ შატბერაშვილის სახელობის კოლხეთის (ფოთის) საცდელ-სამელიორაციო ეკოლოგიური პუნქტი, *ქ. ფოთი, დ. თავდადებულის ქ. 10*); 4. ორხევის მორწყვის ტექნოლოგიის პოლიგონისა (*ქ. თბილისი, ორხევის დასახლება);* 5. სამგორის საცდელ-სამელიორაციო ეკოლოგიური პუნქტი და

In 2005, I have been appointed as director of the Institute upon the recommendation of Acad. **Tsotne Mirtskhoulava** and support of the Institute's staff. The Institute currently has three departments and one laboratory equipped with modern computer equipment. 1. Department of Natural Disasters (Head of Department, Dr. Prof. **V. Tevzadze**); 2. Department of Water Resources and Hydraulic Structures (Head of Department, Dr. **I. Iordanishvili**); 3. Department of Water Conservation and Environmental Safety (Head of Department, Ph.D. **G. Chitishvili**); 4. Laboratory of Environmental Protection (Head of Laboratory, Ph.D. **G. Chakhaia**).

The staff of the Institute consists of 72 collaborators, including the following 35 scientists: 1 – Academician of the Georgian Academy of Sciences, Academician of the New-York Academy, Academician of the Russian Academy of Agricultural Sciences (**Ts. Mirtskhoulava**), 1 – Academician Secretary of the Georgian Academy of Sciences and Academician Secretary of the Agricultural Department of the Georgian Academy of Sciences (**O. Natishvili**), 1 – Corresponding Member of the Georgian Academy of Agricultural Sciences (**V. Tevzadze**), 3 – Academicians of the Engineering Academy, 1 – Academician of the International Engineering Academy, 4 – Academicians of the Environmental Academy, 9 – Dr-s, 15 – Scientists holding academic degrees of Doctors, 5 – PhD candidates, 3 – masters.

To provide scientific research, the Institute possesses 6 experimental-reclamation ecological stations in different regions of Georgia, which are as follows: 1. The Alazani experimental-reclamation ecological station (v. *Khornabuji, Sighnaghi district*); 2. The Gori Experimental-reclamation Ecological Station (v. *Karaleti, Gori district*); 3. The Kholkheti (Poti) Experimental-reclamation Ecological Station named after Prof. **Pridon Shatberashvili** (*4400,10, D. Tavdadebuli, Poti*); 4. Orkhevi Irrigation Testing-ground (*Tbilisi, Orkhxevi Settlement*); 5. Samgori Experimental-reclamation Ecological Station *(*v.*Gamarjveba Gardaban district)* and 6. Arakhveti Mountain-reclamation Ecological Station *(*v. *Arakhveti,*

6. არახვეთის სამთო-სამელიორაციო ეკოლოგიური პუნქტი *(დუშეთის რ-ნი, სოფ. არახვეთი).*

ინსტიტუტში არსებობს უნიკალური, ევროპის მასშტაბით ერთ-ერთი უდიდესი ჰიდროტექნიკური ლაბორატორია (სურ. 1), დაკომპლექტებული შესაბამისი დანადგარებითა და სატუმბი სადგურით.

(v. Arakhveti, Dusheti district).

The Institute owns a unique hydrotechnical laboratory, one of the largest in Europe (*see photo 1*), which is equipped with appropriate equipment and pumping station.

In 2005 the Institute was awarded the diploma

სურ. 1. ჰიდროტექნიკური ლაბორატორია
Photo 1. Hydrotechnical Laboratory of the Institute

2005 წელს ინსტიტუტის კოლექტივი მრავალი სამეცნიერო პროექტის, კვლევებისა და მსოფლიოს ერთ-ერთი საუკეთესო ჰიდროტექნიკური ლაბორატორიის ფუნქციონირების გამო დაჯილდოვდა შვეიცარიის დიპლომით **„Century International Quality Era Award“**.

ინსტიტუტში არსებობს წყალდიდობის, ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესების მოდელირების ლაბორატორია, გრუნტების მექანიკისა და ტექნიკური მელიორაციის ლაბორატორია, ნიადაგების და წყლის ხარისხის კვლევის ლაბორატორია, რომლებიც უზრუნველყოფს ინსტიტუტში წარმოებულ სამეცნიერო-კვლევით, სახელშეკრულებო და საგრანტო პროექტების და სამუშაოებს.

წლების განმავლობაში კოლექტივი მონაწილეობდა ისეთი მნიშვნელოვანი პროექტების განხორციელებაში, როგორიცაა: საქართველოს წყალდიდობის კონცეფცია, ეროზიულ-

“Century International Quality Era Award” for a lot of scientific projects, surveys and functioning of the world’s best hydrotechnical laboratory.

The Institute owns Flood and Debris Flow Modeling Laboratory, Soil Engineering and Technical Reclamation Laboratory and, Soil and Water Quality Laboratory, which provide implementation of researches, grant projects and contract works.

For years, the Institute participated in the implementation of the following projects: elaboration of the flood control program of Georgia, elaboration of the debris flow preparedness state program, reversal of the Northern Siberian Rivers to Central Asia; designing and construction of for the Mingechaur Reservoir and its earth fill dam; drainage of the Kolkheti swamps; designing

ღვარცოფულ პროცესებთან ბრძოლის სახელმწიფო პროგრამის მომზადება, ჩრდილოეთ ციმბირის მდინარეების თხიერი ჩამონადენის ნაწილის შუა აზიაში გადაგდება; წყალსამეურნეო ობიექტების დაპროექტება-მშენებლობა ალჟირში, სირიაში, კუბაში, ყაზახეთში, საბერძნეთში; კასპიის ზღვის 100 კილომეტრიანი სიგრძის სანაპირო ზოლის ნაპირსამაგრი სამუშაოების დაპროექტება; მინგეჩაურის კომპლექსის წყალსაცავისა და წყალშემტბორავი მიწის კაშხლისათვის საპროექტო პარამეტრების დადგენა; კოლხეთის დაჭაობებული ტერიტორიების ათვისება; ტირიფონის არხი და მასზე დაკიდებული ობიექტების, ზემო და ქვემო სამგორის სარწყავი სისტემების დაპროექტება. ინსტიტუტი უშუალოდ ღებულობდა მონაწილეობას ზემო ალაზნის მაგისტრალური არხის პროექტის განხორციელებაში. ამ პროექტის რეალიზაციისას დაინერგა მრავალი სიახლე, მათ შორისაა მიწაყრილების მშენებლობა მაგისტრალური არხის ტრასაზე წყალში ჩაყრის ტექნოლოგიით. მიღებული პრაქტიკა გამოყენებულ იქნა საქართველოში მიწის სამელიორაციო დანიშნულების 23 კაშხლის მშენებლობისას, როგორიცაა: ალგეთის, ზონკარის, დალის მთის და ა. შ. გარდა გრუნტის წყალში ჩაყრის ტექნოლოგიით მიწის კაშხლების მშენებლობისა, ინსტიტუტში დამუშავდა პროექტი მოლექვისა (ჭიათურაში მარგანეცის ნარჩენსაცავის კაშხალი) და მიმართული აფეთქებების (კვაისაში თუთიის ნარჩენსაცავის კაშხალი) მეთოდით მშენებლობისას.

ინსტიტუტის მიერ განხორციელდა ექსპერტიზა ალჟირში მიწის ხუთი კაშხლის შესაძლო დეფორმაციასთან დაკავშირებით, სირიასა და აზერბაიჯანში ორ-ორი ახალი კაშხლის მშენებლობისას, მდინარეებზე – კოდორსა და ალაზანზე ნაპირდამცავი ნაგებობების დასაპროექტებლად, მდ. რიონზე, ქ. ფოთთან არსებულ წყალგამყოფ კვანძზე. საქართველოში დასახლებული პუნქტების, ენერგო- და სატრანსპორტო დერეფნების, ასევე სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების წყალდიდობების, ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესების და სხვა ბუნების სტიქიური, მათ შორის, გეოლოგიური საშიში პროცესების რეგულირების მიზნით დამუშავდა მეთოდოლოგია გარემოსდამცავი როგორც ტრამპლინის ტიპის ნაგებობათა ახალი კონსტრუქციების, ისე ტრადიციული ნაგებობების დაპროექტებისათვის.

როგორც ცნობილია, მსოფლიოში სტიქიურ მოვლენებს შორის „რეკორდი“ წყალდიდობებს ეკუთვნის. გაეროს მონაცემებით,

water facilities in Algeria, Syria, Cuba, Kazakhstan and Greece; designing of coast-protecting structures for the coast line of the Caspian Sea (100 km long); determination of project parameters of Tirifoni canal and its objects as well as Zemo and Kvemo Samgori Irrigation Schemes.

The Institute took active participation in the realization of project on Zemo Alazani Main Canal. A lot of innovations, including construction of dams along the main canal using backfill technology, were implemented during the above-mentioned project. Such kind of experience was used for the construction of about 23 earth dams of Georgia, including: Algeti, Zonkari, Dalis Mta etc. Moreover, the Institute developed methods for the constructions using flush (dam of the manganese deposit in Chiatura) and pin-point blasting (dam of the zinc deposit in Kvaisa). The Institute underwent examination of five earth dams in Algire concerning their possible deformation, two new dams in Syria and Azerbaijan during their construction, the Kodori and Alazani Rivers to design their coast-protecting structures, the Rioni River watershed near Poti.

To control dangerous geological processes, including floods, erosion and debris flows and other natural disasters and, to protect settlements, power lines and transport corridors in Georgia, the Institute developed special methods related to the designing not only of springboard-type structures but also of other modern and old structures.

It’s well known that the most dangerous among the natural disasters are floods. In accordance with UNO, about 10 million people died as a result of flooding during the last century. In 1959, massive floods in China killed at least 2 million people. In 1970 the flood in the Bay of Bengal killed 1 million people and caused great damages. Floods cause not only human victims, but also great material damages. A lot of us remember a flood happened in Georgia in 1987, which caused great damages across the country.

Every day we get more and more information

ბოლო საუკუნეში წყალდიდობის შედეგად დაიღუპა 10 მილიონზე მეტი ადამიანი. 1959 წ. ჩინეთში მომხდარმა წყალდიდობამ 2 მილიონამდე კაცი იმსხვერპლა; ასევე უდიდესი ზარალით აღინიშნა ბენგალის ყურის წყალდიდობა 1970 წელს, რომლის დროსაც დაიღუპა 1 მილიონი ადამიანი. გარდა ადამიანთა მსხვერპლისა, წყალდიდობები ხასიათდება უდიდესი მატერიალური ზარალით. ჯერ კიდევ ბევრს ახსოვს საქართველოში 1987 წლის წყალდიდობის ტრაგედია, რომელმაც უდიდესი ზიანი მიაყენა ქვეყანას.

ყოველდღიურად უფრო და უფრო მეტ ინფორმაციას ვიღებთ მსოფლიოში მომხდარი კატასტროფების შედეგად გარემოსა და საზოგადოებისათვის მიყენებული ზიანის შესახებ.

სხვადასხვა კატასტროფებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს ბუნებრივ კატასტროფებს, რომელთა მიერ გამოწვეული ეკონომიკური ზარალი ბოლო წლების განმავლობაში რამდენიმე ათეული მილიარდი დოლარით განისაზღვრება. ბუნებრივი გარემოს გაუარესებასთან ერთად, ბუნებრივი კატასტროფები დიდ სოციალურ და დემოგრაფიულ ზიანს აყენებს ქვეყნების უმრავლესობას. ბუნებრივი კატასტროფების შესახებ მსოფლიო ბანკის 2005 წლის მოხსენების მიხედვით, მსოფლიო მოსახლეობის ნახევარზე მეტი – 3., მილიარდი ადამიანი – ცხოვრობს არეალში, სადაც სულ ცოტა, ერთი ბუნებრივი კატასტროფის დასაბუთებული საშიშროება არსებობს. 160 ქვეყანაში ადგილობრივი მოსახლეობის მეოთხედზე მეტი ცხოვრობს ბუნებრივი კატასტროფების მაღალი რისკის მქონე ტერიტორიებზე [(ECLAC, World Bank) “Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis Risk Identification for Disaster Risk Management Maxx Dilley International Research Institute for Climate Prediction”].

კატასტროფების ეპიდემიოლოგიური კვლევის ცენტრის მიერ 2007 წელს მომზადებული ანგარიშის მიხედვით, 2006 წელს ბუნებრივი კატასტროფებით გამოწვეულმა ეკონომიკურმა ზარალმა 34 მილიარდი დოლარი შეადგინა [P. Hoyois, R. Below, J.M Scheuren, D. Guha-Sapir; Annual Disaster Statistical Review: Numbers and Trends 2006; Centre for Research on the Epidemiology of Disasters; Brussels, May 2007].

შთამბეჭდავია ბუნებრივი კატასტროფების შედეგების სალიკვიდაციოდ დახარჯული თანხის რაოდენობაც. მოვიყვანთ მსოფლიოს მასშტაბით ამ მიზნებით დახარჯული თანხის არასრულ ნუსხას: ბოლო ორი ათწლეულის

on population and environmental damages caused by disasters happened in the world.

Natural disasters, which cause billions of dollars in economic losses each year around the world, are among the most destructive disasters. Together with the deterioration of the environment, natural disasters continue to cause great social and demographic injures in the majority of countries. In accordance with a report of the World Bank (2005), more than half of the world’s population – 3.4 billion people – lives in areas under natural disaster risk. In 160 countries, more than a quarter of local population lives in natural disaster high-risk areas [(ECLAC, World Bank) “Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis Risk Identification for Disaster Risk Management Maxx Dilley International Research Institute for Climate Prediction”].

In accordance with a report prepared by the Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED, 2007), the economic damages due to natural disasters were equal to 34 billion US dollars [P. Hoyois, R. Below, J-M Scheuren, D. Guha-Sapir; Annual Disaster Statistical Review: Numbers and Trends 2006; Centre for Research on the Epidemiology of Disasters; Brussels, May 2007].

Amounts spent to control the effects of natural disasters are very impressive. Let us consider a list of amounts spent around the World for the above-mentioned purposes: during the last twenty years (1980-2003) the World Bank loaned about 14.4 billion US dollars to at least 20 countries affected by natural disasters. In 1999-2003, economic losses from natural disasters happened in the world were equal to 212.692 billion dollars, the amount split between Europe and Asia, where losses achieved 161.5 billion dollars [D. Guha-Sapir, D. Hargitt; P. Hoyois; Thirty Years of Natural Disasters 1974-2003: The Numbers; Centre for Research on the Epidemiology of Disasters; Louvain, 2004].

მანძილზე (1980-2003 წლებში) მხოლოდ მსოფლიო ბანკმა გასცა 14.4 მილიარდი აშშ დოლარის გადაუდებელი სესხი ბუნებრივი კატასტროფებით ყველაზე მეტად დაზარალებული 20 ქვეყნისათვის. 1999-2003 წლამდე მსოფლიოში მომხდარი ბუნებრივი კატასტროფების შედეგად მიყენებულმა ეკონომიკურმა ზარალმა 212.692 მილიარდი დოლარი შეადგინა. აქედან ყველაზე მეტი ევროპისა და აზიის ქვეყნებზე მოდის, სადაც ზარალი 161.5 მილიარდი დოლარი იყო [D. Guha-Sapir, D. Hargitt; P. Hoyois; Thirty Years of Natural Disasters 1974 -2003: The Numbers; Centre for Research on the Epidemiology of Disasters; Louvain, 2004].

XXI საუკუნის დასაწყისში, საქართველოში ფორმირებულმა ბუნების სტიქიურმა მოვლენებმა, მიყენებული ზარალის მიხედვით, კულმინაციას 2005 წელს მიაღწია. აქედან წყალმოვარდნებზე, წყალდიდობებსა და ღვარცოფებზე მოდის მთლიანი ზარალის 70%-ზე მეტი.

ქვეყნის მასშტაბით საშიშროების რისკის ზონაში მოექცა 190-მდე დასახლებული პუნქტი: დაზარალებული მოსახლეობის რაოდენობა – 880 ოჯახი, დაღუპულ ადამიანთა რაოდენობა – 35, დაშავებულ ადამიანთა რაოდენობა – 213, დანგრეული და დაზიანებული გზებისა და ხიდების რაოდენობა – 111 კმ და 69 ხიდი, ექსპლუატაციიდან ამოვარდნილია სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები 9610 ჰა. სტიქიური მოვლენების გამო, 2005 წელს საქართველოში 86-ჯერ გამოცხადდა საგანგებო მდგომარეობა. ანალოგიური სიხშირის სტიქიური მოვლენები საქართველოში დაფიქსირდა 2006-2009 წლებშიც.

საქართველოში 1999-2008 წწ. ბუნებრივი კატასტროფებით მიყენებულმა ეკონომიკურმა ზარალმა 552 მლნ. აშშ დოლარს მიაღწია. იმავე პერიოდში ბუნებრივი კატასტროფებით მიყენებული ეკონომიკური ზარალი სამხრეთ კავკასიის 2 სახელმწიფოსთვის ასე გამოიყურება: ზერბაიჯანი – 170 მლნ. აშშ დოლარი, ხოლო სომხეთი – 100 მლნ. აშშ დოლარი.

მეცნიერ-სპეციალისტებმა და საზოგადოების წარმომადგენლებმა განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიაპყრონ იმ ფაქტს, რომ წყალმოვარდნები, წყალდიდობები და ღვარცოფები ასევე შესაძლებელია წარმოიშვას კაშხლების ნგრევის შედეგად. სახელმწიფოების ხელმძღვანელთა მეტ ზრუნვას მოითხოვს კაშხლებისა და წყალსაცავების უსაფრთხოება. ამჟამად მსოფლიოში დაახლოებით 100 000-მდე კაშხალია; მრავალი ათეულია საქართველოშიც (100-მდე). დღეისათვის მსოფლიოში

Natural disasters happened in Georgia during the 21st century achieved their maximum in 2005. And more than 70% falls on inundations, floods and debris flows.

At least 190 settlements throughout the country were considered as located in dangerous high-risk zones: number of injured population – 880 families, number of dead people – 35, number of injured people – 213, number of destroyed and damaged roads and bridges – 111 km and 69 bridges and, about 9610 ha of damaged agricultural lands. Because of the natural disasters in 2005 Georgia was in a condition of emergency 86 times. The similar natural disasters were observed in Georgia in 2006-2009.

In 1999-2008 economic losses in Georgia caused by natural disasters were equal to 552 million US dollars. At the same period of time in other two countries of the Southern Caucasus economic losses caused by natural disasters were as follows: Azerbaijan – 170 million US dollars, Armenia – 100 million US dollars.

Scientists and other representatives of communities shall pay special attention to the fact that inundations, floods and debris flows can be caused by dam failure. So, the governments shall pay attention to the safety of dams and reservoirs. At the present time, at least 100 000 dams are functioning in the world, and about 100 in Georgia. For today about 21350 failures of dams were recorded in the world, including more than 1000 during the last 100 years (approximately, 10 occurrences per year). This fact makes us think more deeply and confirms that all measures shall be taken to provide dam safety. The above-mentioned can be confirmed by a flood occurred in the Philippines (2009), which was caused by a dam failure.

According to the above mentioned, the Institute has rendered great services to the former Soviet Union and Europe, which can be expressed by a new scientific area developed by Academician, Professor **Ts. Mirtskhoulava**, especially, extension of time limit for the deteriorated hydraulic structures and dams using reliability

აღრიცხულია დაახლოებით 21350 კაშხლის ავარიის შემთხვევა, მათ შორის ბოლო 100 წელიწადში 1000-ზე მეტი შემთხვევა. (წელიწადში დაახლოებით 10 შემთხვევა). ფაქტი დამაფიქრებელია და ადასტურებს იმის აუცილებლობას, რომ კაშხლების უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად ყველა ზომა უნდა იქნეს მიღებული. ამას ადასტურებს ასევე ფილიპინებში 2009 წელს კაშხლის ნგრევის შედეგად ფორმირებული წყალდიდობაც.

ამ მიმართულებით განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს ინსტიტუტის დამსახურება ყოფილ საბჭოთა კავშირის სივრცესა და ევროპაშიც, რაც გამოიხატება აკადემიკოს **ც. მირცხულავას** ახალ მეცნიერულ მიმართულებას – დაძველებული ჰიდროტექნიკური ნაგებობების, მათ შორის, კაშხლების ფუნქციონირების გახანგრძლივებისათვის მეცნიერული მეთოდოლოგიის დამუშავებაში, საიმედოობისა და რისკის თეორიის, *კოლმოგოროვისა* და *იტოს* დიფერენციალური განტოლებების, ასევე *მარკოვის მწკრივების* გამოყენებით.

თავისი არსებობის პერიოდში ინსტიტუტი ახორციელებდა და ამჟამადაც აგრძელებს მრავალმხრივ სამეცნიერო ურთიერთობებს და ერთობლივ კვლევებს აშშ-ს, რუსეთის, ჩეხეთის, უნგრეთის, პოლონეთის, ჩინეთის, ისრაელის, გერმანიის, საბერძნეთის, იაპონიის, რუმინეთის, სირიის, კუბის, თურქეთის, ერაყის, ლიტვის, ლატვიის, ესტონეთის, ბულგარეთის, აზერბაიჯანის, სომხეთის, ყირგიზეთის, ყაზახეთის, უზბეკეთის, ასევე სხვადასხვა სამეცნიერო, საპროექტო, სამშენებლო ორგანიზაციებსა და უნივერსიტეტებთან; თანამშრომლობს EU, NATO, UNESCO და არასამთავრებო ორგანიზაციებთან.

ინსტიტუტის დაარსებიდან დღემდე გამოქვეყნებულია 3500-ზე მეტი სამეცნიერო სტატია, 300-ზე მეტი მეთოდური მითითება, ინსტრუქცია, მეთოდიკა, 7 პროფესიული და საგანმანათლებლო სტანდარტი, 100-მდე სახელმძღვანელო, 150-მდე წიგნი და 100-მდე მონოგრაფია, ინსტიტუტში ჩატარდა 50-ზე მეტი სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია. ყოველწლიურად გამოიცემა ინსტიტუტის შრომათა კრებული, რომელშიც, გარდა ინსტიტუტის თანამშრომლების სტატიებისა, იბეჭდება საქართველოს სხვადასხვა სამეცნიერო დაწესებულებებისა და საზღვარგარეთის სპეციალისტების ნაშრომები. ინსტიტუტში ფუნქციონირებს სამეცნიერო-ტექნიკური ბიბლიოთეკა დაკომპლექტებული 32 ათასი ერთეული ლიტერატურით. ყოფილი საბჭოთა კავშირის პერიოდში ინსტიტუტს მიღებული აქვს 90

The Institute continues multilateral collaboration in scientific relations and researches with the USA, Russia, Czech Republic, Hungary, Poland, China, Israel, Germany, Greece, Japan, Romania, Syria, Cuba, Turkey, Iraq, Lithuania, Latvia, Estonia, Bulgaria, Azerbaijan, Armenia, Kyrgyzstan, Uzbekistan, and other scientific, project, construction organizations and universities. Moreover, the Institute collaborates with EU, NATO, UNESCO and other non-governmental organizations.

Since the foundation of the Institute till today, we have published more than 3500 scientific papers, more than 300 manuals and instructions, 7 professional and educational standards, about 100 textbooks, 150 books and 100 monographs. Also, more than 50 scientific and technical conferences were implemented at the Institute. Every year the Institute publishes collected papers not only for the collaborators of the Institute, but also for the other scientific organizations of Georgia and foreign specialists. The Institute owns scientific-technical library (32 thousand units). During the former Soviet Union the Institute produced about 90 inventions, and after the recognition of Georgia's independence (1992) – 36 patents. The Institute implemented about 216 innovations and took participation in 17 international exhibitions.

In 2006-2009 the scientists of the Institute submitted 48 grant projects to the Georgia National Science Foundation, and got – 7 projects. Also, they submitted 5 projects to the foreign organizations and got 2 projects (EU, NATO). Now, 17 state projects are elaborated at the Institute (*see photo 2*).

Upon the order of governmental and non-governmental organizations in 2006-2009 the Institute implemented environmental examination of more than 30 objects. To help the population of Kvareli to avoid possible floods and debris flows, the Institute guides the State Committee, which studies emergency conditions of the Duruji River.

საავტორო მოწმობა გამოგონებებზე, ხოლო საქართველოს დამოუკიდებლობის მიღების შემდეგ (1992 წლიდან) – 36 პატენტი. თავისი არსებობის მანძილზე ინსტიტუტს წარმოება-ში განხორციელებული აქვს 216 მსხვილი დანერგვა, მონაწილეობდა 17 საერთაშორისო გამოფენაში.

ინსტიტუტის მეცნიერ-თანამშრომლებმა 2006-2009 წწ. საქართველოს სამეცნიერო ეროვნულ ფონდში წარადგინეს 48 საგრანტო პროექტი, გაიმარჯვა – 7-მა პროექტმა, ხოლო საერთაშორისო ორგანიზაციებში წარდგენილ იქნა 5 პროექტი და გაიმარჯვა ორმა (EU, NATO). ინსტიტუტში ამჟამად მუშავდება 17 სახელმწიფო საბიუჯეტო თემა (პროექტი) (სურ. 2).

საქართველოს სამთავრობო და არასამ-თავრობო უწყებების დაკვეთით 2006-2009 წწ. ინსტიტუტში შესრულდა ეკოლოგიური ექსპერ-ტიზა ქვეყნისათვის მნიშვნელოვან 30-ზე მეტ გარემოს დაცვის პროექტზე; ინსტიტუტი აქტიურად ხელმძღვანელობს მდ. დურუჯზე ბუნებრივი კატასტროფული მოვლენების შემსწავლელ სახელმწიფო კომისიას, რათა თავიდან იქნეს აცილებული ქ. ყვარლის მოსახლეობის მუდმივ საფრთხის ქვეშ ყოფნა მოსალოდნელი წყალმოვარდნებისა და ღვარცოფებისაგან.

საქართველოში 2008 წლის აგვისტოს თვეში საომარი მოქმედებების შედეგად გადამწვარი ტყის ეკოლოგიურ-ეკონომიკური ზარალის ოდენობა და „ბორჯომის რეგიონ-ში ნახანძრალ ტერიტორიებზე ნიადაგის ეროზიისგან დაცვის პირველი რიგის გადაუ-დებელი ღონისძიებების“ პროექტი საქართვე-ლოს მთავრობას განსახილველად მხოლოდ წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტმა წარუდგინა. ინსტიტუტის დირექციის აქტიური მუშაობით, გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის განათლებისა და მეცნიერების კომისიამ (UNESCO) გაითვალისწინა რა ინსტიტუტის გამოცდილება და საერთაშორისო ავტორი-ტეტი, 2008 წლის 30 მაისს გაფორმდა კონტ-რაქტი ინსტიტუტსა და UNESCO-ს შორის საერთაშორისო სიმპოზიუმის – „წყალდიდო-ბები და მათთან ბრძოლის თანამედროვე მეთოდები“, ჩატარებასთან დაკავშირებით (თბილისი, 23-28 სექტემბერი, 2009 წ.), რომე-ლიც მიეძღვნა ინსტიტუტის დაარსებიდან 80 წლის იუბილეს.

ინსტიტუტის დირექცია, სამეცნიერო საბ-ჭო და მეცნიერ-თანამშრომლები მადლობას უხდიან საქართველოს განათლებისა და

სურ. 2. ინსტიტუტში NATO-ს პროექტზე მუშაობისას. მარჯვნიდან: მერილენდის უნივერსიტეტის პროფ. ბ. აიუბი (აშშ) და პროფ. გ. გავარდაშვილი. 2009 წლის 22 აპრილი.

Photo 2. While working on a NATO project at the Institute. Right: Prof. Ayyub M. Bilal of Maryland University (USA) and Prof. Givi Gavardashvili. 22 April 2009.

The Institute submitted to the government the project “Immediate Soil Erosion Protection Measures for the areas, which have been influenced by fire in Borjomi District” and ecological-economic losses caused by forest fire in the Borjomi area as a result of August war in Georgia (2008).

Taking into account active work of the Institute, its experience and international authority, on the 30th day of May, 2008 the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) concluded a contract with the Institute to organize the International Symposium on “Floods and Modern Methods of Control Measures” (Tbilisi 23-28 September, 2009) dedicated to the 80th anniversary of the Institute.

It should be noted that since the foundation of the Institute till today the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) supported implementation of three international symposia, especially:

- 1969 – “Flood Control Measures”;
- 1995 – “The Man and The Sea”;
- 2009 – “Floods and Modern Methods of Control Measures”.

მეცნიერების სამინისტროს, საქართველოს საგარეო საქმეთა სამინისტროს იუნესკოს საქმეთა ეროვნულ კომისიას, გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის განათლების, მეცნიერებისა და კულტურის ორგანიზაციას (UNESCO) მხარდაჭერისათვის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დაარსების 80 წლისთავის საერთაშორისო მასშტაბით აღნიშვნასთან დაკავშირებით.

აღსანიშნავია ისიც, რომ ინსტიტუტის დაარსებიდან დღემდე UNESCO-ს მხარდაჭერით უკვე მესამედ ჩატარდა საერთაშორისო სიმპოზიუმი:

- 1969 წ. – „წყალდიდობების საწინააღმდეგო ღონისძიებები“;
- 1995 წ. – „ადამიანი და ზღვა“;
- 2009 წ. – „წყალდიდობები და მათთან ბრძოლის თანამედროვე მეთოდები“.

საერთაშორისო სიმპოზიუმი – „წყალდიდობები და მათთან ბრძოლის თანამედროვე მეთოდები“, ხელს შეუწყობს ჩვენი პლანეტის – დედამიწის გარემოს დაცვისა და მისი მდგრადობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფას, კატასტროფების საშიშროების შემცირების საერთაშორისო სტრატეგიის (ჰიუგოს ჩარჩო-დოკუმენტი) რეალიზაციას, მსოფლიოს მეცნიერების და მკვლევარ-სპეციალისტების მჭიდრო თანამშრომლობას, ინფორმაციის გაცვლას და მსოფლიოში ამ აქტუალური – წყალდიდობის პრობლემის გადაწყვეტას თანამედროვე მეცნიერული მიღწევებისა და ნანო-ტექნოლოგიების გამოყენებით.

დაბოლოს, ჩემს მშობლიურ წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტს, რომელშიც მე ვმოღვაწეობ უკვე 28 წელი, მის თანამშრომლებს, კოლეგებსა და მასწავლებლებს ვულოცავ ინსტიტუტის 80 წლის იუბილეს, ვუსურვებ მშვიდობას, ქვეყნის ერთიანობას, შემოქმედებით და მეცნიერული წარმატებებს ინსტიტუტისა და მთლიანად ქვეყნის – საქართველოს საბედნიეროდ.

გივი გავარდაშვილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დირექტორი, საერთაშორისო სიმპოზიუმის თავმჯდომარე, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი

We hope that the international symposium “Floods and Modern Methods of Control Measures” will promote environmental protection and stability of the Earth, implementation of International Strategy for Disaster Reduction (ISDR, Hyogo Document, 18-22 January 2005, Kobe, Hyogo, Japan), collaboration between scientists of the world, exchange of information and solving of flood problem using modern scientific achievements and nanotechnologies.

Finally, I would like to congratulate the Institute of Water Management, where I’ve worked the last 28 years, its collaborators and teachers on its 80th anniversary, to wish them peace and territorial integrity of our country and creative and scientific progress of the Institute and Georgia.

Givi GAVARDASHVILI
Director of the Institute of Water Management,
Chairman of the International Symposium,
Doctor of Technical Science, Professor

უაკ 632.453.3

საერთაშორისო სიმპოზიუმი „წყალდიდობები და მასთან ბრძოლის თანამედროვე მეთოდები“ (23-28 სექტემბერი, 2009 წ. თბილისი, საქართველო) მოკლე ანგარიში

The international Symposium “Floods and Modern Methods of Control Measures'' (23-28 September, 2009, Tbilisi, Georgia)

Brief Report

2009 წლის 23-28 სექტემბერს ქალაქ თბილისში (საქართველო) „იუნესკოს” მხარდაჭერით (კონტრაქტი №4500046308, 30 მაისი, 2008 წ., პარიზი, საფრანგეთი) წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დაარსებიდან 80 წლის იუბილეს აღსანიშნავად ინსტიტუტის სააქტო დარბაზში ჩატარდა საერთაშორისო სიმპოზიუმი თემაზე: „წყალდიდობები და მასთან ბრძოლის თანამედროვე მეთოდები“.

საერთაშორისო სიმპოზიუმის ორგანიზატორები და სპონსორები იყვნენ: წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი, იუნესკო, საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია, საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდი, საქართველოს მინისა და მინერალური წყლების კომპანია „ბორჯომი“, შვეიცარიის განვითარებისა და თანამშრომლობის სააგენტო (SDC).

საერთაშორისო სიმპოზიუმის საორგანიზაციო და სამეცნიერო კომიტეტმა სამეცნიერო შრომათა კრებულის მოსამზადებლად სტატიები მიიღო შემდეგი ქვეყნებიდან: *ეთიოპია, ყირგიზეთი, საქართველო, ინგლისი, გერმანია, სომხეთი, აზერბაიჯანი, ისრაელი, აშშ, პოლონეთი, ბულგარეთი, ნიდერლანდები, ჩინეთი, ჩეხეთი, ავსტრია, უკრაინა, რუსეთი, ირანი, შვეიცარია, ბელორუსია.*

სიმპოზიუმის საორგანიზაციო კომიტეტში სულ წარმოდგენილი იყო 74 მოხსენება 20 ქვეყნიდან, ხოლო თბილისში ჩამოვიდა 11 ქვეყნის მეცნიერი, მათ შორის: ინგლისიდან 1 მომხსენებელი, გერმანიიდან – 3, სომხეთიდან –4, აზერბაიჯანიდან – 3, ისრაელიდან – 1, პოლონეთიდან – 3, ბულგარეთიდან – 2, ჩეხეთიდან – 3, ავსტრიიდან – 2, შვეიცარიიდან – 1, საქართველოდან – 21 მომხსენებელი.

2009 წლის 24 სექტემბერს სიმპოზიუმი გახსნა პროფესორმა გივი გავარდაშვილმა. სულ სიმპოზიუმზე პრეზენტაცია გააკეთა 48 მეცნიერ-სპეციალისტმა, აქედან საზღვარგარეთიდან პრეზენტაცია ჩაატარა 23 მეცნიერმა მსოფლიოს 10 ქვეყნიდან.

On 23-28 September, 2009 an International Symposium was held in the Assembly Hall of the Institute of Water Management, Tbilisi, Georgia on the topic **“Floods and Modern Methods of Control Measures''**. It was dedicated to the 80th anniversary of the foundation of the Institute, and was organized with the support of UNESCO (**contract № 4500046308, May 30, 2008, Paris, France).**

The organizers and sponsors of the International symposium were: the Institute of Water Management, UNESCO, the Georgian Ministry of Education and Science, the Georgian National Academy, the Georgian National Scientific Foundation, the Georgian Company of Glass and Mineral Waters, “Borjomi”, the Swiss Agency for Development and Cooperation.

The Organizing Committee of the International Symposium received papers for publication in the Proceedings of the Symposium from the following countries: Ethiopia, Kyrgyzstan, Georgia, Great Britain, Germany, Armenia, Azerbaijan, Israel, Poland, Bulgaria, the Netherlands, China, Czechia, Austria, Ukraine, Russia, Iran, Switzerland, Belarus – from 20 countries in all.

Submitted to the Organizing Committee were 74 papers, and scientists from 11 countries arrived in Tbilisi, including 1 from Great Britain, 3 from Germany, 4 from Armenia, 3 from Azerbaijan, 1 from Israel, 3 from Poland, 2 from Bulgaria, 3 from Czechia, 2 from Austria, 21 from Georgia.

The Symposium was opened on 24 September 2009 by Professor Givi Gavardashvili, Dr. Tech Sc (Engineering) Chairman of the International Symposium.

In all 48 scientists/specialists presented their papers at the Symposium, including 23 scientists from 10 countries.

საერთაშორისო სიმპოზიუმის საორგანიზაციო კომიტეტის თავმჯდომარის, წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დირექტორის, პროფესორ *გივი გავარდაშვილის* მოხსენება, გამომდინარე სტატიის შინაარსიდან „Simulation of flood and mudflow scenarios in case of failure of the Zhinvali earth dam“ ჩატარდა ადგილზე, პროფესიული ექსკურსიის დროს, მდინარე არაგვის ხეობაში, ჟინვალის მიწის კაშხალზე (დუშეთის რაიონი), რომელიც თბილისიდან მდებარეობს 60 კმ მანძილზე.

სიმპოზიუმის მუშაობაში მონაწილეობას იღებდნენ და საიუბილეო თარიღი მიულოცეს, საქართველოს მხრიდან: განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრომ, მეცნიერებათა ეროვნულ აკადემიამ, იუნესკოს საქმეთა ეროვნულმა კომისიამ, ტექნიკურმა უნივერსიტეტმა, ენერგეტიკისა და ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ინსტიტუტმა, სამთო ინსტიტუტმა, სახელმწიფო აგრარულმა უნივერსიტეტმა, სს „წყალპროექტის“ ინსტიტუტმა, სატყეო ინსტიტუტმა, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტმა, გეოგრაფიის ინსტიტუტმა. საზღვარგარეთიდან: სომხეთის არქიტექტურისა და მშენებლობის უნივერსიტეტის რექტორმა პროფესორმა ოგანეს ტოკმანჯიანმა და აზერბაიჯანის არასამთავრობო ორგანიზაციის „ეკოპროგნოზის ცენტრის“ პრეზიდენტმა პროფესორმა ტელმან ზეინალოვმა.

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტს დაარსებიდან 80 წლის იუბილე მიულოცეს სიმპოზიუმის საერთაშორისო კომიტეტის წევრებმა, პროფესორებმა: ლორენც კინგმა (გერმანია), ერჟი სობოტამ (პოლონეთი), ალისტაირ ბორტვიკმა (ინგლისი), ნატივ დუდაიმ (ისრაელი), ვილიბალდ ლოისკანდმა (ავსტრია), მარტინ ოვსეპიანმა (სომხეთი), ტელმან ზეინალოვმა (აზერბაიჯანი).

სიმპოზიუმის სხდომებს ესწრებოდა 150-170 მეცნიერ-სპეციალისტი, მათ შორის რეგიონების ადგილობრივი მმართველობის წარმომადგენლები და სტუდენტები, სხვადასხვა უნივერსიტეტიდან, ინსტიტუტიდან და სახელმწიფო უწყებიდან. სიმპოზიუმს ესწრებოდა აგრეთვე UNDP-ს რისკის საშიშროების შემცირების სამსახურის მრჩეველი *ერიკ კიაგარდი* (შვეიცარია).

სიმპოზიუმის სხდომაზე წარმოდგენილი მოხსენებები ძირითადად ეხებოდა წყალმოვარდნების, წყალდიდობებისა და ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესების პროგნოზირებას, მონიტორინგს, მათთან ბრძოლის ეფექტური და რენტაბელური ღონისძიებების დამუშავებას თანამედროვე მეცნიერული მიღწევებისა და ტექნოლოგიების გამოყენებით.

The Paper of Dr., Professor Givi Gavardashvili, Chairman of the International Symposium, Director of the Institute of Water Management, on the topic “Simulation of Mudflow Scenarios in the Case of Failure of the Zhinvali Earth Dam” was delivered by him – proceeding from its contents – during a professional excursion to the Aragvi valley, at the Zhinvali Earth Dam, Dusheti district, within 60 km of Tbilisi.

From the Georgian side the following organizations took part in the work of the Symposium and congratulated the Institute on the occasion of the anniversary: the Ministry of Education and Science, the National Academy of Sciences, Tbilisi State University, the Technical University, the Institute of Power Engineering and Hydrotechnical Structures, the Mining Institute, the “Water Project” Institute, the Forestry Institute, the Institute of Geography: from abroad the Armenian University of Architecture and Constructions, and the Azerbaijanian NGO “Center of Ecoprognosis”.

The members of the Scientific and Organizing Committee of the Symposium congratulated the Institute of Water Management on the occasion of its 80th anniversary since its founding: by Professors *Lorenz King* (Germany), *Jerzy Sobota* (Poland), *Alistair Bortwick* (Great Britain), *Nativ Dudai* (Israel), *Willibald Leuskand* (Austria), *Martin Ovsepyan* (Armenia), *Telman Zeinalov* (Azerbaijan).

The sessions of the Symposium were attended by 150-170 seientists/specialists, representatives of the local government of Georgia’s regions, person’s working for doctor’s degree, those working for master’s degree and students from various universities, institutes and the Georgian governmental offices. The Symposium was attended also by Erik Kjaergaard the UNDP Adviser of the Service for Reducing the Risk Hazard.

The papers presented at sessions of the Symposium largely dealt with the prediction, monitoring and developing effective and profitable measures of combating freshets, floods and erosional-mudflow processes, using modern scientific achievements and technologies.

During the seminar the speakers were asked questions to which qualified answers were given.

პროგრამის თანახმად, სიმპოზიუმის მსვლელობისას განხორციელდა როგორც კულტურული, ისე პროფესიული ექსკურსიები, რომელთა ამსახველი ფოტო-მასალა ანგარიშს თან ერთვის.

საერთაშორისო სიმპოზიუმის დაწყებამდე საორგანიზაციო კომიტეტის ინიციატივით მომზადდა და გამოიცა 538 გვერდიანი სამეცნიერო შრომათა კრებული და სიმპოზიუმის პროგრამა ინგლისურ ენაზე, აგრეთვე წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის საიუბილეო ბუკლეტები ქართულ და ინგლისურ ენებზე. სიმპოზიუმის მუშაობის გასაშუქებლად მოწვეული იყვნენ მასმედიის წარმომადგენლები.

სიმპოზიუმის საერთაშორისო საორგანიზაციო და სამეცნიერო კომიტეტის მიერ მომზადდა „იუნესკოში“ გასაგზავნი მემორანდუმი, რომელშიც აისახა მოხსენებებში განხილული პრობლემები მათი გადაწყვეტის გზების მითითებით, რომელსაც სიმპოზიუმის მონაწილეებმა ერთხმად დაუჭირეს მხარი (იხ. დანართი).

საერთაშორისო სიმპოზიუმი „წყალდიდობები და მასთან ბრძოლის თანამედროვე მეთოდები“, რომელიც მიეძღვნა წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დაარსებიდან 80 წლის იუბილეს, დახურა სიმპოზიუმის ხელმძღვანელმა პროფესორმა გ. გავარდაშვილმა 2009 წლის 26 სექტემბერს.

Discussions were also held around the papers delivered.

According to the Programme, both cultural and professional excursions were organized; photo-material and report are appended.

Before the commencement of the International Symposium, on the initiative of the Organizing Committee, a 538-page Collected Papers and the Symposium Programme were prepared in English and issued, as will as anniversary booklets in Georgian and English, and representatives of the mass media were invited to cover the work of the Symposium.

The International Organizing and Scientific Committee prepared a memorandum to be sent to UNESCO, in which the problems discussed in the papers were reflected, with the ways of their solution indicated, unanimously supported by the participants of the Symposium (see Supplement).

The International Symposium **“Floods and Modern Methods of Control Measures"**, devoted to the 80th anniversary of the founding of the Institute of Water Management was closed by the Chairman of the International Symposium, Director of the Institute, Professor Givi Gavardashvili on 26 September 2009.

სურ. 1. სიმპოზიუმის გახსნა (თბილისი, 24 სექტემბერი 2009 წ.
Photo 2. Opening of a Symposium (Tbilisi, 24 September, 2009)

სურ. 2. სიმპოზიუმის პრეზიდიუმი. მარცხნიდან,პროფესორები: ა. ბორტვიკი (ოქსფორდის უნივერსიტეტი,ინგლისი), ლ. კინგი (ჰესენის უნივერსიტეტი, გერმანია), ც. მირცხულავა, გ. გავარდაშვილი (წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი, საქართველო), ვ. ლოისკანდლი (ბოკუ უნივერსიტეტი, ავსტრია), ნ. დუდაი (ნივე არის სამეცნიერო-კვლევითი სადგური,ისრაელი)

Photo 3. The presidium of the Symposium. From left to right: A. Borthwick (University of Oxford, England), L. King (Justus Liebig University, Giessen, Germany), Ts. Mirtskhoulava, G. Gavardashvili (Georgian Water Management Institute), W. Loiskandl (BOKU-University, Austria), N. Dudai (ARO Newe Ya'ar Research Center, Israel)

სურ. 3. სიმპოზიუმის სხდომა

Photo 3. Meeting of the Symposium

სურ. 4. სიმპოზიუმის მონაწილეები საქართველოს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის შენობის წინ თბილისი, 24 სექტემბერი, 2009 წ.

Photo 4. Conferees at the office block of the Georgian Water Management Institute. Nbilisi, 24 September, 2009.

ინსტიტუტს იუბილე ადრესებით მიულოცეს:

1. **უკრაინა, ქ. კიევი** – უკრაინის ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის ინსტიტუტის დირექტორი ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ***პეტრე კოვალენკო***;
2. **აშშ, მერილენდი** – მერილენდის უნივერსიტეტის ტექნოლოგიებისა და სისტემური მართვის სამეცნიერო ცენტრის დირექტორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ***აიუბ ბილალი***;
3. **ისრაელი, ქ. რამატი** – ვოლკანის ცენტრის ნიადაგის, წყლის და გარემოს დამცავი მეცნიერებების ინსტიტუტის დირექტორი ***ნატივ დუდაი***;
4. **სომხეთი, ქ. ერევანი** – ერევნის არქიტექტურისა და მშენებლობის სახელმწიფო უნივერსიტეტის რექტორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ***ოგანეს ტოკმაჯიანი***;
5. **სომხეთი, ქ. ერევანი** – სომხეთის წყლის პრობლემებისა და ჰიდროტექნიკის ინსტიტუტის დირექტორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ***მარტინ ოვსეპიანი***;
6. **საქართველო, ქ. თბილისი** – საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის პრეზიდენტი, აკადემიკოსი ***თამაზ გამყრელიძე***;
7. **საქართველო, ქ. თბილისი** – ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტის დირექტორი, გეოგრაფიის მეცნიერებათა დოქტორი ***ნანა ბოლაშვილი***;
8. **საქართველო, ქ. თბილისი** – ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტი და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის დეკანი, ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი ***რამაზ ბოჭორიშვილი***;
9. **საქართველო, ქ. თბილისი** – საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის დეკანი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ***ზურაბ გედენიძე***;
10. **საქართველო, ქ. თბილისი** – სატყეო ინსტიტუტის დირექტორი ***ნიკოლოზ ბურდული***;
11. **საქართველო, ქ. თბილისი** – გ. წულუკიძის სახელობის სამთო ინსტიტუტის დირექტორი, ტექნიკის აკადემიური დოქტორი ***ნიკოლოზ ჩიხრაძე***;
12. **საქართველო, ქ. თბილისი** – გ. ჩოგოვაძის სახელმწიფო საქართველოს ენერგეტიკისა და ენერგეტიკული ნაგებობათა ინსტიტუტის დირექტორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ***გურამ ლეკიშვილი***;
13. **საქართველო, ქ. თბილისი** – საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის რექტორი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წევრ-კორესპოდენტი, პროფესორი ***არჩილ ფრანგიშვილი***;
14. **საქართველო, ქ. თბილისი** – საქართველოს სახელმწიფო აგრარული უნივერსიტეტის რექტორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ***გელა ჯავახიშვილი***;
15. **საქართველო, ქ. თბილისი** – საქართველოს „წყალპროექტის“ გენერალური დირექტორი ***გეიდარ ფალავანდიშვილი***;
16. **საქართველო, ქ. თბილისი** – ჟურნალ „მეცნიერება და ტექნოლოგიების“ მთავარი რედაქტორის პირველი მოადგილე, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ***გიგლა გობეჩია***;
17. **საქართველო, ქ. თბილისი** – ფაზისის აკადემიის ვიცე პრეზიდენტი, ეკონომიკის მეცნიერებათა დოქტორი ***ნუგზარ ნადარაია***;
18. **საქართველო, ქ. თბილისი** – საქართველოს საწარმოო ძალებისა და ბუნებრივი რესურსების შემსწავლელი ცენტრის დირექტორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ***ქეთევან ვეზირიშვილი-ნოზაძე***.

ინსტიტუტს იუბილე დეპეშებით მიულოცეს:

1. **უკრაინა, ქ. კიევი** – უკრაინის მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ვიცე პრეზიდენტი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ***ანტონ ნაუმოვეცი***;
2. **რუსეთი, ქ. მოსკოვი** – ლომონოსოვის სახელობის მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტის პროფესორი, ***სერგეი ჩერნომორეცი***;
3. **ყირგიზეთი, ქ. ბიშკეკი** – ყირგიზეთის მეცნიერებათა ნაციონალური აკადემიის პრეზიდენტი, აკადემიკოსი ***შარიპა ჟორობეკოვა***;
4. **რუსეთი, ქ. სანკტ-პეტერბურგი** – რუსეთის სახელმწიფო ჰიდროლოგიური ინსტიტუტის დირექტორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ***იგორ შიკლომანოვი***;
5. **ყირგიზეთი, ქ. ბიშკეკი** – წყლის პრობლემებისა და ჰიდროენერგეტიკის ინსტიტუტის დირექტორი, ყირგიზეთის მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსი ***დიუშენ მამატკანოვი***;
6. **იტალია, ქ. ბოლონია** – ფირმა „მაკაფერის“ გენერალური მენეჯერი ***მარკო ვისარი***;
7. **აშშ, მერილენდი** – მერილენდის უნივერსიტეტის ტექნოლოგიებისა და სისტემური მართვის სამეცნიერო ცენტრის დირექტორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ***აიუბ ბილალი***;
8. **ნიდერლანდები, ქ. დელფტი** – იუნესკოს წყლის რესურსების მართვის ინსტიტუტის პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი ***ლასლო ჰაიდე***.
9. **რუსეთი, ქ. მახაჩკალა** – დაღესტანის პოლიტექნიკური ინსტიტუტის პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი ***ალა მაგომედოვა;***
10. **საფრანგეთი – იუნესკოს** ჰიდროლოგიური პროცესებისა და კლიმატის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ***ზიგფრიდ დემუჩი***;
11. **ჩინეთი, ქ. ვუჰანი** – ცენტრალური ჩინეთის ნორმალის უნივერსიტეტის პროფესორი ***იუჯინ ჟუ***;
12. **რუსეთი, ქ. დუბნა** – ბირთვული კვლევების ინსტიტუტის დირექტორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ***ალექსი სისაკიანი***;
13. **აზერბაიჯანი, ქ. ბაქო** – ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტის კათედრის გამგე, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ***ფარდა იმანოვი***;
14. **უკრაინა, ქ. დნეპროპეტროვსკი** – გეოტექნიკური მექანიკის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერ-თანამშრომელი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი ***ევგენი სემენენკო***.

ოთარ ნათიშვილი – 80

მეგობარ-კოლეგებისა და ახლო გარემოცვისათვის ძნელად დასაჯერებელია, რომ მიმდინარე წელს აღინიშნება საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოს-მდივნის, აკადემიკოსის, ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორის, პროფესორის, წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერის ***ოთარ ნათიშვილის*** ესოდენ მნიშვნელოვანი საიუბილეო თარიღი. ძნელად დასაჯერებელია იმიტომ, რომ იგი დღესაც, როგორც ყოველთვის, გამოირჩევა ახალგაზრდული ენერგიით, მეცნიერული პროდუქტიულობით, კოლეგებთან ფაქიზი და მეგობრული ურთიერთდამოკიდებულებითა და საქმისადმი სიყვარულით. ყველა, ვისაც კი თუნდაც მცირე ხნით, ჰქონია ბატონ ***ოთართან*** საქმიანი ურთიერთობა, არ შეიძლება რომ ისინი სიამოვნებით არ იხსენებდნენ ამ სასიამოვნო დროს.

ბატონი ***ოთარი*** დაიბადა 1929 წ. 11 აგვისტოს, ქ. თბილისში, ქართველი ინტელიგენტის ოჯახში, სადაც მან მშობლებისაგან შეისისხლხორცა ის ჩვევები და ადამიანებთან გასაოცარი თბილი და ჯანსაღი ურთიერთობის დამყარების უნარი, რომელიც მას ახასიათებს ბუნებრივად, ყოველგვარი ძალდატანების და მოჩვენებითობის გარეშე.

სწავლა დაიწყო თბილისის ყოფილ 25-ე, მოგვიანებით მე-7 ვაჟთა საშუალო სკოლაში, რომლის დამთავრების შემდეგ შევიდა საქართველოს პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში, სამშენებლო ფაკულტეტზე. ინსტიტუტის დამთავრებისთანავე ჩაირიცხა ასპირანტურაში ჰიდროტექნიკის სპეციალობით და იმთავითვე აქტიურად ჩაერთო პედაგოგიურ მოღვაწეობაში. მისი სტუდენტი-მსმენელები დღესაც სიამოვნებით იხსენებენ მის მიერ ჩატარებულ მეცადინეობებს, რომლებიც გამოირჩეოდა საგნისადმი უსაზღვრო სიყვარულით და მაღალი პროფესიონალიზმით. ბატონი ***ოთარის*** დამსახურებაა ისიც, რომ მის მიერ აღზრდილი და სტუდენტობის წლებში ნაკურთხი სპეციალისტები ამჟამადაც ნაყოფიერად მოღვაწეობენ წყალთა მეურნეობის, ჰიდროტექნიკის, მელიორაციის და მონათესავე დარგების პროფილით საპროექტო, სამშენებლო, სამეცნიერო-კვლევით თუ სახელმწიფო ორგანიზაციებში, როგორც ჩვენს ქვეყანაში, ისე მის ფარგლებს გარეთ.

ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოპოვების შემდეგ 1956 წელს პროფ. მ. გაგოშიძის მიწვევით 1960 წლიდან იგი იწყებს მოღვაწეობას საქართველოს ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში სამთო მელიორაციის განყოფილებაში. ამ ინსტიტუტში მუშაობის პერიოდში, მისი უშუალო მონაწილეობით, ჰიდროტექნიკურ ლაბორატორიაში დამონტაჟდა მსოფლიოში ერთადერთი და უნიკალური ექსპერიმენტული დანადგარი, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელი გახდა განხორციელებულიყო ბუნების ერთ-ერთი ურთულესი მოვლენის – ღვარცოფების ნაკადების – მოდელირება და მათ წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებების შემუშავება. აქ, ბატონი ***ოთარის*** ხელმძღვანელობით აღიზარდა კადრები, რომლებმაც მოგვიანებით თავისი ღირსეული წვლილი შეიტანეს ღვარცოფმცოდნეობაში საერთოდ და კერძოდ ღვარცოფების წინააღმდეგ ბრძოლის საქმეში.

კვლევით ინსტიტუტში მოღვაწეობის პერიოდში იგი ამზადებს სადოქტორო დისერტაციას და ბრწყინვალედ იცავს მას 1969 წ. მოსკოვში დარგის ერთ-ერთ წამყვან სამეცნიერო-კვლევით ორგანიზაციაში – „ვოდგეოში“.

როგორც ადრე, ისე შემდგომაც, ბატონ ***ოთარის*** ცხოვრებისეული კარიერა სულ აღმავალი გზით მიდის, რაც მისი ბუნების მქონე ადამიანისათვის სავსებით კანონზომიერია.

ბატონ ***ოთარს***, მის საზოგადოებრივ ასპარეზზე ხანგრძლივი და შინაარსიანი მოღვაწეობის განმავლობაში, მოუწია პედაგოგობა უმაღლეს სასწავლებელში ფართო მასშტაბის სამეცნიერო-კვლევითი და სამეცნიერო-ორგანიზაციული სამუშაოების წარმართვა.

შემდგომ პერიოდში, 1970-1988 წწ., იგი ღირსეულად ასრულებდა საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტში ჰიდრომელიორაციის ფაკულტეტის კათედრის გამგის, დეკანის, ინსტიტუტის პრორექტორისა და რექტორის მოვალეობებს. ამავე დროს იგი არჩეულ იქნა საქართველოს მეცნიერებათა

ეროვნული აკადემიის ჯერ წევრ-კორესპონდენტად (1988 წ.), შემდგომ ნამდვილ წევრად (1993 წ.), მოგვიანებით იგი არჩეულ იქნა აკადემიის სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა პრობლემების განყოფილების აკადემიკოს-მდივნად, ხოლო 1994 წლიდან არის საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოს მდივანი, რომლის მოვალეობასაც იგი დღესაც ასრულებს.

რაც შეეხება ბატონ ***ოთარის*** პედაგოგიურ და სამეცნიერო მოღვაწეობას, იგი 12 ასპირანტის ხელმძღვანელი იყო, რომლებმაც წარმატებით დაიცვეს დისერტაციები და აგრძელებენ მუშაობას არჩეული მიმართულებით. ბატონი ***ოთარი*** 160-ზე მეტი მეცნიერული შრომის ავტორია, რომლებიც გამოქვეყნებულია როგორც ადგილობრივ, ისე საზღვარგარეთის სამეცნიერო ჟურნალებში; ავტორია 6 მონოგრაფიის და 5 სახელმძღვანელოსი ჰიდრავლიკაში – უმაღლესი სასწავლებელის სტუდენტებისათვის.

მისი კვლევის საგანია მდინარეთა კალაპოტური პროცესების შესწავლა და მათი ნეგატიური ხასიათის მოვლენების წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებების შემუშავება, აგრეთვე აგროეკოსისტემების მდგრადობის დარღვევის შემთხვევაში წონასწორობის აღდგენის პრობლემები. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მისი წვლილი პრაქტიკისათვის ისეთი აქტუალური საკითხის შესწავლაში, როგორიცაა წყლის ნაკადის მიერ მყარი ნატანის გადატანის პრობლემა. იგი მოიცავს ბუნების ერთ-ერთი ურთულესი მოვლენის – მთის წყალსადინარებში მაღალი კონცენტრაციის ნაკადების მოძრაობის კანონზომიერების შესწავლას, არხებსა და სხვადასხვა სახის წყალგამტარ ნაგებობებზე ნატანდატვირთული ნაკადების ზემოქმედებას, რაციონალური ტიპის ჰიდროტექნიკური ნაგებობების კონსტრუქციების დამუშავებას მდინარეების ცალკეული უბნებისათვის.

ბატონმა ***ოთარმა*** ფასდაუდებელი წვლილი შეიტანა ბუნების ერთ-ერთი ურთულესი და ნაკლებად შესწავლილი მოვლენის – ღვარცოფების შესწავლისა და მისი მექანიკის საფუძვლების ჩამოყალიბებაში, რისი წყალობითაც შესაძლებელი გახდა მთელი რიგი საპროექტო ღონისძიებების რეალიზაცია ამ მოვლენის სპეციფიკის გათვალისწინებით.

რამდენიმე სიტყვა ბატონ ***ოთარის*** პირად თვისებებზე: მას გააჩნია ერთი უნიკალური უნარი – იგი მის გარემოცვას უმალ ატყვევებს თავისი ინტელიგენტობით, ზრდილობით, სიტყვაგაუტეხლობით, დაკისრებული მოვალეობის დროულად და ხარისხიანად შესრულებით.

საქართველოს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის ძველი და ახალი თაობის წარმომადგენლები გულწრფელი სიყვარულითა და ღრმა პატივისცემის გრძნობით ულოცავენ ბატონ ***ოთარს*** ამ ღირსშესანიშნავ თარიღს და უსურვებენ კიდევ დიდხანს აქტიურ და ნაყოფიერ მოღვაწეობას საქართველოს მეცნიერების შემდგომი აღორძინების გზაზე.

საქართველოს წყალთა მეურნეობის
ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭო

ნინო ვარაზაშვილი – 85

საქართველოს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის ზღვის და მთის წყალსაცავების ნაპირების ეროზიის სექტორის ყოფილმა ხელმძღვანელმა, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორმა, პროფესორმა ***ნინო ვარაზაშვილმა*** მთელი თავისი საქმიანობა მთლიანად წყალსაცავებისა და ზღვის ნაპირების ეროზიის თავიდან აცილების საკითხებს მიუძღვნა. დღეს მისი ღრმა განათლება და უშრეტი ენერგია 140-ზე მეტი მეცნიერული ნაშრომის შექმნას, ორი შვილის, ოთხი შვილიშვილის აღზრდას და ოჯახურ საქმიანობას ხმარდება.

ქალბატონმა ***ნინომ*** შრომითი საქმიანობა ადრიდანვე დაიწყო, მის დიდ ცნობისმოყვარეობას და ნიჭს ასაზრდოებდა ოჯახური გარემო, მამა – *გიორგი ვარაზაშვილი* – თავისი საქმის კარგი მცოდნე, სპეციალობით სამთო ინჟინერი იყო, რომელსაც უმაღლესი განათლება ბერლინში ჰქონდა მიღებული. მან ჯერ ჭიათურის მანგანუმის მაღაროებს დასდო ამაგი, შემდეგ ქალაქ სოხუმში მოღვაწეობდა და, როგორც მთავარი ინჟინერი, ბევრი კარგი ჩანაფიქრი განახორციელა – მოაწყო და გაალამაზა ზღვის სანაპირო. იგი საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის დაარსების ერთ-ერთი მესვეური იყო და სიცოცხლის ბოლო დღემდე ამ ინსტიტუტსა და საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტში დოცენტის თანამდებობაზე მუშაობდა. ქალაქ თბილისში ნატახტარიდან სასმელი წყლის შემოყვანა მისი ხელმძღვანელობით განხორციელდა. მამის სპეციალობის სიყვარულით ***ნინო ვარაზაშვილმა*** თბილისის პოლიტექნიკური ინსტიტუტი ჰიდროტექნიკოსის სპეციალობით დაამთავრა. შემდგომ ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტის ასპირანტურის დამთავრების შემდეგ, 1953 წელს დაიცვა საკანდიდატო, ხოლო 1972 წელს სადოქტორო დისერტაცია. მისი ოპონენტები იყვნენ სპეციალისტები მოსკოვიდან და ოდესიდან, რომლებმაც აღნიშნეს, რომ ***ნინო ვარაზაშვილის*** სადოქტორო შრომა ფართო ხასიათის, ბევრისმომცველია და იმსახურებს მაღალ შეფასებას.

ჰიდროტექნიკის დარგში საქართველოში ქალბატონი ***ნინო*** პირველი ქართველი დოქტორი ქალია. სამეცნიერო საკითხების სპექტრი, რაზეც იგი მუშაობდა, ძალზე ფართოა, მაგრამ მათგან მნიშვნელობით გამოირჩევა წყალსატევებისა და ზღვის ნაპირების გამაგრება, მთის წყალსატევების საერთო გავლენა ბუნებაზე, მათი დაცვა. თუ რა დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს ამ პრობლემების დამუშავებას, ამას ისიც ადასტურებს, რომ ქალაქ ფოთის ნაპირგამაგრების სამუშაოები სწორედ ქალბატონ ***ნინოს*** მიერ შემუშავებული რეკომენდაციებით განხორციელდა. მის მიერ შესრულებული მეცნიერული სამუშაოების განსაკუთრებულ ღირსებად უნდა ჩაითვალოს ის, რომ ისინი სამი მაპროფილებელი დარგის: საინჟინრო გეოლოგიის, ჰიდროტექნიკის და ჰიდრავლიკის ურთიერთშერწყმის დონეზეა გადაჭრილი, რაც მეტყველებს მის მაღალკვალიფიციურობასა და ერუდიციაზე.

მნიშვნელოვანი წარმატებები აქვს მას მეცნიერული კადრების მომზადების დარგშიც. მისი ხელმძღვანელობით დამუშავებულია არაერთი საკანდიდატო დისერტაცია როგორც საქართველოში, ისე მის ფარგლებს გარეთაც.

ქალბატონი ***ნინო*** აღიარებული მეცნიერია. იგი არჩეული იყო მრავალი სამეცნიერო-ტექნიკური და საპრობლემო საბჭოს წევრად. მათ შორისაა: სსრკ მეცნიერებისა და ტექნიკის სახელმწიფო კომიტეტის სამეცნიერო საბჭოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა ამიერკავკასიის რეგიონალური განყოფილების სამეცნიერო საბჭოსა და სამეცნიერო ხარისხების მიმნიჭებელი საბჭოს წევრად; იყო პრობლემის „ადამიანი და ბიოსფერო“ იუნესკოს ხაზით ერთ-ერთი თემის ხელმძღვანელი, ყოფილი საბჭოთა კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის ორი პრესტიჟული კომისიის წევრად.

ნაყოფიერ შემოქმედებით მუშაობას ეწეოდა მეცნიერებისა და ტექნიკის სახელმწიფო კომიტეტშიც – როგორც წყლის რესურსების დაცვისა და კომპლექსური გამოყენების სამეცნიერო სექციის წევრი. ***ნინო ვარაზაშვილი*** საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ჰიდრავლიკის კათედრის პროფესორის რანგში – თავის მდიდარ ცოდნას და პრაქტიკულ გამოცდილებას მრავალი წლის მანძილზე უშურველად უნაწილებდა მომავალ სპეციალისტებს.

პროფესორი ***ნინო ვარაზაშვილი***, როგორც ყოველთვის, უდიდეს დაინტერესებას იჩენს იმ პრობლემების მიმართ, რომლის გადაჭრას ცდილობდა მთელი ცხოვრების მანძილზე. დღეები ერთმანეთს მისდევს, ჩნდება ახალი საფიქრალ-საზრუნავი, მისწრაფებები, ცხოვრების მიზანი, სიცოცხლე გრძელდება.

საქართველოს წყალთა მეურნეობის
ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭო

УДК 556.531.4

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОД АПШЕРОНСКОГО АРХИПЕЛАГА

Абакаров А.М., Мехтиева Г.Ю.

Институт космических исследований природных ресурсов,
Институт Экологии НАКА,
г. Баку, Азербайджан

ВВЕДЕНИЕ

Исследуемая акватория расположена в западной части Среднего Каспия севернее и северо-восточнее Апшеронского полуострова. Химический состав ее вод практически не отличается от остальных районов моря, если не считать значительных объёмов инородных примесей. Их источниками служат многочисленные предприятия нефтехимической, нефтедобывающей промышленности и других производств, сосредоточенных в регионе.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Величины солености акватории изменяются в широком интервале, в среднем оставаясь обычными для этой части Каспийского моря. Причем, крайние значения показателей относятся к прибрежной зоне архипелага, куда по городским и заводским коллекторам сбрасываются промышленные и коммунальные отходы (табл.1). Отсюда те различия в солености отдельных проб воды, которые были встречены на взморьях Сумгаита, Бильгя, островов Пираллахи, Чилов и Нефтдашлары – основных пунктов сливов на акваторию загрязнённых вод.

Содержание растворенного кислорода здесь также подвержено большим колебаниям, по тем же причинам в среднем оставаясь близким к характерным для района значениям. Нередко его максимальные количества на акватории сочетаются с обилием нефтяных углеводородов, выделениями газов, фенолов, создавая иллюзию чистоты морских участков. Однако, объяснение наблюдаемого отклонения требует самостоятельного исследования. Этими же условиями объясняются аномально высокие значения насыщенности воды кислородом, встречающихся вблизи нефтепромысловых площадей (табл. 1.)

Биохимическая потребность ($БПК_5$) в кислороде, характерная для архипелага, изменяется в пределах, свидетельствующих, с одной стороны – о наличии сильного загрязнения, а с другой – о сохранившихся в естественном состоянии чистых районах моря. При этом, на изменении показателей отражались залповые сбросы и разливы нефтепродуктов во время аварийных ситуаций на нефтеперегонных заводах, при добыче и транспортировке нефти и газа.

Таблица 1

Гидрохимические показатели Апшеронского архипелага

Компоненты	Максимум	Минимум	Среднее
S‰	13,39	10,43	12,33
O_2 мг/л	15,78	3,55	9.0
O_2 %	154	42	102.2
PH	8,88	7,40	8,40
Ен мв	195	10	108
Alk мг • экв/л	4,315	2,168	3,261
$БПК_5$ мг/л	8,49	0,04	2,03
Окисляем. мгО/л	10,64	0,12	3,98
Р. мин	106	0	19
НУ мг/л	2.1	0.0	0.10
Фенолы	1.2	0.0	0.006
СПАВ мг/л	1.0	0.0	0.04
NH_4 мкг/л	193.0	0.0	58.2
NH_2 мкг/л	17.0	0.0	1.9
NO_3 мкг/л	37.0	7.1	12.3
$Р_{мин}$	420.0	0.0	12.0

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОД АПШЕРОНСКОГО АРХИПЕЛАГА

Концентрация водородных ионов (pH) – один из наиболее существенных гидрохимических показателей морской среды, чутко реагирующей на происходящие в ней изменения. Находясь в широком диапазоне значений, величина pH достигала максимума в период наблюдений вблизи островов Чилов, Нефтдашлары, а минимальные значения были встречены в береговой полосе Сумгаита. Окислительно-восстановительный потенциал ($Eh_{мв}$) характеризует различное состояние геохимической среды акватории Апшеронского архипелага, испытывающего интенсивное воздействие антропогенных факторов. Его величина здесь колеблется в большом интервале, отличаясь приуроченностью максимальных значений к районам чистого моря, а минимальных – к участкам добычи нефти и газа, а также прибрежной полосы Сумгаита, которые отличаются сильным загрязнением. Различия по окислительно-восстановительному потенциалу (Eh) связаны с разной геохимической обстановкой отдельных участков акватории: окислительной в открытом море с активным гидродинамическим режимом и восстановительной – в застойных местах ограниченным водообменом в естественных и искусственных бухтах и гаванях минимумы величин, как правило, приурочены к нефтепромысловым объектам, т.е. к наиболее загрязненным участкам моря. Таким образом, этот показатель скорее характеризует количество легко окисляемых продуктов коммунального, растительного и животного происхождения, чем нефтяного или иного химического загрязнения.

Щелочность вод акватории (Alk, мг.экв) как и в других частях моря несколько повышена из-за значительной насыщенности солями угольной кислоты, в основном, гидрокарбоната кальция (табл. 1), причем крайнее значение показателя приурочено к Сумгаитскому взморью, где оно испытывает наиболее резкие колебания, связанные со стоком городских канализаций. Биогены относятся к числу важнейших гидрохимических показателей Апшеронского архипелага, чутко реагирующих на малейшее изменение морской среды. Их появление обычно связано со стоками прибрежных канализаций, распадом животных организмов, а исчезновение – с жизнедеятельностью флоры и фауны, частично с природоохранными мероприятиями. Кремний является одним из характерных биогенных компонентов Каспийского моря, его количество, варьируя в широких пределах растет на акватории вблизи населенных и промышленных пунктов – Сумгаит, Бильгя, острова Пираллахи, Чилов, Нефтдашлары. Содержащиеся здесь фосфаты представлены ионами ортофосфорной кислоты, образующимися за счет растительной и животной органики, поставляемой прибрежными канализациями. Пределы колебаний показателей общего и минерального фосфора находятся в зависимости от близости к населенным пунктам района, вызывающим увеличение либо уменьшение концентрации компонента в морской воде при выпадении в осадок вместе с другими химическими соединениями. Одним из характерных химических компонентов здесь являются нитриты – неустойчивые соединения азота, которые свидетельствуют о свежести загрязнения. Их величины изменяются в широких пределах, а крайние значения оконтуривают прибрежную часть Сумгаита, достигая максимума у выхода городского коллектора хозфикальных вод (табл. 1). Несколько меньше нитритов наблюдалось в районе Нефтдашлары, а минимальное количество встречено в зоне Бильгя, относительно чистого участка моря, куда загрязняющие вещества попадают лишь транзитом.

Фенолы являются одним из распространенных загрязнителей Апшеронского архипелага, а их крайние значения приурочены к промышленным стокам Сумгаита и площади отрытого моря. При этом изменения содержания компонента обусловлены стихийным сбросом неочищенных вод химических предприятий на акваторию. Наряду с фенолами в районе присутствуют другие вредные примеси, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), являющиеся результатом применения различных моющих средств для коммунальных и промышленных нужд.

Нефтяные углеводороды относятся к наиболее характерным загрязнителям не только акватории Апшеронского архипелага, но и всего Каспийского моря в целом. Причем максимальные значения этих компонентов соответствуют нефтепромысловым площадям,

таким как острова Нефтдашлары, Пираллахи и т.д., тяготея также к прибрежным населённым пунктам. В то же время нефтяные углеводороды своим присутствием в море оказывают существенное воздействие на изменения химических показателей района, сильно изменяя их. Исходя из класса качества (IV) и величины индекса загрязнения вод (ИЗВ) – 2.1 акватория Апшеронского архипелага отнесена к категории загрязненных вод.

Содержание вредных примесей в особенности нефтяных углеводородов не имеет четкой зависимости от глубины в прибрежной полосе акватории, где горизонты загрязнены более или менее равномерно. Но в мористой краевой части архипелага разность между загрязнением поверхностных и придонных слоев воды гораздо заметнее.

ВЫВОДЫ

Завершая характеристику гидрохимических показателей вод архипелага, следует подчеркнуть их связь с гидрометеорологическими, геологолитологическими, гидробиологическими и антропогенными условиями. При этом время от времени какой-либо из перечисленных факторов преобладает над остальными, определяя особенности тех изменений химического состава морских вод, которые наблюдаются в пределах Апшеронского архипелага.

Литература

1. **Мехтиев А.Ш., Гюль А.К.** Техногенное загрязнение Каспийского моря. Баку, 2006. стр. 56-87.
2. Ежегодники качества вод Каспийского моря. Азкомгидромет. Баку, 1978-200 6гг. стр. 102-109
3. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. М.: Госкомгидромет СССР, 1988. стр. 49-67.

УДК 631.6:626.86

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ

Айвазов А.М., Закиева Р.А.

Азербайджанский Научно-исследовательский Институт Гидротехники и Мелиорации, г. Баку, Азербайджан

ВВЕДЕНИЕ

Система коллекторно-дренажной сети состоит из первичных закрытых (или открытых) дрен, открытых или закрытых коллекторов с гидротехническими сооружениями и гидрометрическими устройствами на них, которые предназначены для отвода избыточных почвенных и минерализованных грунтовых вод за пределы осушаемой и орошаемой территории, с целью создания и поддержания оптимальных условий для регулирования водно-солевого, температурного, питательного и воздушного режимов почвогрунтов.

Коллекторно-дренажная сеть эксплуатируется по проекту эксплуатации горизонтального дренажа, разработанного в составе технического (техно-рабочего) проекта мелиорации земель, в котором учитываются природно-хозяйственные особенности данного массива.

Положительный опыт эксплуатации дренажа орошаемых земель показывает, что при правильно запроектированной системе, с достаточно точным определением водно-физических и физико-химических свойств почвогрунтов и гидрогеологических условий, коэффициента фильтрации почвогрунтов и расчетной схемы дренажа, эффективность работы мелиоративной системы достаточно высока и их показатели характеризуются следующими величинами: модуль дренажного стока – среднегодовой 0,1-0,2 л/сек.га, средний за вегетационный период – 0,2-0,4 л/сек.га, в период промывки – 0,3-0,7 л/сек.га; дренажный сток от водоподачи 30-60 %; скорость спада уровня грунтовых вод до глубины 1,5-2,0 м от поверхности земли 3-7 см/сут [1, 3, 4]. На оптимально дренированных землях сельскохозяйственные культуры имеют высокую урожайность.

Каждый из этих показателей коллекторно-дренажной сети непосредственно зависит от технического состояния оросительно-дренажной системы, сельскохозяйственного освоения мелиорируемой территории, в общем от культуры земледелия.

Надежность (вероятность безотказной работы) гидромелиоративных систем, в том числе коллекторно-дренажной сети обеспечивается при проектировании, строительстве и эксплуатации. В процессе эксплуатации выявляются ошибки и недостатки, допущенные при проектировании и строительстве дренажных систем.

Расчет надежности дренажной системы сводится к установлению одной или нескольких характеристик, с вычислением значений определяющих критериев и показателей.

Снижение пропускной способности и повышение уровня воды на открытых дренах, собирателях и коллекторах вызывает рост растительности, которые растут по дну каналов. Это, в основном, тростник, рогоз, осока, мята водяная, куриное просо, клубнекамыш и различного вида водоросли. Подъем уровня воды в собирателях и в коллекторах приводит к затоплению устьев закрытых первичных дрен, что снижает их дренирующую глубину и, тем самым, осушительное действие.

Закрытые дренажные системы могут выйти из строя вследствие разрушения трубопроводов, из-за повреждения стыков, осадки отдельных, плохо уложенных труб, занесения, заиления, закупорки и зарастании труб, закупорки (усталости) фильтров и т.д. К наиболее часто встречающимся дефектам относятся искажение геометрических размеров и форм, дефекты поверхности, трещины, изломы, дефекты стыков и т.д.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Оросительная сеть совхоза протяженностью 175559 п.м запроектирована и построена из железобетонных лотков на железобетонных опорах, дрены протяженностью 212748 п.м являются закрытыми, произведена планировка и осуществлена промывка засоленных земель на площади 3979 га.

В 1965-1968 годы на территории совхоза №8, орошаемая площадь (брутто) которого составляет 6535 га, по проекту было построено 297 закрытых дрен с расстоянием между ними 200 м, глубиной в среднем 3 м.

Строительство закрытого дренажа производилось полумеханизированным способом, дрены построены из гончарных труб длиной 33 см и внутренним диаметром 200 мм, уложенных впритык, с песчано-гравийной подготовкой и обсыпкой.

Закрытые дрены имеют длину, в основном, менее 1 км, максимальная длина доходит до 1490 м. Уклоны закрытых дрен составляют 0,002 и более. В отдельных случаях по рельефным условиям были допущены уклоны в дренах равные 0,001.

Коллекторно-дренажная и оросительная системы с первого года их строительства были использованы в сельхозосвоении земель. В 1969 году 65% дренированной территории хозяйства были заняты сельхозкультурами. Из них 42,5% площади были заняты под хлопчатник (2224 га), 9,7% – озимые зерновые (511 га), 3,6% – кукурузу и суданку на силос (187 га), 4,6% – рис (240 га), 4,6% – люцерну и т.д.

В качестве показателя надежности коллекторно-дренажной сети принят модуль дренажного стока. Модуль дренажного стока за расчетный период определяется в зависимости от нагрузки на дренаж. В аридных зонах, в том числе на опытном хозяйстве с наличием минерализованных грунтовых вод и засоленных почвогрунтов, его расчетные значения составляют 0,1-0,2 л/сек.га [1, 3, 4].

Коэффициент фильтрации почвогрунтов хозяйства, в основном, составляет 0,3-0,5 м/сут. График зависимости удельного расхода дрены от действующего напора грунтовых вод приведен на рис. 1.

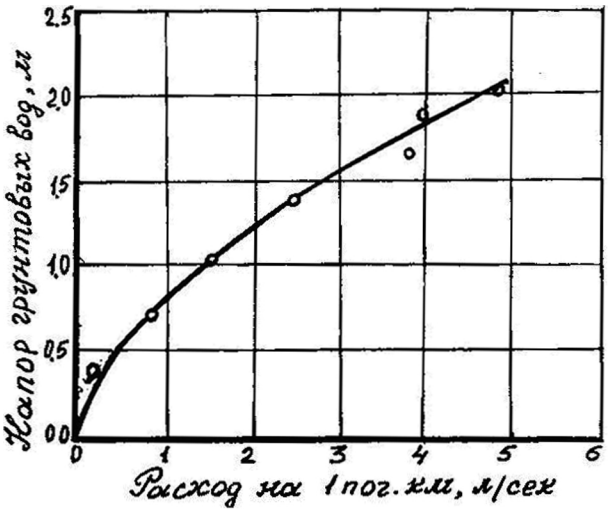


Рис. 1. График зависимости расхода учетной дрены С8Д-188 от напора грунтовых вод (В=200м)

В таблице 1 приведены опытные значения модуля дренажного стока при освоении земель смежных междрений с проведением вегетационных поливов на территории хозяйства.

Из таблицы 1 видно, что в 67 закрытых дренах значения модуля дренажного стока изменяются от 0,01 до 0,41 л/сек.га. Основные интервалы его изменения составляют 0,05-0,20 л/сек.га (66 % случаев).

Графическая зависимость между интервалами модуля дренажного стока и частотой (гистограмма) показывает характер изменения рассматриваемых величин модуля дренажного стока (рис. 2).

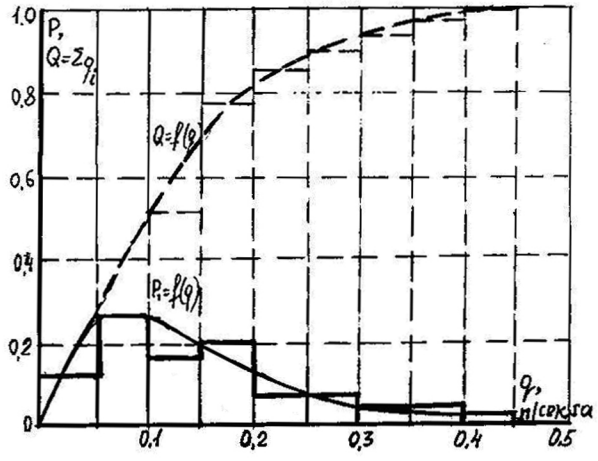


Рис. 2. Гистограммы и кривые функции *P=f(q)* и *Q=f(q)* модуля дренажного стока

Таблица 1

Показатели математико-статистического анализа модуля дренажного стока

№№	Интервалы модуля дренажного стока q, л/сек.га	Количество случаев n	Вероятность случаев $P_i=\frac{n_i}{N}$	Среднее значение интервалов $\frac{q_{i-1}+q_i}{2}$	Математическое ожидание $\frac{q_{i-1}+q_i}{2}\cdot P_i$	$\frac{q_{i-1}+q_i}{2}-q_{cp}$	$\left(\frac{q_{i-1}+q_i}{2}-q_{cp}\right)^2$	$\left(\frac{q_{i-1}+q_i}{2}-q_{cp}\right)^2\cdot P_i$
1	0,44-0,40	1	0,02	0,42	0,008	0,275	0,076	0,00152
2	0,39-0,35	3	0,04	0,37	0,015	0,225	0,051	0,00204
3	0,34-0,30	3	0,04	0,32	0,013	0,175	0,031	0,00124
4	0,29-0,25	4	0,06	0,27	0,016	0,125	0,016	0,00096
5	0,24-0,20	4	0,06	0,22	0,013	0,075	0,006	0,00036
6	0,19-0,15	14	0,21	0.17	0,036	0,025	0,001	0,00021
7	0,14-0,10	11	0,17	0,12	0,028	-0,025	0,001	0,00017
8	0,09-0,05	19	0,28	0,07	0,020	-0,075	0,006	0,00168
9	0,049-0,01	8	0,12	0,03	0,004	-0,115	0,013	0,00156
		N=67	1,00		0,153			τ^2=0,00974

Принятые для расчета наблюдаемые значения модуля дренажного стока относятся к закрытым дренам, смежные междренья которых заняты сельхозкультурой, дрены имеют нормальное техническое состояние и работают без всякого дефекта.

Определена вероятность величины модуля дренажного стока, его математическое ожидание (сумма произведений всех возможных значений q на вероятности этих значений P_i), дисперсия (D) (рассеивание величины около его математического ожидания $M(x)$) и среднее квадратическое отклонение.

Из табл. 1 видно, что математическое ожидание модуля дренажного стока

$$M(q)=\sum_{i=1}^{n}P_i q_i = 0{,}153 \text{ л/сек.га.} \qquad (1)$$

Среднее арифметическое значение дренажного модуля:

$$q_{cp}=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}q_i=\frac{9{,}72}{67}=0{,}145 \text{ л/сек.га.} \qquad (2)$$

Расхождение между этими показателями составляет всего лишь 0,008 л/сек.га или 5,5%.

Дисперсия модуля дренажного стока

$$D=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}n_i(q_i-q_{cp})^2=0{,}00974 . \qquad (3)$$

Величина D_q показывает, что отклонения q от M_q составляет 0,00974.

Среднее квадратическое отклонение:

$$\delta=\sqrt{D}=\sqrt{0{,}00974}=0{,}098 \text{ л/сек.га.} \qquad (4)$$

Коэффициент вариации:

$$\gamma=\frac{\delta}{q_{cp}}=\frac{0{,}098}{0{,}445}=0{,}67 . \qquad (5)$$

Таким образом, при размахе варьирования модуля дренажного стока в статистическом ряду от 0,01 до 0,44 л/сек.га среднее квадратическое отклонения равно 0,098 л/сек.га.

По графику $Q=f(H)$ дрены С8Д-188 (рис. 1) среднеарифметическому значению модуля стока 2,9 л/сек на 1п.км соответствует напору грунтовых вод $H = 1{,}52$ м, т.е. допустимой глубине уровня грунтовых вод в междреньях в вегетационный период.

По данным наблюдения установлено, что скорость спада уровня грунтовых вод до глубины 1,5 м составляет 3-5 см/сут. Такая интенсивность спада позволяет снизить уровень грунтовых вод между поливами от 0,5 м до 1,5 м от поверхности земли в течение 25-33 суток.

При среднем модуле дренажного стока равного 0,145 л/сек.га, дренажный сток с 1 га дренированных земель составит $0{,}145 \times 86{,}4 = 12{,}53$ м^3/га в сутки, а за вегетационный период с 1 апреля по 31 августа – 12,53×153=1917 м^3/га.

При поливной норме 800-1000 м^3/га и количестве 6 поливов, общая водоподача будет равна 5400 м^3/га. Тогда дренажный сток от водоподачи составляет (1917 : 5400)×100=35,5%. Эта величина подтверждает, что дренаж обеспечивает нормальный отвод грунтовых вод мелиорируемых земель и процесс рассоления активного слоя почвы будет обеспечен.

Показатели надежности мелиоративной системы с указанием данных наблюдений 76% первичных закрытых дрен (226 дрен), работающих безотказно (67 дрен), с частичным (142 дрен) и полным отказом (1 дрена) приведены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика мелиоративной системы по модулю дренажного стока

№№ п/п	Характеристика дрен	Кол-во дрен, шт.	Вероятность событий, P_i	Расчетный модуль дренажного стока, л/сек.га	Математ. ожидаем. модуль стока $P_i \cdot q_i$ л/сек.га	Дисперсия	Площадь дренирования, га
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Дрены с нормальным техническим состоянием – работают безотказно	67	0,30	0,145	0,0435	0,000219	958
2	Дрены работают в подпоре – устья затоплены, расход дрен снижен в среднем на 40 % (частичный отказ)	57	0,25	0,09	0,0225	0,000196	815
3	Дрены, устьевые сооружения размыты, расход дрен снижен в среднем на 25% (частичный отказ)	24	0,10	0,11	0,0110	0,000006	343
4	Дрены, на которые смотровые колодцы имеют разного вида дефекты, расход дрен снижен в среднем на 20 % (частичный отказ)	61	0,27	0,12	0,0324	0,000001	872
5	Дрены без стока, грунтовые воды ниже глубины заложения дрен	16	0,07	0,0	0,0	0,0	229
6	Дрена с поврежденной трубчатой линией – нет стока (полный отказ)	1	0,01	0,0	0,0	0,0	14
	Итого	226	1,0	-	0,109	0,000422	3231

Интенсивность частичных отказов (отношение числа отказавшихся систем в единицу времени, к среднему числу систем, продолжающих исправно работать) определяется по формуле:

$$\lambda(t)=\frac{\Delta n(t)}{N(t)\Delta t}=\frac{142}{67}=2{,}12\,. \qquad (6)$$

Таким же образом, интенсивность полного отказа:

$$\lambda(t)=\frac{1}{67}=0{,}015\,. \qquad (7)$$

Известно, что при затоплении дренажных устьев в них создается подпор, и в связи с этим, скорость воды в дренах в 2-3 раза становится меньше и, соответственно, дренажный расход уменьшается.

Отсутствие в дренах устьевых сооружений и их разрыв заметно снижает дренажный сток.

Строительные дефекты, допускаемые при установке смотровых колодцев и пропуск оросительных вод в колодцы, приводит в заилению дренажной линии и снижает осушительное действие дренажа.

Для безотказно работающих дрен расчетный модуль стока в среднем составляет q = 0,145 л/сек.га, для дрен, работающих в подпоре – q = 0,09 л/сек.га, для дрен с дефектами в устьевых сооружениях – q = 0,11 л/сек.га и для дрен, смотровые колодцы которых имеют разного вида дефекты – q = 0,12 л/сек.га.

По данным таблицы 2 среднее арифметическое значение модуля дренажного стока системы составляет $q_{ср}$ = 0,118 л/сек.га.

Математическое ожидание модуля стока $M(q)$ = 0,109 л/сек.га, дисперсия τ^2=0,000422; среднеквадратическое отклонение

$$\tau=\sqrt{0{,}000422}=0{,}0205 \text{ л/сек.га;}$$

коэффициент вариации модуля дренажного стока системы: $\gamma=\frac{\tau}{q_{ср}}=\frac{0{,}0205}{0{,}118}=0{,}17$.

Зарастание русел мелиоративных каналов изменяет водный режим, уменьшает площадь живого сечения, повышает коэффициент шероховатости и изменяет гидравлический радиус.

Влияние зарастаемости открытых собирателей и коллекторов на подъеме горизонта воды установлено по данным наблюдений при расходе 0,5 м^3/сек и 1,0 м^3/сек. Уровень воды в заросшем русле соответственно на 35 см и 48 см больше, чем на незаросшем русле.

Изучение причин, вызывающих разрушения открытых дрен, собирателей и коллекторов показывает, что оползание грунтов с откосов, как и другие виды деформаций, изменяют первоначальную форму и размеры их. Сползший грунт отлагается на дне канала и уменьшает его глубину и ширину по дну, в результате чего меняется поперечное сечение и нарушается нормальная работа. Кроме того, накопление сползшего грунта изменяет уклон дна канала, это, в свою очередь, создает условия для осаждения наносов и заиления.

Зарастание и деформация откосов открытых собирателей и коллекторов отрицательно влияет на водоотводящую способность, что замедляет процесс дренирования почвогрунтов и в целом эффект мелиорации земель. Из мелиоративной практики известно, что при недостаточном уровне эксплуатации коллекторно-дренажной сети водопропускная способность собирателей и коллекторов меньше соответственно на 20% и 30%, т.е. вероятность их нормальной работы можно принять равной P = 0,8 и P = 0,7.

При последовательном соединении элементов надежность коллекторно-дренажной системы (вероятность безотказной работы) устанавливают по зависимости [5, 6]:

$$P_{к.д.с.}(t)=P_{з.д.}(t)\cdot P_{соб.}(t)\cdot P_{колл.}(t)= \\ =0{,}92\cdot 0{,}8\cdot 0{,}7=0{,}52 \qquad (8)$$

Таким образом, надежность коллекторно-дренажной сети после 5 лет эксплуатации характеризуется вероятностью безотказной работы P = 0,52.

Постановлением Кабинета Министров Азербайджанской Республики от 15.03.2000 года коллекторно-дренажные системы переданы местному управлению эксплуатации по акту инвентаризации от 07.08.2000 года.

Техническое состояние коллекторно-дренажных систем и сооружений на них в настоящее время находится в плохом состоянии. Коллектора (120 км) и собиратели нуждаются в очистке (490 тыс. м^3), 591 гидротехнических сооружений на них подлежит ремонту, 328 – текущему ремонту.

ВЫВОДЫ

1. Закрытые дренажные системы, правильно запроектированные и качественно построенные в соответствии с почвогрунтовыми и гидрогеологическими условиями, работают эффективно, мелиорация орошаемых земель обеспечивается.

Дренажный модуль при сельхозосвоении земель на 67 закрытых дренах, в основном, изменяются в интервале 0,05-0,2 л/сек.га, а среднеарифметическое его значение – 0,145 л/сек.га.

Скорость спада уровня грунтовых вод в междренье до глубины 1,5 м от поверхности земли 3-7 см/сутки достигается за 25-33 суток.

2. За рассматриваемый период после 5-летнего срока строительства, интенсивность частичных и полных отказов закрытых дрен соответственно составляет 2,12 и 0,015.

Надежность коллекторно-дренажной системы, установленная по фактическим значениям модуля дренажного стока, равна 0,52.

3. Для обеспечения надежности и повышения срока службы дренажной системы нужно провести нормальную эксплуатацию мелиоративной сети. Необходимо совершенствовать конструкции закрытых дрен с применением длинномерных дренажных труб с фиксирующими соединительными деталями.

При возможных рельефных условиях открытые участковые собиратели и коллектора должны переходить на закрытый тип.

Литература

1. **Аверьянов С.Ф.** Борьба с засолением орошаемых земель. М., 1978, 288 с.
2. **Айвазов А.М.** Изучить опыт строительства и конструкции закрытого дренажа на производственных объектах в условиях высокого стояния грунтовых вод (Карабахская степь). Отчет АзНИИГиМ за 1968-1970 гг. рукопись, 129 с.
3. **Бехбудов А.К., Джафаров Х.Ф.** Мелиорация засоленных земель. М., 1980, 240 с.
4. **Кац Д.М., Шестаков В.М.** Мелиоративная гидрогеология. М., 1981,295 с.
5. **Мирцхулава Ц.Е.** Надежность систем осушения. М., 1985, 240 с.
6. **Хрисанов Н.И., Камбуров В.А.** Условия надежности закрытого дренажа. М., 1978, 88 с.

УДК 04.00.06

ВЛИЯНИЕ ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ МИЛЬСКО-КАРАБАХСКОЙ ПРЕДГОРНОЙ РАВНИНЫ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Алимов А.К., Зейналов Т.С.

Азербайджанский Научно-исследовательский Институт Гидротехники и Мелиорации, г. Баку, Азербайджан

ВВЕДЕНИЕ

Один из интенсивно развивающихся в настоящее время регионов республики – является предгорная Мильско-Карабахская равнина, в пределах которой расположены многочисленные населенные пункты, промышленные предприятия, сельскохозяйственные угодья и пять административных районов. На ближайшие годы намечается ускоренное развитие и рост площадей орошаемых земель, что вызовет соответствующее увеличение используемых природных ресурсов, в том числе и подземных вод. Это потребует детального анализа гидрогеологических условий региона, закономерностей формирования подземных вод, их режима и баланса с целью наиболее благоприятного в экономическом аспекте и рационального в технико-экономическом отношении комплексного использования поверхностных и подземных вод. Решение данной задачи осложняется тем, что формирование подземных вод предгорной равнины тесно связано с влиянием многих искусственных факторов, из которых региональное значение имеют фильтрация из ирригационных систем и инфильтрация с полей орошения, а также водоотбор многочисленными скважинами.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Основным объектом исследований на территории региона являются подземные воды четвертичных аллювиально-пролювиальных отложений, подстилаемых относительным региональным водоупором из терригенных отложений неогена.

В предгорной равнине выделены две части: западная, охватывающая предгорный шлейф с чередованием выпуклых в рельефе конусов выноса и межконусных понижений, и восточная – собственно равнина, образованная слившимися периферийными частями конусов выноса и характеризующаяся выположенной поверхностью. Эти части региона отличаются между собой по направлениям и скоростям движения подземных вод. Если в привершинных и центральных частях конусов выноса поток имеет радиальный характер, а скорости в зависимости от уклона поверхности подземных вод изменяются от 15,8 до 19,5 м/сут и более, то на периферийных частях конусов выноса и межконусных понижениях радиальность потока сглаживается, а скорости фильтрации подземных вод сокращаются до 3-5 м/сут. Снижение скоростей потока по направлению движения подземных вод вызвано ухудшением фильтрационных свойств отложений и уменьшением гидравлических градиентов.

К естественным факторам формирования подземных вод предгорной равнины относятся разгрузка вод пролювиального комплекса, инфильтрация поверхностных речных вод и атмосферных осадков. Разгрузка подземных вод четвертичных отложений региона осуществляется за счет их оттока в аллювиальные отложения, где происходит слияние подземных вод предгорной равнины с грунтовым потоком, а также в результате процессов испарения на участках неглубокого залегания уровней подземных вод (УПВ).

Таковы основные закономерности формирования подземных вод региона в естественных

условиях, на которые воздействуют процессы, вызванные хозяйственной деятельностью человека [2, 3, 4].

Ниже рассмотрены отдельные аспекты влияния канала на гидрогеологические условия региона на основе анализа режима УПВ.

Многими исследователями выделяются три этапа в формировании режима УПВ предгорной равнины [3, 2, 4].

I этап охватывает период до начала интенсивной эксплуатации подземных вод скважинами, когда условия их формирования определялись воздействием естественных факторов, а уровенный режим – наличием сезонных колебаний с различной амплитудой: меньшей – для привершинных и центральных частей конусов выноса (0,3-0,5 м) и большей (до 1-1,5 м) – для периферийных. Максимальные отметки УПВ при естественном режиме наблюдались в периоды наиболее обильного выпадения атмосферных осадков (март-май), минимальные – в начале осени (сентябрь-октябрь).

II этап связан с вводом в эксплуатацию скважинных водозаборов. Водоотбор стал основным режимообразующим фактором. Произошло снижение уровней, затухание сезонных колебаний УПВ и образование обширных депрессионных воронок. Понижения УПВ составили от 8-12 до 20 м и более. Анализ режима уровней показал, что в начале периода повсеместно происходило постоянное понижение уровней без сезонных подъемов. К концу периода по большинству скважин на фоне годового снижения УПВ наблюдались весенние подъемы, а минимальные уровни, как и на I этапе, отличались в начале осени. Лишь по отдельным скважинам, расположенным в непосредственной близости от водозаборных сооружений, снижение УПВ происходило без сезонных колебаний. В этот период режим УПВ был близок к стационарному, а в конце периода отмечается возрастание роли естественных факторов в формировании подземных вод. Продолжительность этого этапа для разных конусов выноса была различной и определялась ходом строительства канала. Она зависела еще и от удаленности отдельных участков от трассы канала.

I и II этап в режиме УПВ был вызван строительством и эксплуатацией ирригационной системы. Сразу же после прихода речные воды на предгорную равнину в пределах периферийных частей конусов выноса начался подъем УПВ, который затем постепенно распространился на их центральные и привершинные части. Скорость подъема УПВ в первые годы после строительства канала на ряде конусов выноса составила 1,5-2 м/год, в результате чего к 1970г. сформировавшиеся ранее региональные депрессионные воронки практически не существовали, т.е. УПВ достигли отметок I этапа. В последующие годы на периферийных частях конусов выноса УПВ поднялись до критической глубины в 2-3 м от поверхности земли. Помимо фильтрации непосредственно из русла канала и распределителей на формирование режима УПВ оказало влияние интенсивная подача на орошение воды из канала, значительно превысившая ранее существовавшую суммарную водоподачу из естественных водотоков и скважинных водозаборов.

Для количественной оценки влияния Верхне-Карабахского ирригационного канала на гидрогеологические условия региона составлена карта изменения уровня и минерализации грунтовых вод. Предварительно были построены соответствующие карты (на период до строительства крупных ирригационных каналов на 1950 г) и в настоящее время после их влияния (на 2008 г.). Такой подход был вызван тем, что к этому времени, как отмечалось ранее, режим УПВ определялся не естественными факторами, а главным образом отбором. Под воздействием последнего наблюдалось снижение УПВ вплоть до начала работы канала на конкретных участках. В таких условиях составлять ретроспективную карту на определенный период было бы неправомерным, так как строительство канала на территории региона продолжалось более 10 лет.

Анализ карты изменений УПВ за рассматриваемый период показывает, что практически повсеместно произошел их подъем. На карте выделены участки подъема УПВ, расположенные, как правило, параллельно трассе канала. При этом регион разделен на две зоны: первая в грубом приближении соответствует территории западной части региона.

Здесь наблюдается повышение значений

приращений УПВ по направлению от канала к р.Куры, что вызвано увеличением мощностей зоны аэрации в том же направлении в период до строительства канала. Так, на периферийных частях конусов выноса подъем УПВ продолжался до 1950-1960 гг., составив 5-10 м. Уровни, достигнув критических отметок, стабилизировались. В центральных частях конусов выноса, где мощность зоны аэрации достигала десятков метров, подъем УПВ практически прекратился по всей территории зоны. Однако на территории, прилегающей к каналу, УПВ поднялся всего на 5 м. По направлению к периферии сначала происходит повышение значений приращений УПВ, что связано с увеличением глубин их залегания в природных условиях. Далее, по мере удаления от трассы канала наблюдается уменьшение величин приращений УПВ. Различия в величинах приращений объясняются, помимо прочего, и удаленностью конкретных участков от орошаемых земель и дренажных сооружений. Все это создает довольно сложную картину в приращениях УПВ. Так, например, по скв.620 и 594, расположенным на орошаемых массивах, УПВ на современный период равны 2,40 и 3,53, а по скв.761 подъем уровней достиг 10,3 м, а по скв.454 за рассматриваемый период произошло их понижение на 2,5 м.

Гидродинамическая роль ирригационного канала для подземных вод первой зоны неоднозначна. Оставаясь источником питания подземных вод, распространенных севернее трассы, канал в то же время стал дренировать часть потока, направленного от гор к периферии. Причем канал не только и не столько дренирует поток подземных вод, сколько подпирает его [1]. Это объясняется ухудшением фильтрационных свойств водовмещающих пород по направлению движения потока вследствие резкой смены гравийно-галечниковых отложений мелкоземами на периферийных частях конусов выноса. В результате подпора до начала 1980-х годов продолжался подъем УПВ в привершинных и центральных частях конусов выноса, обусловленный также неуклонным ростом водоподачи на орошение.

Во второй зоне в изменениях УПВ наблюдается обратная (по сравнению с первой зоной) картина, т.е. их подъем достиг больших величин (до 5 м) в зоне, примыкающей к каналу. А с удалением от трассы канала как в сторону гор, так и в сторону периферии, отмечено закономерное понижение величин приращений УПВ. Это объясняется тем, что канал стал функционировать сравнительно недавно и питание подземных вод за счет фильтрационных потерь из него происходит до настоящего времени в обоих направлениях от трассы. А более высокие значения приращений УПВ вдоль трассы канала во второй зоне по сравнению с первой обусловлены большими значениями глубин залегания УПВ в период до строительства канала.

Различия в изменениях УПВ в выделенных зонах вызваны как неоднозначной ролью канала в гидродинамической структуре потока подземных вод, так и разнообразными гидрогеологическими условиями региона в период до начала эксплуатации канала. Таким образом, участки с большими мощностями зоны аэрации явились естественной емкостью для вод, фильтрующихся из русла канала и полей орошения. На таких участках и произошли наибольшие изменения в УПВ.

Анализ гидрогеохимических условий показал, что на глубинах 20-100 м (глубина установки фильтров скважин опорной режимной сети) существенных изменений в минерализации подземных вод не отмечено. Приращения здесь составляют 1-3 г/л. В верхней же части водоносной толщи наблюдаются значительные изменения в величинах минерализации и качественном составе вод. При этом проявляются как процессы засоления, так и рассоления подземных вод, обусловленные различиями в стадиях гидрогеохимического режима [1].

Таким образом, с приходом речных вод на предгорную равнину связаны разнообразные гидрогеолого-экологические процессы, приведшие к самым различным последствиям. Так, русловые потери из канала и инфильтрация подаваемых на орошение вод из него явились источником пополнения запасов пресных подземных вод. С другой стороны, подъем УПВ ухудшил мелиоративное состояние земель. Причем это вызвано не только уменьшением зоны аэрации, но и повышением УПВ.

При этом возрастает роль вертикальной составляющей движения влаги и испарения при сокращении стока, что интенсифицирует процессы засоления пород и подземных вод.

Для борьбы с нежелательными явлениями в последние годы на предгорной равнине введены в эксплуатацию многочисленные дренажи, что на ряде участков вызвало снижение УПВ. Следовательно, теперь можно говорить о начале ЫВ этапа в режиме подземных вод региона, когда относительная стабилизация их уровней является результатом целенаправленной деятельности человека [1].

Для выбора оптимального режима воздействия на подземные воды в сложившихся условиях необходим по возможности полный учет всех факторов его формирования. Но если искусственные факторы принимаются во внимание при прогнозах достаточно детально, то роль естественных факторов часто занижается. Их воздействие либо неправомерно осредняется за длительный период времени, либо делаются некорректные допущения. А между тем для предгорной равнины характерна существенная изменчивость естественных факторов с большими суточными, сезонными и годовыми амплитудами колебаний, так как регион расположен в аридной области с резко континентальным климатом. Причем, изменчивость имеет как временный, так и пространственный характер. Роль естественных факторов в силу их высокой изменчивости будет возрастать в формировании режима УПВ по мере стабилизации воздействия искусственных факторов. И тогда обоснование рациональной эксплуатации подземных вод в различных целях и выбор оптимальных схем мелиоративных мероприятий будут невозможны без учета естественных факторов, хотя режим подземных вод, и конечно же, в первую очередь будет определяться влиянием инженерно-хозяйственной деятельности на водосборе.

ВЫВОДЫ

На основе анализа влияния эксплуатации Верхне-Карабахского канала выденены области формирования режима подземных вод.

Литература

1. **Аверьянов С.Ф.** Горизонтальный дренаж при борьбе с засолением орошаемых земель. М., АН СССР, 1959, 175 с.
2. **Алиев Ф.Ш., Ализаде С.А., Листенгартен В.А.** Гидрохимические особенности формирования подземных вод четвертичных отложений Азерб. ССР. Баку, ДАН АЗЕРБ. ССР, Т-39, №12, 1983 с. 63-67.
3. **Алимов А.К., Майылов Г.Ю.** Испарение грунтовых вод при различных экологических и почвенно-мелиоративных условиях. // Почвоведение, № 8, М., 1988, с. 73-81.
4. **Исрафилов Г.Ю.** Грунтовые воды Кура-Араксинской низменности. Баку, Маариф, 1972, 206 с.
5. **Ширинов Н.Ш.** Новейшая тектоника и развитие рельефа Кура-Араксинской депрессии. Баку, Элм, 1975, 187 с.

УДК 591.553

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БИОЦЕНОЗА В КОЛХИДСКОЙ ЗОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

Ахвледиани Т.Э.

Институт водного хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Шельфовая и прибрежная зона Черного моря уже находится в стадии необратимых экологических изменений. Колхидскую шельфовую и прибрежную зону постигает та же участь.

Проблемы антропогенного загрязнения вод в Приколхидской зоне Черного моря и ухудшения рекреационных условий в его прибрежных акваториях могут быть разделены на две группы: первая связана с изучением воздействия на биоту разнообразных токсикантов: ионов, тяжелых металлов, пестицидов, гербицидов, нефтепродуктов, вредное влияние которых связано с их биоаккумуляцией пищевыми объектами (двухстворчатые моллюски, макрофиты, часть которых используется человеком в пищу или промышленных целях).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Как показали наши исследования, проведенные в Приколхидской зоне, более значимой представляется вторая группа проблем – ухудшение рекреационных условий в связи с гиперэвтрофикацией вод [1], когда влияние токсикантов относительно почти локально, а процессы эвтрофикации захватывают практически всю акваторию моря. Усиленное поступление с береговым стоком (вынос реками) соединений азота и фосфора – элементов лимитирующих рост морских растений – привело к резкому увеличению продукции органического вещества в море.

В прибрежных биоценозах Приколхидской зоны Черного моря в последние 15 лет антропогенные факторы вызвали перестройку структуры сообществ, выражающаяся в деградации и вытеснении одних видов и в массовом развитии других (мезо- и полисапробные водоросли). "Цветение" воды и разложение в ее толще и на дне остатков водорослей не только резко снижает эстетически-рекреационные свойства прибрежных вод, но и вызывает резкое повышение микроорганизмов – типичные представители полисапробных и эпифитных водорослей активно заселяются как гетеротрофными, так и бактериями кишечной группы.

Для улучшения рекреационной обстановки в прибрежных водах необходима разработка комплексных методов очистки воды. Простейшим способом извлечения из воды взвешенного органического и неорганического вещества является использование марикультурных плантаций мидий, однако он не лишен ряда существенных недостатков: мидии исключительно эффективно очищают воду от взвешенных частиц, но в процессе жизнедеятельности, используя в качестве пищи взвешенное органическое вещество, значительную его долю переводят в водорастворимые органические соединения (ВОС) и минеральные соединения азота и фосфора, которые служат удобрением и даже стимулятором роста для растений, вновь продуцирующих органическое вещество, к тому же они прекрасно концентрируют бактериальные клетки, в том числе патогенные формы до 20 000 клеток на 1 г ткани мидии [2], т.е. мидийные плантации в курортной зоне могут представлять и определенную эпидемическую опасность. Таким образом, мидийные плантации лишь отчасти способствуют реальной очистке прибрежных вод.

В прибрежных акваториях в ряде стран в последние годы было предложено устройство

искусственных рифов. По нашему мнению, они могут представлять безусловный интерес для развития подводной охоты в курортных районах, но они не решат задачу комплексной деэвтрофикации прибрежных зон, так как рифы активно заселяются разнообразными гидробионтами, в том числе, короткоживущими и быстро разрушающимися макрофитами, а изъятие накопленной биомассы с рифов достаточное трудоемко и нетехнологично, следовательно, реальное изъятие биогенов из окружающей рифы воды будет в конечном итоге минимальным.

По нашему мнению, единственная возможность уменьшения эвтрофированности Черного моря и улучшения рекреационных условий на его побережье – это уменьшение продуктивности прибрежных вод путем изъятия соеденений азота и фосфора.

Наиболее простой и с нашей точки зрения, рациональный путь для этого – выращивание биомассы водорослей, а необходимое условие – периодическое изъятие биомассы из прибрежной экосистемы, что легко осуществимо на плантациях.

Марикультура макроводорослей, как один из видов хозяйственной деятельности человека, уникальна в своем взаимодействии с природной средой, это единственная область приложения человеческих сил, где не требуется отчуждение природной территории. У моря ничего не отбирается, наоборот – в него вносится новый субстрат, т.о., это возможно, единственный пример, когда человек создает экологические ниши полезных для него объектов, не нанося ущерба природе, пример, когда вмешательство человека в жизнь моря позволяет восстановить естественные свойства биотопов.

Идея использования макроводорослей для деэвтрофикации и для улучшения эвтрофированных вод не нова, где продемонстрирована высокая поглощающая способность макрофитов в минеральных отношениях азота и фосфора, а также органических экстрактов водных беспозвоночных [3, 4].

Макрофиты, которые можно использовать для деэвтрофикации прибрежных вод, должны иметь следующие свойства: высокую скорость накопления массы; достаточно высокую механическую прочность таллома – для минимизации потерь накопленной биомассы и во избежание рециклинга биогенных элементов; способность самостоятельно заселять (оспоривать) субстрат, так как в противном случае необходимы огромные затраты ручного труда; толерантность к повышенным концентрациям биогенных элементов (в первую очередь к нитратам) и ВОС; высокую поглощающую способность в отношении этих веществ. Для решения проблемы комплексной деэвтрофикации прибрежных вод Черного моря необходимо интродукция водорослей, отвечающей всем перечисленным требованиям. Поскольку вселение нового вида в сложившиеся сообщества может привести к нежелательным и непредсказуемым последствиям, к нему должны быть предъявлены дополнительные требования: неспособность к вегетативному размножению, наличие жизненного цикла, при котором спорофиты и гаметофиты имеют различную толерантность к условиям среды, что должно гарантировать от самопроизвольного расселения интродуцента, что возможно только при гетероморфной смене генераций.

Известен только один род макроводорослей, удовлетворяющий всем требованиям – ламинария, чей жизненный цикл представлен двумя поколениями – короткоживущим микроскопическим гаплоидным гаметофитом (♂ и ♀) и многолетним диплоидным спорофитом, достигающим нескольких метров в длину и ежегодно сбрасывающими листовую пластину. Ламинариевые водоросли – одни из наиболее изученных в мировой науке, их различные виды успешно культивируются во многих регионах Земного шара, они отличаются высокими показателями продуктивности – продукция одного "побега" водоросли составляет 25-150 г/сут; высокая поглощающая способность этих водорослей в отношении биогенных элементов доказана на практике [4,5], особенно эффективность изъятия соединения азота плантациями японской ламинарии – в Приморье.

Таким образом, условия минерального питания, имеющиеся в Черном море, соответствуют потребностям ламинариевых водорослей.

Температура и соленость – основные факторы, определяющие ареалы морских водорослей,

ламинариевые обитают большей частью в условиях океанической солености, поэтому этот аспект проблемы потребует наиболее детальных исследований.

Температура, как оптимальная для роста и развития ламинариевых, так и неблагоприятная – очень близка для разных видов из разных регионов: оптимальная – 10-15°С, сублетальная – 20-21°С, летальная – 22-24°С. Максимальная температура для выживания самой холодолюбивой из ламинарий Soligundula – 18°С, а 20°С для нее уже летальна. Известная способность гаметофитов ламинарии «переживать» температуру 23°С, которая никогда не встречается в районах обитания ламинариевых популяций, – "перестраховка" на случай, если температурный "выброс" произойдет именно во время фазы формирования гамет.

Температура поверхностного слоя воды в Черном море большую часть года не превышает 20°С, среднее значение ≈11°С, температура 23°С наблюдается только в течение двух месяцев (с конца июня по начало августа), с глубиной она быстро понижается. Таким образом, и температурные условия Черного моря дают возможность вселения ламинариевых водорослей, тем более, что оптимальная глубина развития зарослей определяется глубиной проникновения 2-7% поверхности солнечной радиации.

В Черном море эти условия определяют размещение плантаций ламинарий на глубине ≈5 м, что полностью соответствует схеме штормоустойчивой конструкции для выращивания ламинариевых водорослей [6, 7].

Исходя из мирового опыта, мы предлагаем адаптировать к черноморским условиям спорофиты ламинарии. В случае успеха будет решена не только основная задача – деэвтрофикации прибрежных вод, но и соблюдено условие нерасселения интродуцента в новом водоеме. Таким образом, речь идет не об интродукции ламинарии в Черном море, а об интродукции ее в черноморскую марикультуру. При этом жизнедеятельность гаплоидной фазы цикла и первых стадий развития спорофита должна обеспечиваться в интенсивной культуре, а доращивание спорофита – в экстенсивной, в соответствии с принятой в практике схемой. Технология комплексной переработки накопленной и изъятой биомассы детально разработана [8].

В качестве первых объектов исследования могут быть использованы: беломорская ламинария сахаристая – обитает при пониженной солености и низкой температуре, ламинария японская – обитает при океанической солености, но при близких к черноморским температурным условиям. Первостепенное внимание следует уделить микроскопическим формам жизненного цикла.

ВЫВОДЫ

Таким образом, только комплексное использование методов марикультуры – создание плантаций черноморских и интродуцированных макрофитов для снижения имеющегося уровня эвтрофикации, очистка сточных вод от биогенных элементов – при непременном условии минимизации загрязнения поможет восстановить и сохранить рекреационные качества Колхидского прибрежья Черного моря.

Литература

1. **Зайцев Ю.П., Гаркавая Г.П., Нестерова Д.А. и др.** Современное состояние экосистемы северо-западной части Черного моря. Современное состояние экосистемы Черного моря – М.: Наука, 1987, с 216-230.
2. **Нидзвецкая Л.М.** Качественный состав бактерии кишечной группы морской воды, грунтов и органов мидии северо-западной части Черного моря. II-всесоюзная конференция по биологии шельфа – Ч. Киев: Наук.думка, 1978, с. 79-81.
3. **Беляев В.И., Хаилов К.М., Калугина-Гунтик А.А.** Изменение структуры и функции сообществ прибрежных макрофитов при антропогенном воздействии и математическое моделирование этого изменения. II всесоюзная конференция по биологии шельфа. Ч. 1. Киев: Наук.

думка 1978, с 4-6

4. **Парчевский В.П., Рабинович М.А.** Выращивание зеленой водоросли на исскуственных субстратах в районе стока хозяйственно-бытовых отходов. Тезисы докладов Международного симпозиума по современным проблемам марикультуры. М, 1989, с 161-163.
5. **Хайлов К.М.** Об оценке участия макрофитов в углеродном обмене прибрежной экосистемы. II всесоюзная конференция по биологии шельфа – Ч.1 Киев; Наук.думка 1978, с 96-98.
6. **Возьняк Б., Хаптер Р., Косаковская А.** Оптико-энергетические условия фотосинтеза в Черном море. Структура и функционирование прибрежной экосистемы западной части Черного моря. М., 1985, с 18-44
7. **Моисеев П.А., Карпевич А.Ф., Романычева О.Д.** Морская аквакультура. М.: Аромпромиздат, 1985, 253 с.
8. **Воронова Ю.Г., Николаева Т.А., Зайкина И.В.** К вопросу о комплексной переработке беломорской ламинарии. Промысловые водоросли и их использование. М., 1989, с 145-150.

უაკ 634.0.36

ტყეკაფვითი სამუშაოების ეკოლოგიურად უვნებელი ტექნოლოგია და მანქანები მთიან პირობებში

ზ. ბალამწარაშვილი, დ. მოსულიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

მსოფლიო ეკონომიკის განვითარება თანამედროვე ეტაპზე მოითხოვს სულ უფრო ფართო მასშტაბებით ბუნებრივი რესურსების ათვისებას. მათ შორის, ტყეს და მის რესურსებს ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია [1].

ქვეყნის ცხოვრებაში საქართველოს ტყეებს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს, მისი ბუნებრივი სტაბილურობა უპირველესად განაპირობებს: სასმელი წყლის რესურსების და მარაგების უზრუნველყოფას, მდინარეების და ტბების ჰიდრორეჟიმების შენარჩუნებას, ნიადაგის დაცვას ეროზიისა და გვალვებისაგან და, რაც მთავარია, ჰაერის სისუფთავეს და ჟანგბადით გამდიდრებას.

საქართველოს ტყეები დიდ ეროვნულ სიმდიდრეს წარმოადგენს. ქვეყნის მთლიანი ფართობიდან (7330 ათასი ჰა) ტყით დაფარულია (2924,2 ათასი ჰა) 39% და ამ მაჩვენებლით საქართველო წინ უსწრებს ისეთ სახელმწიფოებს, როგორიცაა: რუსეთი, საფრანგეთი, გერმანია, იტალია, ავსტრია და სხვ. საქართველოს ტყეების საერთო მარაგი შეადგენს 400,0 მილიონ $მ^3$-ს.

ტყეკაფვების განლაგება სხვადასხვა დახრის ფერდობებზე სხვადასხვანაირია: 25^0-მდე – 20%, $25÷40^0$-მდე – 65%, 40^0-ზე მეტი – 15%. ამ სირთულეს თუ დავამატებთ იმასაც, რომ ფერდობზე 25°-დან 40°-მდე ქანობით დაშვებულია მხოლოდ ნებით-ამორჩევითი ჭრა, არანაკლებ 0,5 სიხშირის დატოვებით, ცხადი ხდება რაოდენ ძნელი და სპეციფიკურია საქართველოში და საერთოდ, მთიან პირობებში, ტყეკაფვითი სამუშაოების ჩატარება.

ასეთ პირობებში უნდა ვიფიქროთ მოწინავე, ყველაზე პერსპექტიული წარმოების იმ ხერხების გამოყენებაზე, რომლებიც მთლიანად დაეყრდნობა უახლესი მანქანების ბაზაზე შექმნილ ტექნოლოგიურ პროცესებს, რაც სრულიად დააკმაყოფილებს მთიანი ტყეების ექსპლუატაციის მოთხოვნებს; ეს კი, თავის მხრივ, ხელს შეუწყობს შრომის ნაყოფიერების ზრდას, ძვირფასი მერქნის თვითღირებულების შემცირებას და, რაც ყველაზე მთავარია, გარემოს ეკოლოგიური უსაფრთხოების დაცვას.

ძირითადი ნაწილი

ტყეკაფვების ათვისება რთულ და საკმაოდ შრომატევად პროცესებთან არის დაკავშირებული, რაც, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, განპირობებულია საქართველოს რთული რელიეფური პირობებით. ტყეკაფი, ეს არის საქართველოს ტყის ფონდი, ტყის უბანი, რომელზეც განსაზღვრულია მოსაჭრელი ხეების რაოდენობა და მონიშნულია მოსაჭრელი ხეები [2, 3].

უშუალოდ ტყეკაფვითი სამუშაოების ჩასატარებლად გამოიყენება კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემები, რომლებიც აადვილებს ადამიანის შრომას [2].

შიგატყეკაფვითი სამუშაოები ტექნოლოგიური სქემების მიხედვით კლასიფიცირდება სამი ძირითადი მაჩვენებლით: რელიეფით, დახრილობით და საავტომობილო გზებთან მიბმით.

დახრილობის მიხედვით დასანაწილებლად მიღებულია შემდეგი ძირითადი პირობა: 20°-მდე დახრილობისას ტყეკაფებზე შეიძლება იმუშაოს ტრაქტორებმა, რომლებიც

აწარმოებს ოპერაციებს ხე-ტყის გადატანაზე ავტოტყესაზიდ გზამდე; 20°-ზე ზევით კი, მხოლოდ მოთრევას – განივი მიმართულებით საბაგირო დანადგარებთან, რითაც გამორიცხულია ნიადაგის დახრამვა და ეროზიული მოვლენების წარმოქმნა, აგრეთვე გარანტირებულია სამუშაოთა უსაფრთხოება და ტრაქტორების ექსპლუატაცია ნორმალურ პირობებში.

შიგატყეკაფვით ტექნოლოგიურ პროცესებზე არსებით გავლენას ახდენს ისეთი პარამეტრები, როგორიცაა: ფერდობის სიგრძე, დახრილობის კუთხე, შოლტებისა და სორტიმენტების მოცულობითი და წონითი მაჩვენებლები, ტყით სარგებლობის ინტენსიურობა, ტყეკაფვის გეომეტრიული ზომები, მორსათრევი გზების სიგრძე, საბაგირო დანადგარებისა და მაგისტრალურ სატრაქტორო გზებს შორის მანძილი.

ხე-ტყის შიგატყეკაფვითი პროცესის კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემები საქართველოს მთაგორიანი პირობებისათვის წარმოდგენილია ექვსი ძირითადი ტექნოლოგიური სქემის სახით [2].

ექვსი ტექნოლოგიური სქემიდან [2] პირველ ოთხში ხე-ტყის მორთრევა წარმოებს ტრაქტორ ТТ4-ის ბაზაზე შექმნილი მორსათრევი აგრეგატით [4], რომელიც შედარებით უსაფრთხოა. უსაფრთხო მორთრევა ეკოლოგიური თვალსაზრისით არის ხე-ტყის მორთრევა მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში. ამ ტექნოლოგიის გამოყენების შემთხვევაში, ნახევრად დატვირთული სორტიმენტის ტრანსპორტირებასთან შედარებით, გარემოზე ზემოქმედება და კერძოდ უარყოფითი გავლენა მოზარდ ხეებზე მცირდება 5-ჯერ, ხოლო ნიადაგზე – 3,5-ჯერ. რაც შეეხება სორტიმენტის ტრანსპორტირებას მიწაზე თრევით, მასთან შედარებით იგივე მაჩვენებლები შესაბამისად მცირდება 9-ჯერ და 5-ჯერ.

მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი (მთა). ხე-ტყის ტრანსპორტირების მექანიზებული ტექნოლოგიური პროცესი **მთა**-ს ბაზაზე მოიცავს შემდეგ ოპერაციებს:

– აგრეგატის მოძრაობა უქმი სვლით ავტოტყესაზიდი გზიდან ტყეკაფვის გავლით, წაქცეული ხის ადგილამდე;

– მუშა მდგომარეობაში დადგომა და ძარის დაშვება;

– სატვირთო ბაგირის კაკვით გათრევა და ხის დაბმა ჩოკერით;

– ხის მოთრევა ჯალამბრით ძარამდე, მისი გადაყვანა ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში და აგრეგატის გადაადგილება მოკლე მანძილზე – თვითდასატვირთად მოსახერხებელ ადგილზე;

– ხის ტოტების მოჭრა, დამორვა 4 მ სიგრძის სორტიმენტებად და მათი თვითდატვირთვა ძარაზე ჯალამბრისა და თაღის საშუალებით;

– ტვირთის დაბმა ძარაზე და მისი გადაადგილება საავტომობილო გზამდე, დატვირთულ მდგომარეობაში;

– აგრეგატის ტვითგანტვირთვა ზედა ბაქანზე გზასთან და დაბრუნება ტყეკაფზე ნარჩენების წამოსაღებად, რითაც ხორციელდება მეტად მნიშვნელოვანი უნარჩენო ტექნოლოგიური პროცესი, რომელიც უზრუნველყოფს დამატებითი ნედლეულის მოპოვებას.

მთა-ს გამოყენება არ შემოიფარგლება მარტო ტყეკაფის უნარჩენოდ ათვისებით. მისი მეშვეობით შესაძლებელია განხორციელდეს სხვადასხვა სამუშაოები, კერძოდ: ნარჩენების გამოტანა, ნერგების, მიწის და სხვადასხვა მოწყობილობების მიწოდება-გადაზიდვა დანიშნულების ადგილზე და რთული რელიეფის ფერდობებზე გამწვანებითი სამუშაოების ჩატარება.

მთა კონსტრუქციით ორიგინალური, საიმედოა და ადვილია მისი ექსპლუატაცია. ამასთან, მარტივია მისი დამზადება, აკმაყოფილებს წარდგენილ მოთხოვნებს და შეიძლება მისი გამოყენება მორსათრევ სამუშაოზე.

მთა-ს გამავლობა. ავტორთა მიერ ჩატარდა **მთა**-ს გამავლობის თეორიული გამოკვლევები. განსაზღვრულია **მთა**-ს წევის მხები ძალა P_k, მოძრაობის წინააღმდეგობის ძალები: P_f – გორვის, P_j – ინერციის, P_i – აწევის, P_{kp} – წევის ძალა კაუჭზე, P_w – ჰაერის და P_{fj} – გორვის წინააღმდეგობის ჯამური ძალა.

გამოთვლების შედეგებიდან დადგენილია, რომ მხები წევის ძალაზე დამოკიდებული გამავლობის მაჩვენებლების მიხედვით (116,6 კნ),

დატვირთულ მდგომარეობაში აღმართზე პირველი სიჩქარით მოძრაობისას **მთა**-ს შეუძლია გადალახოს 19°-ის, ხოლო ტვირთის გარეშე – 29°-ის ქანობები.

მთა-ს მდგრადობა. მთიან პირობებში **მთა**-ს მუშაობის ერთ-ერთი ძირითადი პარამეტრია დინამიკური მდგრადობა (აღმართსა და დაღმართზე მოძრაობის დროს), რომელიც გამოკვლეულია წნევისა და დატვირთვის იმ კოორდინატების მიხედვით, რომლებიც წინა და უკანა ბალანსირების პოჭოჭიკების ღერძებზე მოქმედებს, ტვირთით და უტვირთოდ, აგრეთვე დადგენილია მუშაობის მეთოდები და ჩატარებულია გაანგარიშებები, რის შედეგად მიღებული მაჩვენებლების საფუძველზე გაკეთებულია დასკვნა იმაზე, რომ წნევის კოორდინატები განსაზღვრული თეორიული გაანგარიშებით, როგორც ტრაქტორის მდგრადობის კრიტერიუმი სხვადასხვა რეჟიმებში მოძრაობის დროს, ემთხვევა წნევის ცენტრის კოორდინატების მნიშვნელობებს, რომლებიც განსაზღვრულია გრაფიკული მეთოდით, ან კიდევ აქვს მცირე გადახრები გრაფიკული მეთოდით განსაზღვრული სიდიდეებიდან.

გამოკვლევის შედეგად მიღებული გაანგარიშებები ამტკიცებს იმ ფაქტსაც, რომ არც ერთი წნევის ცენტრის კოორდინატი არ ემთხვევა გეომეტრიულ ღერძს, რომელიც გადის წინა ან უკანა ბალანსირის ღერძში.

გარდა ამისა, ნათელია, რომ დატვირთულ მდგომარეობაში მორთრევისას დატვირთვის განაწილება წინა და უკანა ბალანსირებზე ხდება ნორმალური შეფარდებით, ე.ი. აღმართზე წინა ბალანსირები დატვირთულია ნაკლებად, ვიდრე დაღმართზე მოძრაობისას. დაკავშირებულია დატვირთვების არათანაბარ განაწილებასთან, ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში მორთრევისას არ აღინიშნება და მუდმივ ზღვრებში მერყეობს 7-დან 10 კნ-მდე.

ჩატარებულია **მთა**-ს გრძივი მდგომარეობის გაანგარიშება ფერდობის კრიტიკული დახრის კუთხის მიხედვით და დადგენილია, რომ გრძივი მდგრადობა ბალანსირებული დაკიდების დროს შენარჩუნდება, თუ სრულდება შემდეგი პირობები [8]:

– აღმართზე მოძრაობისას წნევის კოორდინატთა ცენტრის სიდიდე მეტი უნდა იყოს იმ სიბრტყიდან დაშორების სიდიდეზე, რომელიც გადის წამყვანი ვარსკვლავას გეომეტრიულ ღერძზე, სატრაქტორო გზის სიბრტყის ვერტიკალურად, და უკანა მცირე ბალანსირის ღერძზე;

– დაღმართზე მოძრაობისას წნევის კოორდინატთა ცენტრის სიდიდე ნაკლები უნდა იყოს წამყვან ვარსკვლავაზე გამავალ გეომეტრიულ ღერძსა და პატარა ბალანსირის ღერძს შორის არსებულ მანძილზე.

ამ პირობების შეუსრულებლობის შემთხვევაში, ტრაქტორი შეიძლება ამოტრიალდეს დაკიდების წინა ან უკანა ღერძის ირგვლივ.

ფერდობის კრიტიკული კუთხის დასადგენად (აღმართი ან დაღმართი) აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს ტრაქტორის დაკიდების სისტემის დრეკადობის გავლენა. ცნობილია, რომ აღმართზე ან დაღმართზე მოძრაობისას ადგილი აქვს რესორების დეფორმაციას, რაც ამორტიზაციას უკეთებს რა წინა მხრის დაკიდებას, იწვევს ტრაქტორის სიმძიმის ცენტრის კოორდინატების შეცვლას.

ამასთან, წნევის კოორდინატთა ცენტრის სიდიდე წარმოადგენს ტრაქტორის გრძივი მდგომარეობის კრიტერიუმს, რომელიც მოძრაობის დროს მცირდება. ამიტომ, ტრაქტორის გრძივი მდგრადობისათვის ნებისმიერ პირობებში მუშაობის დროს და ქანობებზე, რომლებიც არ აჭარბებს კრიტიკულს, ნომინალური მხები წევის ძალა პირველ გადაცემაზე არ უნდა იყოს მეტი ტრაქტორის საექსპლუატაციო წონის შემდგენზე, რომელიც ზღვრულ ქანობზე მიმართულია გზის ზედაპირის პარალელურად.

კრიტიკული დახრა (α_k) არის მაქსიმალურად დასაშვები დახრა, რომლის დროსაც ტრაქტორი იცავს წონასწორობას. ამასთან, დადგენილია, რომ მინიმალურ მხებ ძალას პირველ სიჩქარეზე შეუძლია ამოატრიალოს დატვირთული ტრაქტორი, რომელიც დგას ჰორიზონტალური გზის მონაკვეთზე ($\alpha = 0°$) – თუ ის იქნება 372 კნ-ის ტოლი.

მთა-ს განივი მდგრადობის განსასაზღვრელად ნაშრომში დადგენილია, რომ ფერდობზე განივად მოძრაობისას მოქმედებს: **მთა**-ს ცალკეული ნაწილების წონა, ამ წონების ინერციის ძალა და ნიადაგის რეაქცია ტრაქტორის სავალ ნაწილზე.

მთა-ს დაბალი სიჩქარით განივ სიბრტყეზე მობრუნების დროს აღიძვრება ცენტრიდანული ძალა ($P_ც$), რომელიც მოდებულია ტრაქტორის სიმძიმის ცენტრში და მიმართულია მობრუნების ცენტრიდან რადიუსის გასწვრივ. რეზულტატურ $P_ც$ ცენტრიდანულ ძალას დიდი მნიშვნელობა აქვს ტრაქტორის განივი მდგომარეობისათვის.

ცენტრიდანული ძალის მიღებული მნიშვნელობა, რომელიც უდრის 74 კნ-ს, მაქსიმალურია და შეიძლება წარმოიქმნას **მთა**-ს განივ ფერდობზე დაღმართზე მაქსიმალური სიჩქარით მოძრაობისას (მერვე გადაცემა) – 10,05 კმ/სთ. სწორედ ეს მნიშვნელობა აიღება ანგარიშებში განივი პროფილის გზის კრიტიკული დახრის განსასაზღვრად. ტრაქტორმა შეიძლება განავითაროს მეტი სიჩქარე მხოლოდ ექსტრემალურ სიტუაციაში, მაგალითად, როდესაც სიჩქარის კოლოფის გადამრთველი ბერკეტი ნეიტრალურ მდგომარეობაშია და სამუხრუჭო სისტემა არ მუშაობს, ე.ი. ტრაქტორი მართვას არ ემორჩილება.

ტრაქტორის განივი მდგრადობა მოწმდება მისი ამოტრიალებით მუხლუხა ჯაჭვის საყრდენი ზედაპირის ქვედა გვერდით წიბოებზე და საყრდენი ზედაპირის ნიადაგზე დაცურების შესაძლებლობით.

განივ ფერდობზე ტრაქტორის გადაყირავების ღერძი გადის მუხლუხა ჯაჭვის საყრდენი ზედაპირის ქვედა წიბოზე. ამ შემთხვევაში აუცილებელია სიმძიმის ძალის შემდგენი $G\cos\alpha$ მივიღოთ 0,5-ის ტოლად.

განივი მდგრადობის კრიტიკული წერტილი, რომელზეც წონასწორობა არ ირღვევა, განსაზღვრულია ყველა გარე ძალის მომენტების განტოლებიდან ტრაქტორის სავალი ნაწილების საყრდენი ზედაპირების ქვედა ნაწიბურთან ფარდობაში.

რაც შეეხება **მთა**-ს განივ (გვერდით) ჩამოცურებას ნიადაგზე, ის განსაზღვრულია ტრაქტორზე მოქმედი ყველა იმ ძალის ფარდობიდან, რომლებიც დაგეგმილდება სავალი გზის პარალელურ ღერძზე.

აღსანიშნავია, რომ **მთა**-ს სტატიკური მდგრადობა გარკვეულწილად დამოკიდებულია მუხლუხა ჯაჭვის მოჭიდებაზე ნიადაგთან და აუცილებელია, რომ კუთხის ტანგენსი ნაკლები იყოს ჩაჭიდების კოეფიციენტზე.

ახალი ტიპის მორსათრევი კიდული დანადგარები. ბოლო ათწლეულებში ბევრგან, მათ შორის საქართველოში, ხე-ტყის პირველადი ტრანსპორტირებისათვის ფართოდ გამოიყენება საბაგირო-კიდული დანადგარები. ტრაქტორებისაგან განსხვავებით, ეს დანადგარები ზიანს არ აყენებს ნიადაგს, აღმონაცენს, მოზარდს და ამასთან, გამოირჩევა მაღალი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლებით.

დადგინდა, რომ არსებული მორსათრევი საბაგირო-კიდული დანადგარი ვერ უზრუნველყოფს მოვლითი ჭრების შემთხვევაში ხე-ტყის მოთრევას ტრასამდე და ეს ხდება სხვა სატრანსპორტო საშუალებებით. ამასთან დაკავშირებით, ВТУ-3 ტიპის დანადგარის ბაზაზე დამუშავდა და შეიქმნა გადასატანი განივი ბაგირით სორტიმენტების ნახევრად დაკიდულ მდგომარეობაში ტრასამდე მიზიდვის ტექნოლოგიური სქემა და საბაგირო კიდული დანადგარი [9].

ამ ტექნოლოგიური სქემის გამოყენებას აქვს სამი მნიშვნელოვანი უპირატესობა: გამოირიცხება ტრაქტორების და გამწევი ცოცხალი ძალის გამოყენება მორთრევაზე; სატვირთო კაკვის გატანა ტყეკაფზე ხდება მექანიკურად; ძირითად ტრასასთან სორტიმენტის მორთრევა წარმოებს ნახევრად დაკიდულ მდგომარეობაში, რაც 2-3-ჯერ ზრდის დანადგარის მწარმოებლურობას. ამას ემატება ეკოლოგიური უპირატესობა – განივი ბაგირის საშუალებით მორის გადაადგილება აღმონაცენის, მოზარდის და ტყის საფარის შენარჩუნების მაქსიმალურ გარანტიას იძლევა.

ზემოთ განხილული გადასატანი განივი საბაგირო კიდული დანადგარის მთავარი ნაკლი ისაა, რომ სორტიმენტის მორთრევა მთავარ მზიდ ბაგირამდე – ტრასამდე ხდება ერთი მხრიდან, რის შემდეგაც აუცილებელია განივი მზიდი ბაგირის გადატანა ტრასის მეორე მხარეს და დამონტაჟება ტრასის მეორე მხარეს განლაგებული ტყეკაფვის ასათვისებლად.

აღნიშნულთან დაკავშირებით დამუშავებულია ახალი სახის განივი მორსათრევი საბაგირო დანადგარის სქემები, ხე-ტყის ერთდროული ორმხრივი მორთრევით [7].

ორმხრივი განივგადასატანი საბაგირო დანადგარის ტექნიკური შედეგია ორი შერწ-

ყმული ფაზისაგან შემდგარი მორთრევა, რომლითაც გათვალისწინებულია მორების ერთდროულად ორმხრივი უწყვეტი განივი მორთრევა, მათი გრძივი დაშვება და ამით მწარმოებლურობის გაზრდა. ამასთან, მოწყობილობა დამატებით შეიცავს მეორე განივ გადასატან მზიდ ბაგირს, რომელზეც ჩამოკიდებულია მეორე დამხმარე ურიკა, რომელიც პირველთან დაკავშირებულია დამხმარე ბაგირით [7].

მორსათრევ-სატრანსპორტო მანქანები. ავტორების მიერ დამუშავებულია ხე-ტყის მორსათრევ-სატრანსპორტო მანქანების და მაღალი გამავლობის მორსათრევ-სატრანსპორტო მოწყობილობების (თვლიანი ტრაქტორის) სქემები, რომლებიც ავტომატურ რეჟიმში ავტომანქანის-ტრაქტორის მოძრაობისას, შესაბამისად, მორთრევის მდგომარეობიდან სატრანსპორტოში და თვლიანი სვლიდან მუხლუხაში გადასვლის საშუალებას იძლევა.

დასკვნა

ხე-ტყის დამზადების პროცესების, ტყეკაფვითი სამუშაოების წარმოების და სამთო მორთრევის ირგვლივ ჩატარებული საძიებო და თეორიული გამოკვლევების შედეგად დამუშავებულია ეკოლოგიურად უვნებელი ტყეკაფვითი სამუშაოების კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემები და ტყეკაფის ასათვისებელი მანქანა-დანადგარები.

ჩატარებული თეორიული გამოკვლევები, რომლებიც ეხება **მთა**-ს გამავლობას და მდგრადობას მოძრაობისას ტყეკაფვაზე, გვაძლევს საშუალებას გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

– გამავლობის მაჩვენებლები, ნომინალური მხები წევის ძალის მიხედვით ქანობთან დამოკიდებულებაში, ამტკიცებს **მთა**-ს ტექნიკურ მონაცემებს უსაფრთხოების თვალსაზრისით, იქიდან გამომდინარე, რომ აღმართზე დატვირთულ მდგომარეობაში მოძრაობისას ქანობის ზღვრული კუთხეა 19°, ხოლო დაღმართზე – 22° (22°-დან 45°-მდე ტრაქტორს შეუძლია გადაადგილდეს დაღმართზე სამურუჭო რეჟიმში);

– ტრაქტორის დინამიკური მდგრადობის გაანგარიშებით მისი ქანობზე განივი მოძრაობისას დადგენილია, რომ კრიტიკული დახრის კუთხე ამ ვარიანტში ტოლია 18°30′, ე.ი. ემთხვევა ქანობის ზღვრულ სიდიდეს ტრაქტორის აღმართზე მოძრაობის მხები წევის ძალის მოქმედებით პირველ გადაცემაზე;

– გამავლობის მაჩვენებლებით – დამოკიდებული მხები წევის ძალაზე, რომელიც უდრის 116,6 კნ-ს, დატვირთულ ტრაქტორს აღმართზე პირველი სიჩქარით მოძრაობისას შეუძლია გადალახოს 19°-ის, ხოლო ტვირთის გარეშე 29°-ის ქანობები.

– წნევის ცენტრის კოორდინატებზე ჩატარებულმა გამოთვლებმა გვიჩვენა, რომ ტრაქტორი ტვირთით მდგრადია 27°-მდე დახრილობის ქანობის აღმართზე მოძრაობისას, ხოლო დაღმართზე მოძრაობისას – 45°-მდე;

– გამოთვლებმა, რომლებიც ჩატარდა კრიტიკული კუთხის α_k დასადგენად, გვიჩვენა, რომ დატვირთული ტრაქტორი აღმართზე მოძრაობისას შეიძლება ამოტრიალდეს 27°-ზე მეტი დახრილობის ფერდობზე, რაც ერთხელ კიდევ ადასტურებს წევის ცენტრის კოორდინატებზე ჩატარებული გამოთვლების მართებულობას;

– ჩატარებულმა გამოკვლევებმა, რომლებიც დაკავშირებულია ტყის გარემოსთან და აგრეთვე მათი ამძრავების გამავლობისა და მდგრადობის საკითხებთან, დაგვანახა, რომ ტყეკაფვაზე მთავარ და ძირითად მანქანად აუცილებელია გამოყენებულ იქნეს მუხლუხა ტრაქტორი, კერძოდ კი, TT-4 ახალი ტექნოლოგიური აღჭურვილობით – **მთა**, რომელიც უზრუნველყოფს ტყის მორთრევას მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში;

შემოთავაზებული ახალი ორმხრივი განივი გადასატანი მორსათრევი დანადგარების, ხე-ტყის მორსათრევი-სატრანსპორტო მანქანების და მაღალი გამავლობის თვლიანი ტრაქტორის სქემები, შესაბამისად: ერთდროულად ძირითადი ტრასის ორივე მხარეს განლაგებული ტყეკაფის, ავტომანქანის მოძრაობის დროს მორთრევის მდგომარეობიდან

სატრანსპორტოში გადასვლის და გაუვალი, ჭაობიანი ტყეკაფვის ათვისების საშუალებას იძლევა.

ასეთი მანქანების უპირატესობა დაკავშირებულია მეტყევეობის მკაცრ მოთხოვნებთან, რომლებიც მოქმედებს საქართველოს მთიან პირობებში შერჩევითი ჭრების განხორციელების დროს და განსაზღვრავს მათი წარმოებაში ფართო დანერგვის აუცილებლობას, რაც იქნება ახალი სიტყვა საქართველოს მთიანი პირობებისათვის ეკოლოგიურად უვნებელი ტექნოლოგიური პრობლემის გადაწყვეტაში.

ლიტერატურა

1. Природные ресурсы Грузии и проблемы их рационального использования. Академия наук Грузии. Тбилиси: Мецниереба, 1991. 683 с.
2. **კოკაია გ., ჩიტიძე ზ., ბალამწარაშვილი ზ., დუნდუა პ.** ტყეკაფვითი სამუშაოების ტექნოლოგია მთიან პირობებში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 2005. 109 გვ.
3. **ბალამწარაშვილი ზ., მოსულიშვილი დ. და სხვ.** მორსათრევი აგრეგატის თვითმტვირთავი მოწყობილობა. პატენტი P 4774
4. **ბალამწარაშვილი ზ. და სხვ.** მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი. საიდენტიფიკაციო ნომერი: 10519/01, თბილისი, 03.31.2008.
5. **Баламцарашвили З.Г., Мчедлишвили Т.Ф.** Исследование продольной устойчивости трелевочно-самопогружающегося агрегата (ТСПА) по критическому углу ($\alpha_к$) уклона. //ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა, №3(11), თბილისი, 2008, გვ. 134-141.
6. **ბალამწარაშვილი ზ., კოკაია გ.** ხე-ტყის საჰაერო მორთრევის ხერხი და მოწყობილობა მის განსახორციელებლად. პატენტი P 3294. საქპატენტი, თბილისი, 2003.
7. **ბალამწარაშვილი ზ., მოსულიშვილი დ. და სხვ.** ხე-ტყის ორმხრივი განივი გადასატანი საბაგირო მორსათრევი დანადგარი. პატენტი P 4779.
8. **ბალამწარაშვილი ზ., კოკაია გ. და სხვ.** ხე-ტყის განივი საბაგირო მორსათრევი დანადგარის ძიება და დამუშავება. //ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა, №3(11) 2008, თბილისი, 2008. გვ. 148-154.
9. Транспортное средство для трелевки и транспортировки длиномерных грузов. М. Опубл. в Б.И., №16. 30.04.79.

უაკ 148.93

წყალსატევებში წყლის დონის საზომი მოწყობილობის გაუმჯობესებული კონსტრუქცია

იულონ გაბრიჩიძე, ზურაბ გედენიძე

საძიებო-საპროექტო სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი შპს „ჰიდროპროექტი",
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

რეგულირებად წყალსატევებში სასარგებლო მოცულობის ოპტიმალურ გამოყენებას დროში, მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მდინარის ბუნებრივი ჩამონადენის ანალიზისა და წყალმომხმარებლის მოთხოვნილების რეჟიმები.

მდინარის ჩამონადენის რეგულირების თეორია (გაანგარიშება კალენდარული ჰიდროლოგიური რიგების მიხედვით ან ალბათობის თეორიის საფუძველზე არსებული განზოგადებული მეთოდებით) ძირითადად ეფუძნება წყალსატევებში წყლის ბალანსის შემოსავალ და გასავალ ნაწილს, რომელიც დროში მუდმივად ცვალებადობს. წყალსაცავში ან ზოგადად, წყალსატევში წყლის მოცულობის ნებისმიერი რაოდენობრივი ცვალებადობა უშუალო ასახვას ჰპოვებს დონეების რეჟიმში. აღნიშნულიდან გამომდინარე, წყალსაცავში წყლის დონეების მნიშვნელობა განსაზღვრავს მის ფაქტობრივ მოცულობას, ანუ სასარგებლო მოცულობის რეზერვს დროში, რასაც დიდი სამეურნეო მნიშვნელობა აქვს. წყალსატევებში დონეების გაზომვის ორგანიზაცია ტარდება წყალსაზომ საგუშაგოებზე, რომელიც შეიძლება იყოს მარტივი, გადამცემი, თვითჩამწერი და დისტანციური [1, 2]. წყალსაზომი საგუშაგოს ტიპის მიხედვით განისაზღვრება მასში დამონტაჟებული წყალსაზომი მოწყობილობის კონსტრუქცია, დაწყებული მარტივი ლარტყიანიდან, დამთავრებული ინფორმაციის დიდ მანძილზე ავტომატურად ჩამწერ და გადამცემამდე.

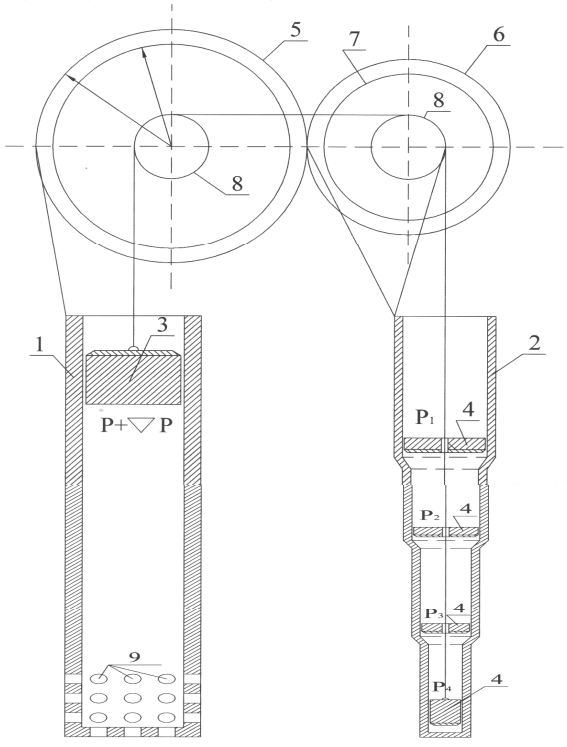
წყლის დონის საზომი ხელსაწყოები ხასიათდება გაზომვის დიაპაზონით, სიზუსტით, საიმედოობით, სიიაფით, ხანგამძლეობით, საექსპლუატაციო დანახარჯებით და სხვ. თითოეული მახასიათებლის მნიშვნელობას განსაზღვრავს მომხმარებელი, ანუ წყალთა მეურნეობის დარგი და ადგილობრივი პირობები. მაგალითად, წყალსაცავის სარკის „დიდი" ფართობის შემთხვევაში მნიშვნელოვანია ხელსაწყოს სიზუსტე, ხოლო სარეგულაციო პრიზმის შემთხვევაში – გაზომვის დიაპაზონი და სხვ. წყლის სიღრმეების საზომი ხელსაწყოების კონსტრუქცია, ისე როგორც სხვა დანიშნულების ხელსაწყოები, დროში განიცდის სრულყოფას. ბოლო დროს ავტორთა ჯგუფის მიერ შემოთავაზებულ იქნა ე.წ. სასწორის ტიპის წყლის დონის საზომი მოწყობილობა [3], რომლის ძირითადი ნაკლია გაზომვის ნაკლები სიზუსტე.

ძირითადი ნაწილი

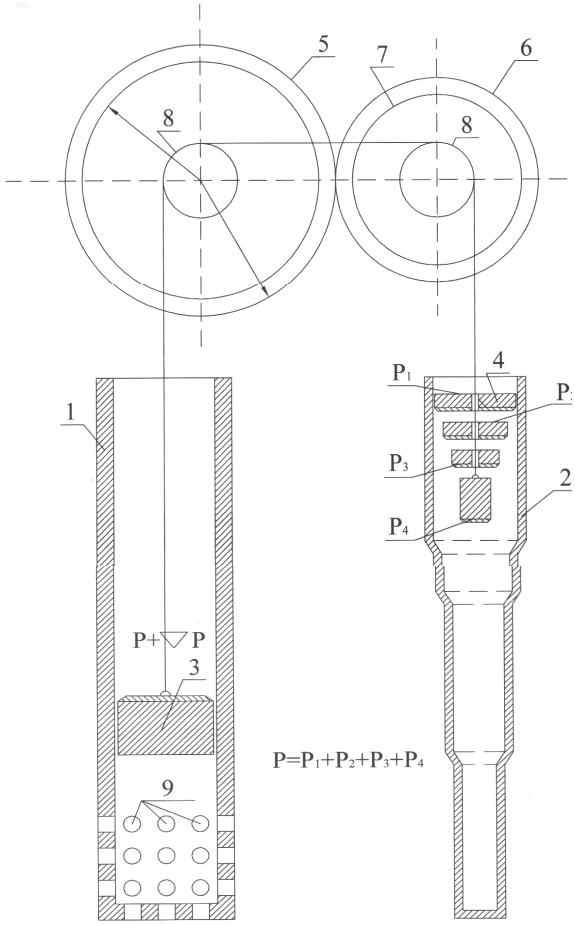
განხილული წყლის დონის საზომი მოწყობილობა ხასიათდება გაზომვის მაღალი სიზუსტით, ინფორმაციის ნებისმიერ მანძილზე გადაცემის შესაძლებლობით, არ რეაგირებს მუშა ცილინდრის (შახტის) ვერტიკალობიდან გადახრა-გამრუდებაზე, გამორიცხულია ბაგირის და ტივტივას გრეხვა, ბრუნვა და დახვევის დროს ტროსის ერთმანეთზე დაჯდომა, რაც ხშირად ცრუ ინფორმაციის მიზეზი ხდება. ახალი კონსტრუქციის წყლის დონის საზომ მოწყობილობას (ნახ. 1) შესაძლებლობა აქვს მონაწილეობა მიიღოს ჰიდროაგრეგატების სიმძლავრის ავტომატურ რეგულირებაში.

საზომი ხელსაწყო შედგება ტივტივას 3 სამოძრაო შახტისგან 1, რომელიც შეიძლება იყოს ოთკუთხა ფორმის (ნახ. 1), რაც გამორიცხავს ტივტივას ბრუნვას და შესაბამისად,

ტროსის 7 ან ჯაჭვის გრეხვას. შახტის ქვედა ბოლოში აქვს ხვრეტები 9, რომლითაც უზრუნველყოფილია მასში წყალსატევიდან წყლის შემოსვლა-გასვლა. ჯაჭვი მიწის ზედაპირიდან გარკვეულ სიმაღლეზე გადადებულია ორ კბილანა ბორბალთან 8, რომელთა ღერძის თავებზე მიერთებულია საზომი და გადამცემი აპარატები 5, ჯაჭვის 6 ერთ მხარეს დამაგრებულია ტივტივა, ხოლო მეორე მხარეს – უკუტვირთები 4 (საპირწონეები). ამ ტვირთების ვერტიკალური შახტიც 2 შეიძლება იყოს ოთხკუთხა ფორმის, რომელიც ჰერმეტულია და შესაბამისად უზრუნველყოფილია ტვირთების მშრალ გარემოში მოძრაობა. საპირწონეების შახტი 2 სიმაღლეში საფეხურებად ცვლადი კვეთისაა. ცვლადი კვეთისაა საპირწონე ტვირთებიც, რომელთა რაოდენობას განსაზღვრავს წყალსატევში სარეგულაციო პრიზმის სიმაღლე და რომელიც ემთხვევა საპირწონე შახტის 2 საფეხურების რაოდენობას. წყალსატევში წყლის დონის აწევის პირობებში საპირწონეები (საუბნო ტვირთები) ნაწილდება სიმაღლეში შახტის საფეხურებზე (ნახ. 1), ხოლო წყლის დონის დაწევის შემთხვევაში ტვირთები ერთად იკრიბება საპირწონე შახტის თავში (ნახ. 2).



ნახ. 1. ახალი კონსტრუქციის წყლის დონის საზომი მოწყობილობა სავსე წყალსაცავის პირობებში



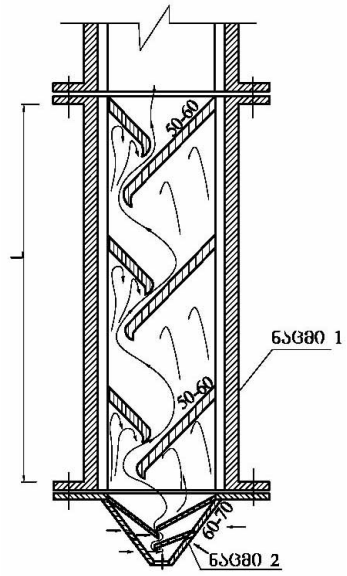
ნახ. 2. ახალი კონსტრუქციის წყლის დონის საზომი მოწყობილობა წყალსატევში მინიმალური დონის პირობებში

წამყვანი კბილანა ბორბალი 6 მოძრაობაში მოჰყავს ტივტივას 3, რომელიც წყალსატევში დონის ცვალებადობის შესაბამისად აწარმოებს აღმავალ-დაღმავალ მოძრაობას, შესაბამისად მოძრაობს საპირწონეები თავის მიმმართველ შახტში. დანაწევრებული უკუტვირთები, გარკვეულ ფარგლებში აბალანსებს მოძრავი ჯაჭვის წონას წამყვანი კბილანა ბორბლის ორივე მხარეს ისე, რომ გარკვეულ პირობებში არ მოხდეს ტივტივას წყლის ზედაპირიდან ამოვარდნა ან ტივტივას მხარეს ჯაჭვის ზედმეტად მოჭიმვა. შედარებით გაწონასწორებული სისტემა დადებით გავლენას ახდენს საზომი ხელსაწყოს სიზუსტესა და ხანგამძლეობაზე. ამ საზომ-გადამცემ ელექტრომექანიკურ მოწყობილობას შეუძლია მონაწილეობა მიიღოს ჰიდროაგრეგატების სიმძლავრის რეგულირებაში, იმის გათვალისწინებით, თუ წყლის როგორი რეზერვია წყალსაცავში და როგორი ხარჯით შემოდის

მდინარე წყალსაცავში. სიმძლავრის რეგულირების მიზნით, მართვის სისტემაში უნდა ჩაირთოს კომპიუტერული ტექნიკა, რომელიც ზუსტად განკარგავს როდის რა სიდიდის დატვირთვა უნდა მიეცეს ჰიდროაგრეგატებს.

ხელსაწყოს ყველა პარამეტრი განისაზღვრება მარტივად, ჰიდრავლიკური და სტატიკური გაანგარიშების საფუძველზე.

წყალსაცავში წარმოშობილი ტალღების დროს საზომი ხელსაწყოს ტივტივას სამოძრაო შახტი, წყლის დონის დინამიკური წონასწორობის შენარჩუნების მიზნით ანუ საზომ ხელსაწყოზე ტალღების გავლენის მინიმალურად შესამცირებლად, ქვემოთ უკეთდება ორი ნაცმი. ზევიდან პირველი სწორკუთხა ან წრიული ფორმისაა, რომლის დანიშნულებაა მასში არასრული 50-60° დახრილი ტიხრებით, შეიქმნას ტალღებით გამოწვეული დონის ცვალებადობის შეკავებისათვის ხელოვნური წინააღმდეგობა. დახრილი არასრული ტიხრები (ნახ. 3) უზრუნველყოფს მასზე დალექილი შეტივტივებული ნატანის ბუნებრივ ჩამორეცხვას. პირველი ნაცმის ბოლოში, დასაშლელი სახით, მიერთებულია წაკვეთილი პირამიდის ფორმის პერფორირებული წყალმიმღები. წყალმიმღების კვეთი სწორკუთხა ფორმისაა, რომლის ბოლოში ორი მოპირდაპირე გვერდის სიგრძე მნიშვნელოვნად აჭარბებს დანარჩენი ორისას. გრძელი გვერდების დახრა ჰორიზონტთან 50-60°-ია, რომელსაც ბოლოში ცხაური უკეთდება მცურავი ნაწილების შახტში მოხვედრის თავიდან ასაცილებლად. წყალმიმღებ კონუსს ოთხივე გვერდზე უნდა გაუკეთდეს წყალმიმღები ხვრეტები (თითოეულზე 1-2), რომელიც შესული ნაკადის უკეთ ჩაქრობის მიზნით, სასურველია კედელში დახრილი იყოს წყალმიმღების ღერძისაკენ. შახტში წყლის დონის დინამიკური რყევის შემცირების მიზნით, სასურველია წყალმიმღებ კონუსშიც მოეწყოს დახრილი არასრული ტიხრები (ნახ. 3). ნაცმები, ისე როგორც ტივტივას შახტი, შეიძლება დამზადდეს უჟანგავი ლითონის მასალისგან ან მაღალი ხარისხის პოლიმერისაგან.



ნახ. 3. წყლის დონის საზომის წყალმიმღები დახრილი არასრული ტიხრებით

დასკვნა

ნაშრომში რეკომენდებული წყლის დონის საზომ ხელსაწყოს უპირატესობანი, მის წინამორბედთან შედარებით, რის გამო იგი შეიძლება ფართოდ დაინერგოს პრაქტიკაში, მოკლედ ასე ჩამოყალიბდება: გაზომვის მაღალი სიზუსტე; მაღალი საიმედოობა; გაზომილი სიდიდეების დაუმახინჯებლად გადაცემის უნარი; ჰიდროაგრეგატების რეგულირებაში მონაწილეობის შესაძლებლობა; უნივერსალობა გაზომვის სისტემაში; ხანგამძლეობა; გაზომვის შედეგებზე ტალღების მინიმალური გავლენა; გამორიცხულია უკუტვირთების ამოყირავება, ტროსის ან ჯაჭვის დახვევა და სხვ. საზომი ხელსაწყოს გაიაფების მიზნით, გარკვეულ პირობებში შეიძლება დამზადდეს ღია საპირწონე შახტი.

ლიტერატურა

1. **Железняков Г.В.** Гидрология и гидрометрия. М.: Высшая школа, 1981.
2. **მაღლაკელიძე ვ.** ჰიდროლოგია, ჰიდრომეტრია და ჰიდროტექნიკური ნაგებობები. თბილისი: განათლება, 1990, 418 გვ.
3. **გაბრიჩიძე ი., გედენიძე ზ. და სხვ.** წყალსატევში წყლის დონის საზომი ახალი მოწყობილობა. //წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული №63, თბილისი, 2007, გვ 20-23.

უაკ 632.453.3

საქართველოში 2008 წლის აგვისტოში საომარი მოქმედების შედეგად გადამწვარი ტყის მასივების ეკოლოგიურ-ეკონომიკური ზარალის შეფასება და მთის ფერდობებზე ნიადაგის ეროზიისაგან დამცავი ღონისძიებები

გივი გავარდაშვილი, მარტინ ვართანოვი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

საქართველოში 2008 წლის აგვისტოს თვეში საომარი მოქმედების შედეგად ბორჯომისა და გორის რეგიონებში გამოწვეულმა ხანძრებმა, რომლებმაც მოიცვა თითქმის 1003 ჰა ტყის მასივი, გამოიწვია ბუნებრივი პირობებისა და ნიადაგის წყალ-ფიზიკური თვისებების კატასტროფული გაუარესება, ზოგ შემთხვევაში მისი ჰუმუსოვანი 2-10 სმ ფენის პრაქტიკულად მთლიანი გამოწვა. შეიქმნა ეროზიული პროცესების, ნაღვარევების, ხევების, მეწყრების წარმოშობის საშიშროება, ღვარცოფებისა და წყალდიდობების წარმოქმნის საუკეთესო პირობები, მკვეთრად გაუარესდა გარემოს მდგრადობა.

როგორც ცნობილია, ჩვენს პლანეტაზე ტყე გავრცელებულია ყველა კონტინენტზე და მას უკავია ხმელეთის 30%. რაც შეეხება საქართველოს, იგი ევროპაში ერთ-ერთ ტყიან ქვეყნად ითვლება და მას IV ადგილი უკავია (საქართველოში ტყე განთავსებულია მთლიანი ტერიტორიის 39,8 %), ფინეთის (71%), შვედეთის (51%) და ლიტვის (44%) შემდეგ [8].

მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ტყის ერთ ჰექტარ ფართობს შეუძლია გადაამუშაოს 13-17 ტონა ნახშირორჟანგი და გამოიმუშაოს 10-15 ტონა ჟანგბადი.

ამასთან ერთად აუცილებელია აღვნიშნოთ, რომ 1 ჰექტარი ტყე წელიწადში მოიხმარს 13-18 მ^3 წყალს, ნიადაგში აბრუნებს 40-51 მ^3-ს, ხოლო 1 ჰექტარი ფართობი 150 მ^3 ხე-ტყის მარაგს შეიცავს. საინტერესოა აღინიშნოს ის ფაქტიც, რომ ერთი თანამედროვე ტიპის თვითმფრინავი 8-10 საათის ფრენის დროს შთანთქავს 35 ტონა ჟანგბადს, რასაც გამოყოფს 1 ჰექტარი ტყე მთელი ერთი წლის განმავლობაში [8].

საქართველოში საომარი მოქმედებების შედეგად ტყეში გაჩენილი ხანძრები უახლოეს 2-3 წელიწადში გავლენას იქონიებს არა მარტო მინერალური, არამედ იმ წყაროების წყლის დებეტზეც, რომლებიც მონაწილეობს ადგილობრივი მდინარეების ხარჯის ფორმირებაში.

ყველაფერმა ამან ერთად მკვეთრად გააუარესა რეგიონის რეკრეაციული პირობები, გამოიწვია მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური, სოციალური და ეკონომიკური ზარალი.

პირველ ფოტოზე ნაჩვენებია გორის მიმდებარე ტერიტორიაზე გადამწვარ ტყეში ფიჭვის ნარგავები, მე-2 ფოტოზე – წაღვერის მიმდებარე ტერიტორიაზე, სოფ. დაბაში გადამწვარი ტყის მასივები, მე-3 ფოტოზე – სოფ. დაბას ტყეში დამწვარი ხის ნარჩენები, ხოლო მე-4 ფოტოზე – ამავე ტყეში ნიადაგის ნიმუშის აღება.

ფოტო 1. გორის მიმდებარე ტერიტორია ხანძრის შემდეგ

საქართველოს პრემიერ-მინისტრის 2008 წლის 29 აგვისტოს №252 ბრძანებულების თანახმად, წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი აქტიურად იყო ჩართული საქართველოში საომარი მოქმედებების შედეგად გარემოსათვის მიყენებული ზიანის დადგენის საქმეში.

ფოტო 2. სოფელ დაბის (წაღვერი) მიმდებარე ტერიტორია ხანძრის შემდეგ

ფოტო 3. დამწვარი ხის ნარჩენები სოფელ დაბას ტყეში

ფოტო 4. დამწვარი ნიადაგის აღება სოფელ დაბას ტყეში (მარჯვნიდან პროფ. თ. ურუშაძე, პროფ. გ. გავარდაშვილი)

ბორჯომისა და ბორის რაიონში ტყის მასივების გადაწვისას ტერიტორიის ეკოლოგიურ-ეკონომიკური ზარალის კომპლექსური შეფასება

ტყის ხანძრის შედეგად გამოწვეული ეკონომიკური ზარალის დადგენის მიზნით განიხილება შემდეგი მეთოდური მიდგომა [9, 11, 12, 19]. ტყის და ნიადაგის ჰუმუსური ფენის განადგურების შედეგად, ასევე წყლის რესურსების შემცირებით გამოწვეული დანაკარგები განისაზღვრება პირდაპირი გადაანგარიშებით (განადგურებული რესურსების რაოდენობის ნამრავლით მის ღირებულებაზე).

რაც შეეხება ბუნებრივი ტყის ლანდშაფტის რეკრეაციული შესაძლებლობების მკვეთრი გაუარესების შედეგად გამოწვეულ დანაკარგებს, მათი სიდიდე ჯამდება 50-100 წლის განმავლობაში, რაც აუცილებელია ადრე არსებული ტყიანი საფარის ბუნებრივი აღდგენისათვის. აღნიშნული სიდიდე შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი ფორმულით [19]:

$$Y = \frac{\Pi \cdot S}{E}, \text{ (მლნ. ლარი)} \qquad (1)$$

სადაც Y არის სანიტარულ-საკურორტო მეურნეობის ზარალი; Π – რეკრეაციული ობიექტის ფუნქციონირების შედეგად მიღებული შემოსავალი; S – შემოსავლების სიდიდეში რეკრეაციული ბუნებრივი ფაქტორების შეტანის მახასიათებელი კოეფიციენტი; E – დროის ფაქტორის აღწერის ნორმა (დისკონტის ნორმა) – 1/წელიწადი

Π სიდიდე განისაზღვრება გამოსახულებით

$$\Pi = I \times P \times Z \times T, \qquad (2)$$

სადაც I რეკრეაციული ობიექტის მომსახურების ფასში მოგების წილია; P – დამსვენებელთა საშუალო რაოდენობა დღეში; Z – რეკრეაციული ობიექტის მომსახურების ფასი; T – რეკრეაციულ ობიექტზე დამსვენებლის ყოფნის დროის პერიოდი.

ეკონომიკურ ზარალთან ერთად, აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს სოციალური ზარალიც. მას მიეკუთვნება ზარალი, რომელიც გამოწვეულია საჰაერო აუზის ქიმიური დაბინძურებით და ლანდშაფტების ესთეტიკური ფასეულობების გაუარესებით.

მიუხედავად იმისა, რომ სოციალური ზარალის რაოდენობრივ შეფასებას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს, დღემდე საერთოდ არ არის მიღებული მისი გამოთვლის მეთოდიკა.

დღესდღეობით, სოციალური დანაკარგი (ზარალი) შეიძლება განისაზღვროს პირდაპირ ჯანმრთელობაზე განხორციელებული ხარჯების ზრდით და გამოითვლება ფორმულით [9, 19]

$$Y_{\text{სოც}} = \frac{\alpha \cdot N \cdot K}{E}, \text{ (მლნ. ლარი)} \qquad (3)$$

სადაც α ჯანმრთელობაზე დანახარჯების კოეფიციენტია; N – ადგილობრივ მცხოვრებთა რაოდენობა; K – საშუალო დანახარჯი მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე წლის განმავლობაში, ლარი/კაცი; E – დისკონტის ნორმა.

1. ბორჯომის ხეობაში ეკონომიკური ზარალის გაანგარიშება

- ხანძრის შედეგად დაზარალდა ტყის 950 ჰა, მათ შორის მთლიანად დაიწვა 250 ჰა. განადგურდა 290 ათასი მ³ ხე-ტყე, რამაც განსაზღვრა ზარალი

$$Y_ჯ = 290{,}0 \text{ ათასი მ}^3 \times 500 \text{ ლარი/მ}^3 = 145{,}0 \text{ მლნ. ლარი}, \qquad (4)$$

სადაც 500 ლარი/მ³ ხე-ტყის რესურსული ფასია;

- 950 ჰა ფართობზე მთლიანად ან ნაწილობრივ დაიწვა საშუალოდ 0.2 მ სისქის ნიადაგი. ჰუმუსური ფენის დაკარგვით გამოწვეული ზარალი საორიენტაციო მონაცემებით შეადგენს

$$Y_ჯ = 9\,500\,000 \text{ მ}^2 \times 0{,}2 \text{ მ} \times 100 \text{ ლარი/მ}^3 = 190 \text{ მლნ. ლარი}; \qquad (5)$$

- წყლის რესურსების შემცირებით გამოწვეული ზარალი შეადგენს

$$Y_ჯ = 50 \text{ მ}^3 \times 950 \text{ ჰა} \times 4{,}956 \text{ ლარი/მ}^3 = 0{,}235 \text{ მლნ. ლარი}, \qquad (6)$$

სადაც 4,956 ლარი 1 მ³ წყლის რესურსული ფასია;

- სანიტარულ-საკურორტო მეურნეობის ზარალი, რომელიც გამოითვლება (1) და (2) ფორმულებით, შეადგენს

$$Y_{სკ} = 0{,}3 \times 5{,}0 \text{ ათასი ადამიანი} \times 50 \text{ ლარი} \times 90 \text{ დღე} \times 1{,}0 : 0{,}01 = 675{,}0 \text{ მლნ. ლარი}. \qquad (7)$$

სოციალური ზარალის სიდიდე განისაზღვრება (3) ფორმულით

$$Y_{\text{სოც}} = 0{,}3 \times 5000 \text{ კაცი} \times 150 \text{ ლარი} : 0{,}02 = 11{,}250 \text{ მლნ. ლარი}. \qquad (8)$$

ამრიგად, ბორჯომის ხეობაში ტყის განადგურების შედეგად გამოწვეული ჯამური ზარალი შეადგენს 1 021 485 მლნ. ლარს.

2. გორის რაიონში ეკონომიკური ზარალის გაანგარიშება

- გორის რაიონში ხანძრის შედეგად დაზარალდა დაახლოებით ტყის 53 ჰა (მათ შორის, 50 ჰა ატენის ხეობაში). განადგურდა 16 ათასი მ³ ხე-ტყე, რამაც განსაზღვრა ზარალი

$$Y_ჯ = 16 \text{ ათასი მ}^3 \times 500 \text{ ლარი/მ}^3 = 8.0 \text{ მლნ. ლარი}; \qquad (9)$$

- 53 ჰა ფართობზე მთლიანად ან ნაწილობრივ დაიწვა საშუალოდ 0,2 მ სისქის ნიადაგი. ჰუმუსური ფენის დაკარგვით გამოწვეული ზარალი საორიენტაციო მონაცემებით შეადგენს

$$Y_ჯ = 530\,000 \text{ მ}^2 \times 0{,}2 \text{ მ} \times 100 \text{ ლარი/მ}^3 = 10{,}6 \text{ მლნ. ლარი}; \qquad (10)$$

- წყლის რესურსების შემცირებით გამოწვეული ზარალი შეადგენს

$$Y_ჯ = 50\ მ^3 \times 53\ ჰა \times 4{,}95\ ლარი/მ^3 = $$
$$= 0{,}013\ მლნ.\ ლარი; \quad (11)$$

- სანიტარულ-საკურორტო მეურნეობის ზარალი, რომელიც გამოითვლება (1) და (2) ფორმულებით, შეადგენს

$$Y_{სკ} = 0{,}3 \times 1{,}0\ ათასი\ ადამიანი \times 50\ \ლარი \times$$
$$\times 90\ დღე \times 1{,}0 : 0{,}01 = 135\ მლნ.\ ლარი. \quad (12)$$

სოციალური ზარალის სიდიდე იანგარიშება (3) ფორმულით და შეადგენს

$$Y = \frac{0{,}1 \times 50000\ კაცი \times 150\ ლარი}{0{,}02} =$$
$$= 37{,}5\ მლნ.\ ლარი. \quad (13)$$

ამგვარად, გორის რაიონში ტყის განადგურების შედეგად გამოწვეული ჯამური ზარალი შეადგენს 191,113 მლნ. ლარს.

დასკვნა

- ტყის ხანძრების მოვლენა საქართველოში იმდენად იშვიათია და უმნიშვნელო მასშტაბები აქვს, რომ მას ამ ბოლო პერიოდამდე არ ექცეოდა სათანადო ყურადღება. მაგრამ 2008 წ. აგვისტოს თვეში საქართველოში საომარი მოქმედებების შედეგად ბორჯომ-წაღვერის ხეობებში გაჩენილმა ხანძრებმა, რამაც თითქმის 1003 ათასი ჰა-ზე მეტი ტყის ფართობი შეიწირა, დაადასტურა ამ მოვლენის განსაკუთრებული მნიშვნელობა და მეცნიერებმა მას დიდი ყურადღება უნდა დაუთმონ. თუმცა, მსოფლიო ხანძრების გათვალისწინებით, ჯერ კიდევ 2006 წ. აკად. ცოტნე მირცხულავამ დასვა საკითხი [12], სადაც მის მიერ პირველად იქნა შემოთავაზებული მეთოდი ტყის დიდი ხანძრების პროგნოზირების, მოწყვლადობისა და განმეორებადობის შესახებ. შემოთავაზებული მეთოდი დასაბუთებულად იძლევა იმის საშუალებას, რომ განსაზღვრული ალბათობით განხორციელდეს ტყეებში ხანძრის წარმოშობის ადგილის, დროისა და მასშტაბების პროგნოზირება ხანძრის კატეგორიების მითითებით, რათა დროულად და მინიმალური ზარალით თავიდან იქნეს აცილებული საქართველოს პირობებში ეს ეკოლოგიური კატასტროფის ტოლფასი მოვლენა.
- წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში დამუშავებული მეთოდოლოგიის გამოყენებით, ჯამურმა მაჩვენებელმა – ბორჯომის, გორის მიმდებარე ტერიტორიაზე და ატენის ხეობების ტყეებში გაჩენილი ხანძრის შედეგად მიყენებულმა ზარალმა შეადგინა 1 მილიარდ 212 მილიონ 595 ათასი ლარი.

გადამწვარ ტერიტორიებზე ნიადაგის ეროზიული პროცესების პროგნოზირება

ბორჯომისა და გორის რეგიონებში გადამწვარი ნიადაგის გეოეკოლოგიური შეფასების მიზნით, წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის მეცნიერი თანამშრომლების მიერ განხორციელდა ექსპედიციები 2008 წლის აგვისტო-ნოემბრის თვის განმავლობაში. მე-5 და მე-6 ფოტოებზე ნაჩვენებია გორის მიმდებარე ტერიტორიასა და სოფ. დაბაში გადამწვარი ნიადაგის ზედაპირი. ადგილზე აღებულ იქნა გადამწვარი ნიადაგის სინჯები და ინსტიტუტში ჩატარებული ლაბორატორიული კვლევების ანალიზის საფუძველზე დადგინდა:

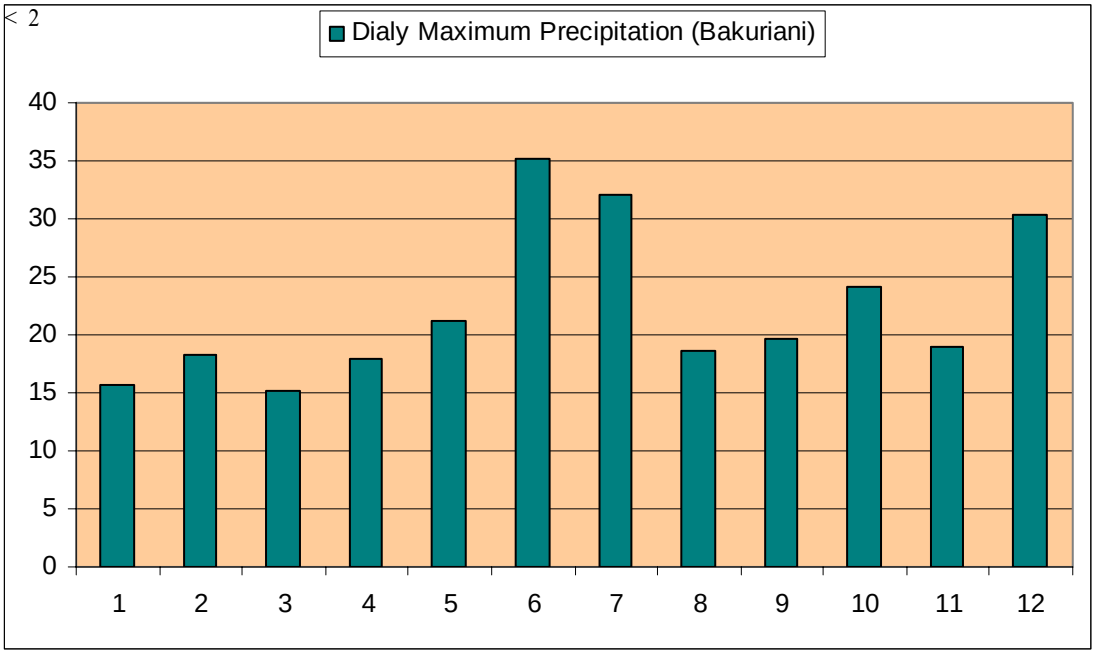
ბორჯომის ხეობაში (წაღვერი-დაბის ტერიტორიაზე) მომხდარი ხანძრის შემდგომ მდგომარეობის შესწავლის მიზნით, განხორციელდა ნიმუშიდან გამონაწურის ქიმიური ანალიზი. ქანიდან გამონაწურის ანალიზის მონაცემები ადასტურებს, რომ ნიმუშში ადვილად ხსნადი მარილების საერთო რაოდენობა ნიადაგის ზედა ფენებში შეადგენს 2%-ს; ჰუმუსის შემცველობა ძალიან მცირეა და 1.25%-ს აღწევს. ნიადაგი უმეტესად კარბონატულია და ღარიბია საკვები ელემენტებით. შთანთქმული *Na*-ის რაოდენობა ტევადობის 2.34%-ს შეადგენს, რაც დასაშვებ ნორმაზე მეტია. ნიადაგებისათვის დამახასიათებელია მცირე რაოდენობით სოდის შემცველობა, საერთო ტუტიანობა საკმაოდ მაღალია და ტოქსიკურ ზღვარს აღწევს; ქლორის შემცველობა სიღრმით მატულობს და მცენარეებისათვის საშიშ ზღვარზე მეტია. ამ მონაცემებიდან გამომდინარე, შესწავლილ ნიადაგს

დაკარგული აქვს სტრუქტურა და ხასიათდება წყლისა და ქარისმიერი ეროზიის მიმართ დიდი სენსიტიურობით.

ეროზიული პროცესების შესწავლის მიზნით გამოქვეყნებული სამეცნიერო ლიტერატურის ანალიზის შედეგად დადგინდა, რომ წაღვერის მიმდებარე ტერიტორიებზე, სოფ. დაბაში მდ. ნიაღვარის ღელეს, ე.წ. მტს-ის ღელეს და რუსის ღელეს წყალშემკრებ აუზებში ნალექების წლიური მაქსიმალური მაჩვენებელი იცვლება 600-800 მმ/წელიწადში, ხოლო ბორჯომის რეგიონში ნალექების განაწილება თვეების მიხედვით მოცემულია პირველ ცხრილში, ნალექების განაწილების ციკლოგრამა კი – მე-7 სურათზე.

ფოტო 5. გორის მიმდებარე ტერიტორიაზე გადამწვარი ნიადაგის ზედაპირი

ფოტო 6. სოფელ დაბაში გადამწვარი ნიადაგის ზედაპირი



სურ. 7. ნალექების განაწილების ციკლოგრამა

ცხრილი 1

წლიური მაქსიმალური ნალექების განაწილება თვეების მიხედვით

სადგურის დასახელება	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ბაკურიანი	15,7	18,2	15,2	17,9	21,2	35,2	32	18,7	19,7	24,2	18,9	30,3

სურ. 8. ტოპოგრაფიული რუკა

საველე გამოკვლევებისა და ტოპოგრაფიული რუკის გამოყენებით (სურ. 8) დადგინდა, რომ მდ. ნაღვარევის წყლის წყალშემკრები აუზის მთლიანი ფართობი შეადგენს $F_0 = 4.313$ კმ^2, გადამწვარი ფართობისა კი $F_1 = 1{,}25$ კმ^2, ხოლო სენსიტიური ფართობი $F_2 = 0{,}95$ კმ^2-ს. ანალოგიური მაჩვენებლები ე.წ. მტს-ის ხევისათვის – $F_0 = 1.656$ კმ^2, $F_1 = 0.52$ კმ^2, $F_2 = 0{,}41$ კმ^2, ხოლო რუსის ღელეს შემთხვევაში – $F_0 = 2.375$ კმ^2, $F_1 = 0.66$ კმ^2 და $F_2 = 0{,}44$ კმ^2-ს.

ამრიგად, ბორჯომის რაიონში ჩატარებული საველე-სარეკოგნოსცირებო კვლევების ანალიზის შედეგად, შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნა: დაბა წაღვერის რეგიონში მდ. ნაღვარევის, მდ. მტს-ის ღელეს და მდ. რუსის ღელეს წყალშემკრებ აუზში ხანძრისაგან დაიწვა 950 ჰექტარი ფართობი ტყის მასივი, აქედან მთლიანად გადამწვარი ტყის 250 ჰა (2,50 კმ^2) ფართობიდან სენსიტიურ უბნებად დავაფიქსირეთ 1.91 (კმ^2) ანუ 191 ჰექტარი, ე.ი. მთლიანი გადამწვარი ფართობის 84%.

ეროზიის კოეფიციენტის (E) დადგენის მიზნით, ვსარგებლობთ შემდეგი დამოკიდებულებით [3]:

$$E = \left[0{,}58 + 1{,}40(F_2 / F_1)\right](t/T)^{0{,}21}, \qquad (14)$$

სადაც F_1 არის გადამწვარი წყალშემკრები აუზის ფართობი (კმ^2); F_0 – მთლიანი წყალშემკრები აუზის ფართობი (კმ^2); t – საანგარიშო დროის ელემენტარული პერიოდი (წელი); T – საპროგნოზო დროის მთლიანი პერიოდი (წელი).

(14) დამოკიდებულებისა და ინგლისელი მეცნიერის, პროფ. რ. მორგანის [16] ეროზიული სკალის გამოყენებით მიღებული გაანგარიშების შედეგები მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

ეროზიის პროგნოზი

ეროზიის კოეფიციენტის მნიშვნელობა (*E*)	2009	2010	2011	2012	2013	ეროზიის კლასი რ. მორგანის მიხედვით [16]	ეროზიის ინტენსივობა წელიწადში (ტ/ჰა)
მდ. ნაღვარევის წყლის წყალშემკრები აუზი	0,95	1,11	1,21	1,27	1,34	3	5 - 10
მდ. მტს-ის ღელეს წყალშემკრები აუზი	0,56	0,65	0,71	0,75	0,79	2	2 - 5
მდ. რუსის ღელეს წყალშემკრები აუზი	0,47	0,56	0,60	0,64	0,67	2	2 - 5

ეროზიის კლასი ამჯერად მეორე რიგისაა (პროფ. რ. მორგანის მიხედვით), რომლის შესაბამისი ეროზიის ინტენსივობა წელიწადში ჯერჯერობით ნაკლებია 2÷5 ტონა/ჰა-ზე.

ამ რეგიონში ინტენსიური წვიმების გათვალისწინებით (პროგნოზით წვიმის მაქსიმალური ინტენსივობა უტოლდება K = 0,195 მმ/წმ), შესაძლებელია უფრო გაძლიერდეს ნიადაგის წყლისმიერი ეროზიული პროცესები, რაც კიდევ უფრო დაამძიმებს იქ არსებულ ეკოლოგიურ მდგომარეობას.

ეროზიის საწინააღმდეგო რესურსდამზოგი ახალი კონსტრუქციები და მათი დაპროექტებისათვის ბაანბარიშების მეთოდები

ეროზიული პროცესების პროგნოზირებას და მათი საწინააღმდეგო ღონისძიებების დაპროექტებისათვის მეთოდოლოგიის დამუშავებას ყოფილ საბჭოთა კავშირში და, მათ შორის, საქართველოშიც საფუძველი ჩაუყარა მსოფლიოში ცნობილმა მეცნიერმა, აკადემიკოსმა ცოტნე მირცხულავამ [13, 14, 15]. განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს, დამოუკიდებელ საქართველოში წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში მისი ხელმძღვანელობითა და უშუალო მონაწილეობით „საქართველოს ნიადაგების ეროზიისაგან დაცვის სახელმწიფო მიზნობრივი პროგრამის“ დამუშავება, რომელიც დამტკიცებულია საქართველოს პრეზიდენტის შესაბამისი ბრძანებულებით.

ბორჯომის რეგიონში ხანძრის ზონებში ჩატარებულმა ექსპედიციურმა გამოკვლევებმა დაადასტურა, რომ რეგიონი განთავსებულია ტყის ზედა სარტყლის ლანდშაფტში საშუალო სიმაღლის მთებით, რცხილნარწიფლნარი და ზოგან ფიჭვნარი ტყით. რაც შეეხება ნიადაგებს, აქ ძირითადად გავრცელებულია ღია და გაეწრებული საშუალო და მცირე სისქის ტყის ყომრალი ნიადაგები.

საველე და კარტოგრაფიული მონაცემების ერთობლივი დამუშავებით დადგინდა მდ. ნაღვარევის ღელის, მდ. მტს-ის ღელისა და მდ. რუსის ღელის წყალშემკრები აუზის გადამწვარ ფართობებზე განთავსებული მთის ფერდობების დახრის კუთხის მნიშვნელობები, რომელთა მაჩვენებლებიც მოცემულია მე-3 ცხრილში.

წყლისმიერი ეროზიის საწინააღმდეგოდ, წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში დამუშავებულია მთელი რიგი ეროზიის საწინააღმდეგო რესურსდამზოგი ახალი კონსტრუქციები, რომელთა მეცნიერულ-ტექნიკური სიახლის პრიორიტეტებიც დამოწმებულია საქართველოსა და საზღვარგარეთის პატენტის მოწმობებით [1, 2, 4, 5, 7].

მთის ფერდობის ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა (სურ. 9.1), რომელიც რიგებად განლაგებული მთის ფერდობის მთელ სიგანეზე ჩამაგრებული ავტომობილის ამორტიზებული საბურავებისაგან შედგენილია სექციებად; გამოყენებული საბურავები განლაგებულია გვერდითი ზედაპირებით ერთმანეთზე მიჯრით, ჩალაგებულია გრუნტის თხრილში და მჭიდროდაა დაკავშირებული ერთმანეთთან ლითონის ბაგირებით, რომლებიც გატარებულია საბურავებში წინასწარ გაკეთებულ ნახვრეტებში, შემოხვეულია

სექციის ერთ ბოლოზე მიმაგრებულ ლითონის П-სებრ ელემენტზე და ბოლოები ხისტადაა ჩამაგრებული სექციის მეორე ბოლოზე დაყენებულ П-სებრ ელემენტზე ქანჩითა და ჭანჭიკით; ამასთან, ნაგებობიდან წყლის ნაკადის გაყვანის მიზნით, ნაგებობის ზედა ბიეფში მოწყობილია წყალამრიდი არხები [4].

ეროზიის საწინააღმდეგო ზვინულები (სურ. 9.2 და 9.4), რომლებიც შედგება მიწის ტომრებისაგან, მთის ფერდობზე განლაგებულია სხვადასხვა კონფიგურაციით, რაც უზრუნველყოფს მთის ფერდობზე ინტენსიური წვიმების შედეგად წარმოშობილი წყლის ზედაპირული ნაკადების კინეტიკური ენერგიის ჩაქრობას. მიწის ზვინულებს შორის მანძილი და მათ შორის მცენარეული საფარის განახლება ხორციელდება შესაბამისი მეთოდოლოგიით, რომელიც განხილულია ქვემოთ [2].

მთის ფერდობის ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა (სურ. 9.3), შედგება ავტომობილის ამორტიზებული, დიამეტრზე გაკვეთილი საბურავებისაგან, რომლებიც ერთი ბოლოთი გრუნტში ხისტადაა ჩამაგრებული ერთმანეთთან მიჯრით, ხოლო მეორე, ნიადაგის ზემოთ დარჩენილი ნაწილი მიმართულია მთის ფერდობზე მოსული ინტენსიური წვიმის შედეგად წარმოშობილი წყლისმიერი ზედაპირული ეროზიის საწინააღმდეგოდ [5].

მთის ფერდობის ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა (სურ. 9.5), რომელიც შედგება ჭადრაკულად განლაგებული ავტომობილის ამორტიზებული საბურავების შედგენილი სექციებისაგან [5], რომელთაგან ორი ჩამაგრებულია დიამეტრის სიგრძის დაახლოებით 1/3 ნაწილით და მუშა ზედაპირებით ერთმანეთთან მიჯრით დაკავშირებულია ისე, რომ მათი დიაგონალი მართობული იყოს ფერდობის სიბრტყისადმი, ხოლო მესამე განთავსებულია ნიადაგის ზედაპირზე და გაყრილია ნიადაგში ჩამაგრებული საბურავების ღრუ ტანში, დანარჩენი საბურავები კი – გვერდითი ზედაპირების ერთმანეთთან მიჯრით ნიადაგის ზედაპირზე ისე, რომ მათი მუშა ზედაპირები მოთავსებულია ნიადაგში ჩამონტაჟებული საბურავების შიგა მხარეს. მთის ფერდობის ზედაპირზე განლაგებულ საბურავებში სექციების მდგრადობის გასაძლიერებლად ჩარგულია მცენარეები.

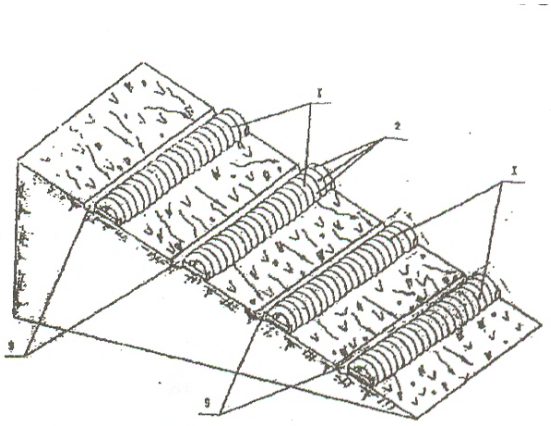
მთის ფერდობის ეროზიის საწინააღმდეგო ახალი მოწყობილობა **(**სურ. 9.6**),** უზრუნველყოფს გრუნტის ნაწილაკების ადგილზე შეკავებას, ეწინააღმდეგება ეროზიის გავრცელებას მთის ფერდობზე, ქმნის მცენარისათვის ნორმალურ ეკოლოგიურ გარემოს და ხასიათდება დაბალი სამშენებლო სამონტაჟო ხარჯებით [1]. ნაგებობა შედგება პოლიეთილენის ტომრებისაგან, რომლებიც შევსებულია ადგილობრივი გრუნტით. პოლიეთილენის ტომრები გრუნტის ზედაპირზე დამაგრებულია ლითონის სამაგრებით, ხოლო თავისუფალ ადგილებში ჭადრაკულადაა დარგული მცენარეები.

კონსტრუქციების მოსაწყობად გამოყენებულია როგორც მიწის ტომრები შევსებული ადგილობრივი გრუნტით, ისე ამორტიზებული ავტომობილის საბურავები. წარმოდგენილი ახალი კონსტრუქციები, შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს როგორც წყალამრიდი ზვინულების, ისე სხვადასხვა ცალკეული ღონისძიებების სახით; ხოლო ეროზიულ ფართობებზე, სენსიტიური უბნების დადგენის შემდეგ შეირჩევა, თუ რომელ კონსტრუქციას გაეწიოს რეკომენდაცია და შემდეგ ეტაპზე ხორციელდება მისი დაპროექტება.

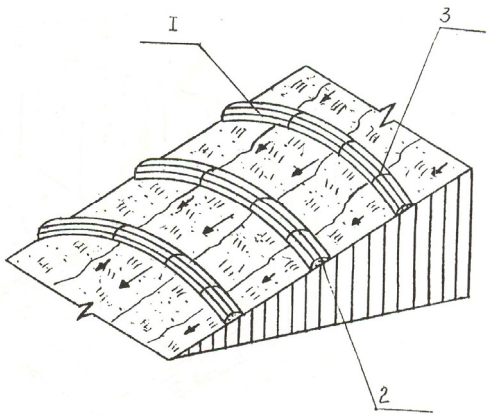
ცხრილი 3

მთის ფერდობების გეომეტრიული მაჩვენებლები

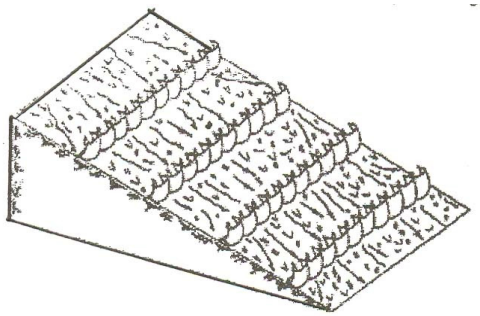
წყალშემკრები აუზის დასახელება	ფერდის პროექცია	ფერდის დაწყებისა და დამთავრების ნიშნული ზღვის დონიდან (მ)		ფერდის სიგრძე (მ)	ფერდის ქანობი	ფერდის დახრის კუთხე (გრად)
ნაღვარევის ღელე	მარჯვენა	1475	1105	875	0,423	$25^0\ 00'$
	მარცხენა	1375	1105	625	0,432	$25^0\ 40'$
მტს-ის ღელე	მარჯვენა	1375	1125	500	0,500	$30^0\ 00'$
	მარცხენა	1425	1125	375	0,733	$47^0\ 10'$
რუსის ღელე	მარჯვენა	1588	1250	575	0,587	$36^0\ 00'$
	მარცხენა	1450	1250	360	0,555	$33^0\ 40'$



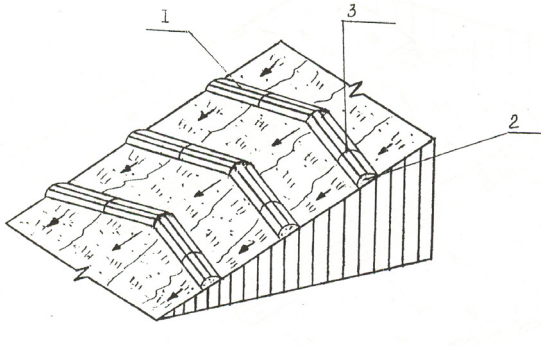
9.1



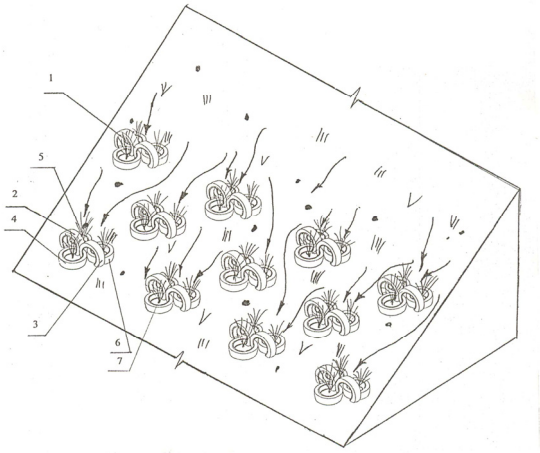
9.2



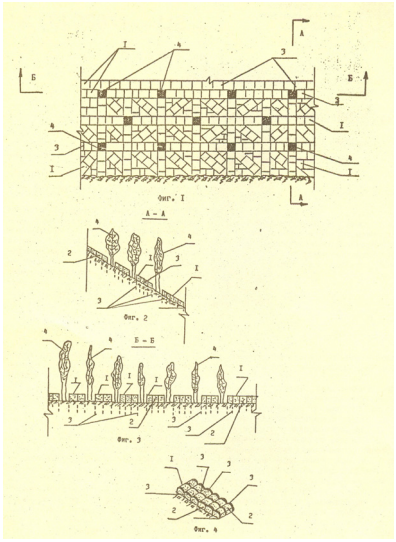
9.3



9.4



9.5



9.6

სურ. 9. ეროზიის საწინააღმდეგო ახალი კონსტრუქციები

მთის ფერდობის ტოპოგრაფიული, გეოლოგიური, ნიადაგობრივი, კლიმატური, ჰიდროლოგიური და ფერდობზე ფორმირებული ზედაპირული წყლის ნაკადის ჰიდრავლიკური პარამეტრების მხედველობაში მიღებით, აკად, ც. მირცხულავას [13] მეთოდოლოგიის გამოყენებით წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში დადგენილ იქნა ეროზიული პროცესების საწინააღმდეგოდ ზვინულებს შორის ის კრიტიკული ურთიერთდაშორება (მანძილი)

X_0, რომელიც უზრუნველყოფს ნიადაგის დაცვას წყლისმიერი ეროზიული პროცესებისაგან [18]

$$X_0 = \frac{V_{\Delta 0}^{5,4}\left(BH_0+1\right)^{2,7} n^{4,4}\sqrt{\alpha^2+\beta^2}}{2{,}25\ln^2\left(1-R\right)dtg^{0,8}sq}, \text{ (მ)} \quad (15)$$

სადაც $V_{\Delta 0}$ ნიადაგის ზღვრული (არაწამრეცხი) ფსკერული სიჩქარეა (მ/წმ); B – ფერდობის სიგანე, რომელიც იანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$B = \frac{156250}{wdt}, \quad (16)$$

სადაც w ნაკადის პულსაციის სიხშირის საშუალო მნიშვნელობაა (1/წმ); d – ნიადაგის მოწყვეტილი ნაწილაკის ზომა ($d = 0{,}0004$ მ); t – მოცემული ინტენსივობის წვიმის ხანგრძლივობა, წმ; H_0 – ნაკადულის ფსკერის წარეცხვის დასაშვები სიმაღლე, მ; n – ფერდობის ხორკლიანობის კოეფიციენტი; α, β – ფერდობის ზედაპირის უსწორობის მახასიათებელი კოეფიციენტები (მოხნული ნიადაგისათვის $\alpha = 13{,}4;\ \beta = 17{,}6$); R – ეროზიის თვალსაზრისით ფერდობის საიმედოობა; s – ფერდობის დახრის კუთხე (გრადუსი); q – ფერდობის ჩამონადენი (მ/წმ).

თუ გავითვალისწინებთ აკად. ც. მირცხულავას მიერ რეკომენდებულ არაწამრეცხი ფსკერული სიჩქარეების მნიშვნელობებს – ქვიშნარი ნიადაგებისათვის 0,11 მ/წმ, თიხნარებისათვის – 0,115 მ/წმ, ხოლო თიხებისათვის – 0,12, მაშინ (15) დამოკიდებულებით გამოთვლილი ეროზიის საწინააღმდეგო ზვინულებს შორის მანძილის ოპტიმალური მნიშვნელობები მოყვანილია მე-4 ცხრილში [18].

მიღებული მონაცემები შედარებულ იქნა მცენარეული საფარის არმქონე ფერდობებზე ქვიშნარი ნიადაგის პირობებისათვის, მსოფლიოში ცნობილი მეცნიერების რ. მორგანის [16], რ. მარშალის [10] და USLE-ის მონაცემებთან. ანალიზით დადგინდა, რომ აკად. ც. მირცხულავას [14, 15] მეთოდოლოგია უფრო მისაღებია, რადგან, გარდა ეროზიის განმსაზღვრელი ძირითადი პარამეტრებისა, ანგარიშში გათვალისწინებულია ეროზიული პროცესების ალბათური ხასიათიც.

რაც შეეხება ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობების სამშენებლო-სამონტაჟო ღირებულებას, იგი წინასწარი გაანგარიშებით ერთი გრძივი მეტრის მოწყობისას არ აღემატება 12÷25 ლარს.

ცხრილი 4

ეროზიის საწინააღმდეგო ზვინულებს შორის მანძილი (მ)

ფერდობის ქანობი (გრადუსი)	ქვიშნარი		თიხნარი		თიხები	
	$V_{\Delta 0} = 0{,}11$ (მ/წმ)		$V_{\Delta 0} = 0{,}115$ (მ/წმ)		$V_{\Delta 0} = 0{,}12$ (მ/წმ)	
	$R = 0{,}95$	$R = 0{,}99$	$R = 0{,}95$	$R = 0{,}99$	$R = 0{,}95$	$R = 0{,}99$
5	39,1	16,6	49,7	21,1	62,6	26,6
10	22,5	9,5	28,6	12,1	35,9	15,3
15	16,2	6,9	20,6	8,8	26,0	11,0
20	12,9	5,5	16,4	7,0	20,6	8,8
30	9,3	4,0	11,9	5,0	14,9	6,3
40	7,4	3,1	9,4	4,0	11,9	5,0
50	6,2	2,6	7,9	3,3	9,9	4,2
60	5,4	2,3	6,8	2,9	8,6	3,6
70	4,7	2,0	6,0	2,6	7,6	3,2

დასკვნა

- საქართველოში 2008 წლის აგვისტოს თვეში გაჩენილი ხანძრის შედეგად გადაიწვა 1003 ჰექტარი ტყის ფართობი, აქედან 250 ჰექტარი გადამწვარია მთლიანად. საერთო ზარალმა 1 მილიარდ 212 მილიონ 595 ათასი ლარი შეადგინა;
- გადამწვარ ტერიტორიაზე განხორციელებული საინჟინრო-ეკოლოგიური გამოკვლევებით დადგინდა, რომ მთლიანად გადამწვარი 250 ჰექტრიდან, სენსიტიურ ძლიერ ეროზიულ უბნებს მიეკუთვნება 191 ჰექტარი ტყის ფართობი;
- სენსიტიურ უბნებზე აღებული ნიადაგის ანალიზის მონაცემები ადასტურებს, რომ ადვილად ხსნადი მარილების საერთო რაოდენობა ნიადაგის ზედა ფენებში შეადგენს 2%-ს. ჰუმუსის შემცველობა ძალიან მცირეა, 1.25%-ს აღწევს. ნიადაგი უმეტესად კარბონატულია, ღარიბია საკვები ელემენტებით. შთანთქმული *Na*-ის რაოდენობა ტევადობის 2.34%-ს შეადგენს, რაც დასაშვებ ნორმაზე მეტია. ნიადაგებისათვის დამახასიათებელია მცირე რაოდენობით სოდის შემცველობა, საერთო ტუტიანობა საკმაოდ მაღალია და ტოქსიკურ ზღვარს აღწევს. ქლორის შემცველობა სიღრმით მატულობს და მცენარეებისათვის საშიშ ზღვარზე მეტია. ამ მონაცემებიდან გამომდინარე, შესწავლილ ნიადაგს დაკარგული აქვს სტრუქტურა და ხასიათდება წყლისა და ქარისმიერი ეროზიის მიმართ დიდი სენსიტიურობით;
- ჩატარებული გამოთვლით დადგინდა, რომ 191 ჰექტარი ტყის სენსიტიური ფართობი ამჟამად მიეკუთვნება ეროზიის მეორე კლასს, რომელიც ინგლისელი პროფესორის, რ. მორგანის სკალის გათვალისწინებით, შეესაბამება ეროზიის ინტენსივობას წელიწადში 2-5 ტ/ჰა-ზე;
- გადამწვარ ტყის ფერდობებზე წარმოშობილი ეროზიის საწინააღმდეგოდ შემოთავაზებულია მთის ფერდობების ახალი ნაგებობები, რომელთა მეცნიერულ-ტექნიკური სიახლის პრიორიტეტებიც დამოწმებულია საქართველოს და საზღვარგარეთის პატენტით.
- აკადემიკოს ცოტნე მირცხულავას მიერ მსოფლიოში ცნობილი ეროზიული პროცესების პროგნოზირების მეთოდოლოგიის გამოყენებით დამუშავებულია ეროზიის საწინააღმდეგო ახალი კონსტრუქციების დაპროექტებისათვის გაანგარიშების მეთოდი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მთის ფერდობის ტოპოგრაფიული, ნიადაგობრივი, გეოლოგიური, კლიმატური, ჰიდროლოგიური და წყლის ზედაპირული ნაკადის ჰიდრავლიკური პარამეტრების გამოყენებით ვიანგარიშოთ ეროზიის საწინააღმდეგო ზვინულებს შორის მანძილი, რომელიც მთის ფერდობის მდგრადობას უზრუნველყოფს საიმედოობის ელემენტების გათვალისწინებით.

ლიტერატურა

1. **Гавардашвили Г.В., Шарангиа Р.Л.** Устройство для борьбы с эрозией. Авт. св. СССР №1783042, Бюлл. №47, М.: 1992 , с. 156.
2. **გავარდაშვილი გ.** გრუნტის ეროზიის საწინააღმდეგო მოწყობილობა. საქართველოს პატენტი, №925U, ბიულ. №15(115), თბილისი, 2002, გვ. 25.
3. **Гавардашвили Г.В.** Оценка эрозионных процессов горных ландшафтов в "коридоре" нефтегазопроводов //Инженерная экология, М., №6, 2003, с. 51-57.
4. **გავარდაშვილი გ., წულუკიძე ლ.** მთის ფერდობის ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა. საქართველოს პატენტი №1080U, ბიულ. №5 (153), თბილისი, 2004, გვ. 18.
1. **გავარდაშვილი გ., წულუკიძე ლ.** მთის ფერდობის ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა. საქართველოს პატენტი №1118, ბიულ. №15 (163). თბილისი, 2004, გვ. 22.
2. **Гавардашвили Г.В.** Эрозионно-селевые процессы и солнечная активность //Экологические системы и приборы, № 2, М., 2007, с. 50 – 53.
3. **გავარდაშვილი გ., წულუკიძე ლ., გავარდაშვილი ნ., კინგი ლ., შეფერი მ.** მთის

ფერდობის ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა. საქართველოს პატენტი №9764A, ბიულ. №13 (257), თბილისი, 2008, გვ. 13.

4. **გიგაური გ., სუპატაშვილი ა., გიგაური გ. (უმცროსი).** საქართველოს ტყეების საკურორტო რეკრეაციულ-ტურისტული მნიშვნელობა და მათში მეურნეობის გაძღოლის საფუძვლები. თბილისი, 2007, 252 გვ.
5. **Гришин А.М.** Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. Новосибирск: Наука, СО, 1992.
6. **Marshall, R.G. and Ruban, T.F**. Geotechnical aspects of pipeline construction in Alberta. Canadian Geotechnical Journal, 20: 1983, p. 1-10.
7. **Мелихов Н.С.** Природа леса и лесные пожары. Архангельск: ОГН3, 1947.
8. **Мирцхулава Ц.Е.** Об одном подходе прогнозирования крупных лесных пожарных опасностей, уязвимости и их повторяемости //Экологические системы и приборы, №5, 2006. с. 39-50.
9. **Мирцхулава Ц.Е.** Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. М.,1970,179 с.
10. **Мирцхулава Ц.Е.** Основы физики и механики эрозии русел. Л., 1988.- 303 с.
11. **Мирцхулава Ц.Е**. Об общей методологии решения гидравлических задач с позиции надежности. В сб. Вопросы теории и практики надежности гидромелиоративных систем и сооружений. ГрузНИИГиМ, Тбилиси, 1989, с. 112-129.
12. **Morgan, R.P.C**. Topics in Application Geography. Soil Erosin, Longmont, London, 1979, 114 p.
18. **ნადირაშვილი ვ., თოფურიძე ზ.** ეროზიის საწინააღმდეგო მიწის ზვინულების ურთიერთდაშორების გამოთვლის მეთოდი. ეროზიულ-ღვარცოფული მოვლენები და ზოგიერთი მომიჯნავე პრობლემები. საერთაშორისო კონფერენციის სამეცნიერო შრომათა კრებული, 2001, თბილისი, გვ. 172-177.
19. **Рабинович Б. М**. Экономическая оценка земельных ресурсов и эффективности инвестиций.

უაკ 148.93

საქართველოში მეწყრულ-გრავიტაციული მოვლენების შედეგები და მათი განვითარების კანონზომიერება

გიგლა გობეჩია[1], ემილ წერეთელი[2], იგორ ბონდირევი[2], გიორგი გაფრინდაშვილი[2], ციცინო დონაძე[2]

[1)] საქართველოს საწარმოო ძალების და ბუნებრივი რესურსების შემსწავლელი სამეცნიერო ცენტრი,
[2)] ვახუშტი ბაგრატიონის სახელობის საქართველოს გეოგრაფიის ინსტიტუტი, ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

საქართველო სტიქიურ-კატასტროფული პროცესების განვითარების მასშტაბებით, მათი დროში განმეორებადობით და მათგან მოსახლეობის, სასოფლო-სამეურნეო მიწებისა და საინჟინრო ობიექტებისადმი მიყენებული ნეგატიური შედეგებით მსოფლიოს მთიან მხარეთა ურთულეს რეგიონს განეკუთვნება.

გეოლოგიური სტიქიის ძლიერ ზეგავლენას (ხშირად, კატასტროფული შედეგებით) პერიოდულად განიცდის ათასობით დასახლებული პუნქტი, მიწის სავარგულები, გზები (პირველყოვლისა, საავტომობილო), ნავთობ- და გაზსადენის ტრასები, მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ანძები, ჰიდროტექნიკურ-სამელიორაციო ობიექტები, სამოტურისტული კომპლექსები და სხვ. სტიქიის საშიშროების არეალში მოქცეულია თითქმის ყველა ლანდშაფტურ-გეოგრაფიული ზონა – შავი ზღვისპირეთიდან დაწყებული, მაღალმთიანეთით დამთავრებული, სადაც გეოეკოლოგიური სიტუაცია უაღრესად გართულებულია „დაძაბულიდან“ „კრიზისულ“ მდგომარეობამდე. აქ განვითარებული ღვარცოფებით, მეწყრულ-გრავიტაციული და ეროზიული მოვლენებით, წყალდიდობებით, ზღვისა და წყალსაცავების ნაპირების წარეცხვით, თოვლის ზვავებით, მყინვარების ჩამოქცევით და მათგან ტრანსფორმირებული ე.წ. „გლაციალური ღვარცოფებით“ გამოწვეული უარყოფითი სოციალურ-ეკონომიკური, დემოგრაფიული და ეკოლოგიური შედეგები მოიცავს ადამიანის საქმიანობის ყველა სფეროს.

განსაკუთრებულად მძიმე ვითარებაა შექმნილი მთიან რეგიონებში, სადაც სტიქიის ექსტრემალური გააქტიურების პირობებში, არცთუ იშვიათად საჭირო ხდება მოსახლეობის აყრა ისტორიულად დამკვიდრებული საცხოვრებლებიდან და ზოგჯერ გაყვანა სხვა რაიონებში. XX საუკუნის მეორე ნახევარში ამას მოჰყვა ათეულობით მთის სოფლის დაცარიელება და მიწების გავერანება. ყველაზე საგანგაშო კი ის არის, რომ ამ მოვლენებს ხშირად თან სდევს ადამიანთა მსხვერპლი. მარტო 1987 წლიდან დღემდე, საქართველოში სტიქიამ შეიწირა 600-ზე მეტი ადამიანი, ხოლო ბოლო 35 წლის მანძილზე მათმა რიცხვმა 1000-ს გადააჭარბა. ამავე პერიოდში სტიქიით დაზიანებული ადგილებიდან ახალ უსაფრთხო ადგილზე გადაყვანილ იქნა 50 ათასამდე ოჯახი. სტიქიის ფონური გააქტიურების პირობებშიც კი საერთო ეკონომიკური ზარალი ათეული მილიონი დოლარით განისაზღვრება, ხოლო მისი ექსტრემალური განვითარებისას ასეულ მილიონებში გადადის.

სტიქიის განსაკუთრებული ექსტრემალური რეაქტივაცია დაიწყო XXI საუკუნის დასაწყისში. მარტო 2004-2005 წლებში აღნიშნული მოვლენების მაღალი საშიშროების რისკის არეალში აღმოჩნდა 1035 დასახლებული პუნქტი, სხვადასხვა სახით დეფორმაცია განიცადა 3070 საცხოვრებელმა სახლმა, ხოლო 3000-მდე აყვანილ იქნა გეომონიტორინგული დაკვირვების ქვეშ. დაიტბორა და დაიმეწყრა 2674 ჰა სასოფლო-სამეურნეო სავარგული, გადაუდებელ რეაბილიტაციას საჭიროებდა საავტომობილო გზები და ტრანსკავკასიის გაზის მაგისტრალი, საერთო ჯამში – 400 კმ-ზე, მთელ რიგ უბნებზე უშუალო საშიშროება შეექმნა ბაქო-სუფსისა და ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის ნავთობსადენებს.

ურთულესი გეოეკოლოგიური პრობლემებია შექმნილი ქ. თბილისის გეოლოგიურ გარემოში, განსაკუთრებით 2002 წლის მიწისძვრების შემდეგ, რასაც მოჰყვა ფერდობების დაძაბულობის ველების უკიდურესი გაზრდა და მეწყრების ინტენსიური გააქტიურება [1].

ბოლო პერიოდში, საქართველოში მეწყრულ-გრავიტაციული მოვლენების ფართო მასშტაბური განვითარება-რეაქტივაცია და გეოლოგიურ გარემოში საინჟინრო-გეოდინამიკური სიტუაციის უკიდურესი გართულებები განაპირობა:

1. მაღალი ინტენსივობის მიწისძვრების გააქტიურებამ (1988 წ. – სპიტაკის, 1991 წ. – რაჭა-იმერეთის, 1992 წ. – ფასანაური-ბარისახოს, 2002 წ. – თბილისის), რომლებიც აგრძელებს „სიცოცხლეს“ დღემდე და არსებობს სეისმოლოგთა პროგნოზი, რომ ახლო მომავალში კავკასიაში არ შენელდება სეისმური აქტივობა. საყურადღებოა, რომ აღნიშნული მიწისძვრებით საქართველოში წარმოიქმნა და გააქტიურდა 30 ათასამდე მეწყრულ-გრავიტაციული სხეული;

2. გლობალური კლიმატური ცვლილებების საერთო ფონზე გეოლოგიური პროცესების მაპროვოცირებელი უარყოფითი მეტეოროლოგიური მოვლენების ძლიერმა გააქტიურებამ და მათმა ანომალურმა გახშირებამ;

3. ადამიანის მასშტაბურმა ზემოქმედებამ გარემოზე და მისი ბალანსური წონასწორობის დარღვევამ – მოსახლეობის დასახლება, მასივების და მიწების ათვისება ხშირად ყოველგვარი საინჟინრო გეოლოგიური შეფასების გარეშე, ახალი სატრანსპორტო ობიექტების მშენებლობა-რეკონსტრუქცია, ტყის მასივების უსისტემო გაჩეხვა და სხვ.

ადამიანის არასწორი საქმიანობის განსაკუთრებით მაღალი პრესინგი განიცადა მთიანმა რეგიონებმა, რასაც მოჰყვა გარემოს მთელი გეოსისტემის შეუქცევადი რღვევა და გეოეკოლოგიური კატაკლიზმები – მეწყრულ-გრავიტაციული მოვლენები, წყალმოვარდნები, ღვარცოფები და სხვ. მთელ რიგ რეგიონებში (მთიანი აჭარა, ლენტეხი, ლეჩხუმი, მთიანი იმერეთი, მთიულეთი, აფხაზეთის შავი ზღვისპირეთი) ტექნოგენური წნეხის კოეფიციენტმა 0,7÷0,9-ს მიაღწია და საჭიროებს რაციონალური ბუნებათსარგებლობის, უწყვეტი გეომონიტორინგის განხორციელების განსაკუთრებულ რეჟიმს;

4. უნდა აღინიშნოს, რომ საქართველოს მთის რეგიონებში საშიში გეოდინამიკური პროცესების გააქტიურების ეტაპზე განსაკუთრებით მაღალი საშიშროების რეგისტრში იმყოფება მეწყრული და ღვარცოფული მოვლენები; მაგალითისთვის, თუ 1980 წლამდე ზემოაღნიშნული მთიანი რეგიონების ტერიტორიები მეწყრულ-ღვარცოფული პროცესებით დაზიანებადობის ხარისხისა და საშიშროების რისკის მიხედვით მიეკუთვნებოდა საშუალო და მნიშვნელოვანი კატეგორიის რანგს (კოეფიციენტით 0,3÷0,5), XXI საუკუნის დასაწყისისათვის გადავიდა შესაბამისად მაღალი და ძლიერ მაღალი რისკის კატეგორიაში (კოეფიციენტით 0,5÷0,9).

მეწყრულ-გრავიტაციული მოვლენების განვითარების ხასიათი და მასშტაბები

საქართველოს ტერიტორიაზე საშიშ გეოლოგიურ პროცესებს შორის მეწყრულ-გრავიტაციული მოვლენებით გამოწვეულ უარყოფით შედეგებს განსაკუთრებული ადგილი უკავია ქვეყნის ეკონომიკაში. მათი საშიშროება გამოიხატება არა მარტო უარყოფითი შედეგებით, არამედ, პირველ ყოვლისა, იმით, რომ ისინი გამოირჩევიან ფართომასშტაბური, თითქმის საყოველთაო გავრცელებით ქვეყნის ინტენსიურად დასახლებულ და სოფლის მეურნეობის ათვისების რეგიონებში. ფიქსირებული მეწყრების 70% სამეურნეო-საინჟინრო ათვისების ზონებშია მოქცეული. მათგან სხვადასხვა ხარისხით დაზიანებულია 1,5 მილიონ ჰექტარზე მეტი მიწა. მეწყრების საშიშროების ზონაში იმყოფება 2000-მდე დასახლებული პუნქტი, 200 ათასზე მეტი მოსახლით. არსებული წყალსაცავების ნაპირების 25% დეფორმირებულია მეწყრებით. ამჟამად, მეწყრული პროცესების გააქტიურების უშუალო საშიშროება იქმნება ჟინვალის წყალსაცავის ზონაში. მეწყრების საშიშროების ზონაში გადის სამგორი-ბათუმის, ბაქო-სუფსის და ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის ნავთობსადენის ტრასები მნიშვნელოვანი საავტომობილო გზების საერთო სიგრძის 25% მეწყრულ-

კლდე-ზვავური მოვლენების უშუალო ზემოქმედების ზონაშია, სადაც გამოვლენილი და კარტირებულია 450-მდე მეწყრული სხეული და 1530 ქვათაცვენისა და კლდეზვავსაშიში უბანი. მთლიანად გამოსულია მწყობრიდან თბილისის, სოხუმისა და ცხინვალის შემოსასვლელი გზების ცალკეული მონაკვეთები, რომელთა მშენებლობა ათეული მილიონი დოლარი დაჯდა.

მეწყრული პროცესების ფონური აქტივობის პირობებშიც კი, საქართველოს ეკონომიკისადმი მიყენებული ზარალი რამდენიმე ათეული მილიონი დოლარით განისაზღვრება. მათ შორის, სოფლის მეურნეობის ობიექტისადმი მიყენებული პირდაპირი ზარალი 45-50 მლნ. დოლარს შეადგენს.

მეწყრული პროცესების ექსტრემალური და პაროქსიზმული გააქტიურების შემთხვევაში, მათგან გამოწვეული უარყოფითი შედეგები განუსაზღვრელად დიდია. მაგალითად, 1967-1968 წლების შემოდგომა-გაზაფხულზე დასავლეთ საქართველოში ახლად წარმოქმნილმა და გააქტიურებულმა 5000-მდე მეწყერმა დახლოებით 300 ათას ჰექტარ ფართობზე მიაყენა სხვადასხვა ხარისხის დეფორმაცია 10 ათასამდე საცხოვრებელ სახლს, რომელთაგან ნახევარი გადასატანი გახდა ახალ მდგრად ადგილებზე, 30 ათას ჰექტარზე გამოიყვანა მწყობრიდან სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები. 1975-1976 წლებში მარტო საქართველოს ზღვისპირეთში მეწყრებმა დაანგრია 900-მდე საცხოვრებელი სახლი, 30 საზოგადოებრივ-ადმინისტრაციული შენობა და სოფლის მეურნეობისათვის გამოუსადეგარი გახდა 5400 ჰა ფართობი.

1983-85 წლებში ქვეყნის მჭიდროდ დასახლებული და სოფლის მეურნეობის ინტენსიურად ათვისებულ რეგიონებში დაფიქსირდა 534 ახლად წარმოქმნილი და 1262 გააქტიურებული მეწყრული სხეული, რასაც მოჰყვა 2038 საცხოვრებელი სახლის ნგრევა და 10000-მდე ჰა სახნავი მიწის მთლიანად გამოსვლა მწყობრიდან.

1987-89 წლების ბუნების კატასტროფული მოვლენების დროს, რომლებმაც თითქმის მთლიანად მოიცვა ქვეყნის ტერიტორია, დინამიკაში მყოფი მეწყრების საერთო რაოდენობამ 30 ათასს გადააჭარბა, მათ შორის მარტო დასახლებულ პუნქტებში დაფიქსირდა 7317 ახლად წარმოქმნილი და გააქტიურებული მეწყრულ-გრავიტაციული მოვლენა, დაინგრა და დაზიანდა 20 ათასამდე საცხოვრებელი სახლი და სამეურნეო ობიექტი, 9 ათასზე მეტი ოჯახი გადაყვანილ იქნა ახალ საცხოვრებელ ადგილზე, ხოლო მთიანი აჭარის სოფ. წაბლანის მნიშვნელოვანი ნაწილი 50 ადამიანთან ერთად, მთლიანად აღმოჩნდა 20 მლნ-მდე კუბური მეტრი მასის ქვეშ.

საქართველოს 1991-92 წლის მაღალი ენერგეტიკული ძალის მიწისძვრებმა, რომელთაც მთელ რიგ რეგიონებში თან დაემთხვა დიდი რაოდენობის ატმოსფერული ნალექების მოსვლა, თითქმის მთელი ქვეყნის მასშტაბით გამოიწვია კლდეზვავებისა და ქვათაცვენების არნახული მასშტაბით განვითარება. მათი მოქმედების სფეროში მოექცა 1500-მდე დასახლებული პუნქტი. ზოგიერთ რეგიონში ახლად წარმოქმნილი მეწყრები და კლდეზვავები საბედისწერო გამოდგა მთელი რიგი სოფლებისა თუ ცალკეული დასახლებებისათვის. გიგანტური (70 მლნ. მ^3 მოცულობის) კლდეზვავების ქვეშ მოექცა მთლიანად სოფ. ხახიეთი (საჩხერის რ-ნი) 24 კომლით, რომელმაც შეიწირა 50-მდე ადამიანის სიცოცხლე. 50 მლნ. მ^3 მოცულობის კლდეზვავით ჩაიხერგა მდ. ყვირილას ხეობა სოფ. პერევისას მიდამოებში. 150 მლნ. მ^3 მოცულობის მეწყერმა მთლიანად შთანთქა 70 კომლიანი სოფ. ჩორდი (ონის რ-ნი), ასევე მთლიანად დაანგრია ბელოთის, საცხენისის (ცხინვალის რ-ნი) და კრიხის (ამბროლაურის რ-ნი) სოფლები. 170-200 მლნ. მ^3 მოცულობის მეწყერი განვითარდა ჟაშქვის და სომიწოს (ონის რ-ნი) ტერიტორიებზე. მდ. ფაწას ხეობაში სოფ. კორსუვთან (ჯავის რ-ნი) წარმოქმნილმა 70 მლნ. მ^3 მოცულობის მეწყერმა დროებით გადაკეტა მდინარე 40 მ სიმაღლის კაშხალით. აჭარის რეგიონში სოფ. ვარჯანლისა და სოფ. დანისპარაულის ტერიტორიებზე განვითარდა დიდი მასშტაბის ღრმა მეწყრები, შესაბამისად 30 და 90 მლნ. მ^3 მოცულობის. გარდა ამისა, აჭარის ტერიტორიაზე წარმოიქმნა ასეულობით მცირე მოცულობის ზედაპირული, დენადი მეწყრები, რამაც დიდი ზიანი მიაყენა რეგიონის ეკონომიკას.

საქართველოში გეოლოგიური გარემოს მაღალი სენსიტიურობიდან გამომდინარე, მეწყრულ-გრავიტაციული პროცესების პერიოდულ გააქტიურებას ადრეულ წარსულშიც

არაერთხელ ჰქონდა ადგილი. თუმცა, ამ მიმართულებით სპეციალური კვლევები არ ტარდებოდა და აქედან გამომდინარე, სტატისტიკური მონაცემებიც ფრაგმენტულად არის შემონახული. შემდეგში გეგმამიმართულად წარმართულმა კვლევებმა დაადასტურა საქართველოს ტერიტორიის მეწყრული პროცესების მაღალი საშიშროების რისკი. მაგალითისათვის, თუ XX საუკუნის 40-იანი წლებისათვის ქვეყანაში დაფიქსირებული იყო 200-მდე მეწყრული გამოვლინება, 1960 წლისათვის მათმა რიცხვმა 3000-ს მიაღწია, 1968 წ. – 5000, 1972 წ. – 10000, 1981 წ. – 15000, 1987-89 წწ. – 30000, 2000 წ. – 52000, 2006 წ. – 53500-ს.

აღსანიშნავია, რომ, თუ ადრეულ პერიოდებში მეწყრულ-გრავიტაციული პროცესების წარმოქმნა-გააქტიურების ინტერვალები გარკვეულ კანონზომიერებას ემორჩილებოდა და ადგილის გეოლოგიური მგრძნობიარობიდან და კლიმატური პირობებიდან გამომდინარე, მათი გააქტიურების ციკლი აღინიშნებოდა 3-5 და 8-11 წლების პერიოდით, ბოლო დროს ეს კანონზომიერება დაირღვა, პროცესების გააქტიურება ფონურზე მაღლა თითქმის ყოველ წელს აღინიშნება.

მეწყრულ-გრავიტაციული მოვლენები განვითარებულია ქვეყნის თითქმის ყველა ლანდშაფტურ-გეომორფოლოგიურ ზონაში. ძირითად ფაქტორებს, რომლებიც განაპირობებს ამ პროცესების წარმოქმნა-გააქტიურებას, სივრცობრივ განვითარებას, ინტენსივობას და აქტივობას, წარმოადგენს: რთული გეოლოგიური აგებულება და დაბალი საინჟინრო-გეოლოგიური თვისებების ქანების დიდ ფართობებზე გავრცელება, ახალგაზრდა ტექტონიკური მოძრაობები და სეისმური აქტივობა, რელიეფის მაღალი ენერგეტიკული პოტენციალი, კლიმატური პირობების მკვეთრი სივრცობრივ-ზონალური ცვალებადობა და ზედაპირული მიწისქვეშა წყლები, ფერდობების გადატენიანება. ბოლო დროს, პროცესების უპრეცენდენტო განვითარების უმნიშვნელოვანეს რისკ-ფაქტორთა ჯგუფს მიეკუთვნება ადამიანის გაძლიერებული საინჟინრო-სამეურნეო საქმიანობა.

საქართველოს ტერიტორიაზე განვითარებას პოულობს საინჟინრო გეოდინამიკაში ცნობილი ყველა სახისა და ტიპის მეწყერი: უმარტივესი ტიპით დაწყებული, რომელთა დეფორმაციები არ სცილდება აერაციის ზონას, და დამთავრებული ღრმა, ათეული მეტრი სიმძლავრის და რამდენიმე ცოცვის სიბრტყის მეწყრებით. ასევე წარმოუდგენლად დიდ დიაპაზონში იცვლება ცალკეული მეწყრების ფართობები (ერთეული ჰექტრიდან ასეულ ჰექტრამდე) და მოცულობები – რამდენიმე ათასი კუბური მეტრიდან ათეულ და ასეულ მილიონ კუბურ მეტრამდე.

პროცესების მასობრივი განვითარებით სარგებლობს მეწყრები, რომელთა წარმოქმნა-აქტივიზაცია დაკავშირებულია ატმოსფერული ნალექების რეჟიმულ განაწილებასთან და ფერდობული ნალექები გამოირჩევა კონსისტენციური ცვლილებებისადმი მაღალი მგრძნობიარობით. ამ ტიპის მეწყრები განსაკუთრებული მასშტაბური გავრცელებით სარგებლობს დასავლეთ საქართველოს თითქმის ყველა რეგიონში, შიდა ქართლის მთისწინეთის ზონაში და საგურამო-ცივგომბორის მთათა მასივებში.

მაღალი ნალექიანობის წლების შეპირისპირება მეწყრული პროცესების აქტივიზაციის პერიოდებთან გვარწმუნებს, რომ მეწყრული პროცესების რეჟიმისა და ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური ნორმიდან გადახრას შორის არსებობს საკმაოდ მჭიდრო კავშირი. თვალსაჩინოდ გამოიყოფა ცალკეული წლები ან უფრო ხანგრძლივი პერიოდები, როდესაც მეწყრული პროცესების აქტივიზაცია ან ჩაწყნარება განისაზღვრება ატმოსფერული ნალექების რეჟიმის ცვლილებებით. მეწყრული პროცესების ექსტრემალური „აფეთქება“ იწყება მაშინ, როდესაც ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა საშუალო მრავალწლიურ ნორმას 400-600 მმ-ით აღემატება. ამ დროს ადგილი აქვს მეწყრული სხეულების ანომალურად დიდ გადანაცვლებასაც.

ატმოსფერული ნალექების მოსვლის შემთხვევაში, 100-200 მმ დიაპაზონში მრავალწლიური ნორმის ზემოთ აღინიშნება მეწყრული პროცესების მნიშვნელოვანი აქტივიზაციის ტენდენცია მათი განვითარების საერთო ფონთან მიმართებაში, ხოლო ნალექების მოსვლის შემთხვევაში – 100 მმ ფარგლებში მეწყრული პროცესების მოქმედება თითქმის მათი ფონური მდგომარეობის დონეზეა.

ამრიგად, კლიმატოგენური მეწყრული

პროცესების მაქსიმალური აქტივიზაციის პერიოდები პირდაპირ დამოკიდებულებაშია ატმოსფერული ნალექების ექსტრემალურ სიდიდესთან. მათი აქტივიზაციის პერიოდები ემთხვევა ატმოსფერული ნალექების დადებით ბალანსს, ხოლო პროცესის ჩაქრობა ან დროებითი სტაბილიზაცია – მრავალწლიური ნორმიდან გადახრილი ნალექების დეფიციტს.

მეწყრული პროცესების განვითარების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ატმოსფერული ნალექების დადებითი ბალანსისა და დეფიციტის თანამიმდევრულ რიგში მათი აქტივიზაციის და ჩაქრობის ან დროებითი სტაბილიზაციის ერთიანი ციკლი განისაზღვრება საშუალოდ 3-8 წლის დიაპაზონით. ამაზე ნათლად მეტყველებს სხვადასხვა რეგიონში და სხვადასხვა წლებში დაფიქსირებული მეწყრული პროცესების გააქტიურების პერიოდები (ცხრ. 1).

თუმცა, მოყვანილი ცხრილის მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ კლიმატოგენური მეწყრების გააქტიურების პერიოდები საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში ხშირად ერთმანეთს არ ემთხვევა.

ბოლო პერიოდში ეს პირობითი კანონზომიერება ბუნებრივი და ანთროპოგენური პირობების და ადამიანის საქმიანობის მაღალი დატვირთვით მნიშვნელოვნად დარღვეულია, რის გამოც მეწყრული პროცესების აქტივიზაცია მიღებულ ფონს ზემოთ თითქმის ყოველ წელს აღინიშნება. ამის დადასტურებაა ქვეყნის ცალკეულ რეგიონებში მეწყრებით დაზიანებული საცხოვრებელი სახლების და შენობა-ნაგებობების დაფიქსირებული სტატისტიკა. 1981 წელს მათმა რიცხვმა შეადგინა 384; 1982 წ. – 873; 1983 წ. – 1117; 1984 წ. – 1506; 1985 წ. – 552; 1986 წ. – 2808; 1987 წ. – 3989; 1988 წ. – 1044; 1989 წ. – 7543; 1990 წ. – 1808; ხოლო 1991-92 წლების მეწყრების პაროქსიზმებით დეფორმირებული შენობა-ნაგებობების რიცხვმა რამდენიმე ათეულ ათასს გადააჭარბა. შესაბამისად, დაზიანებული მიწების მაჩვენებელმა შეადგინა: 1988 წელს – 400440 ჰა; 1989 წ. – 346265 ჰა; 1990 წ. – 328540 ჰა; 1991 წ. – 331776 ჰა; 1992 წ. – 295247 ჰა.

კლიმატოგენური მეწყრებისაგან მნიშვნელოვნად განსხვავებული წარმოშობის მექანიზმით გამოირჩევა ტექტოსეისმოგენური ტიპის მეწყრულ-გრავიტაციული მოვლენები. მათი წარმოქმნა უკავშირდება ძირითადი ქანების აქტიური გამოფიტვისა და ტექნიკური აშლილობის ზონებს, მაღალი დაძაბულობისა და დიდი დახრილობის ფერდობებს. ისინი იკავებენ ქვეყნის დაახლოებით 14%-ს. კლდოვანი ჩამოქცევები და ჩამონაშალი განსაკუთრებით დიდ ზიანს აყენებს საავტომობილო გზებს, რკინიგზას და მთის ზონის მოსახლეობას. მათ უარყოფით გავლენას ქალაქის მდგრადი განვითარების შეზღუდულობასთან კავშირში, ალბათ ანალოგი არ მოეპოვება ქ. ჭიათურას, რომლის მოსახლეობა განსაკუთრებული რისკის ქვეშ იმყოფება – მცირე მდინარეთა ხეობაში გრავიტაციული ფერდობებიდან ჩამოტანილი მილიონობით ტონა ნამსხვრევი მასალა მუდმივ მკვებავ წყაროს წარმოადგენს ღვარცოფების ტრანსფორმაციისათვის [2].

ცხრილი 1

კლიმატური ხასიათის მეწყრულ-გრავიტაციული პროცესების გააქტიურების პერიოდი

№	რეგიონი	დაფიქსირებული წლები
1	აფხაზეთის მთისწინეთი	1897, 1906, 1910, 1945, 1950, 1960, 1964, 1967-68, 1971-72, 1975, 1978, 1984, 1987-98, 1991-92
2	მთიანი აჭარა	1939, 1949, 1952, 1959, 1963, 1967-68, 1971-72, 1975-76, 1979, 1982, 1989, 1991-92, 1996, 1997, 1998, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2008
3	გურია	1940, 1942, 1951, 1954, 1956, 1969, 1967-68, 1970, 1987-89, 1991, 1996, 1997, 1998, 2004, 2005, 2006
4	რაჭა-ლეჩხუმი	1924, 1927, 1931, 1936, 1939, 1940, 1944, 1950, 1953, 1958, 1963, 1967-68, 1970-75, 1978, 1987-88, 1989, 1991-92, 1993-95, 1996, 1997, 1998, 2004, 2005, 2007, 2008
5	მცხეთა-მთიანეთი	მეწყრების ანომალური გააქტიურება დაფიქსირებულია: 1982-83, 1987-88, 1991-92, 1995, 1996, 1997, 2004, 2005
6	კახეთი	მეწყრების ინტესიური გააქტიურება აღინიშნა: 1983, 1986-87, 1995, 1997, 1998, 2004, 2005, 2008

საქართველოს უახლეს ისტორიაში ცნობილია დიდი მასშტაბის კლდოვან ჩამოქცევებთან დაკავშირებული კატასტროფები. XIX საუკუნის მიწურულს (1891 და 1896 წწ.) 180 და 150 მლნ. მ^3 მოცულობის კლდეზვავის ქვეშ დაიმარხა სოფ. აზანთა (გულრიფშის რაიონი) და სოფ. ქვედი (ონის რაიონი), მათ ადგილზე წარმოიშვა ამავე სახელწოდების ბუნებრივი წყალსაცავები. მდინარეების იუფშარის და ლაშიპსეს ხეობების გრანდიოზული კლდეზვავების გადაკეტვით წარმოიშვა აგრეთვე დიდი და პატარა რიწის ტბები, შესაბამისად 1,49 და 0,1 კმ^2 წყლის სარკის ფართობით და 63,1 და 33,8 მ საშუალო სიღრმეებით. ისტორიულად (1283 წ.) ასეთივე ბედი ეწია მესხეთის ცნობილ თმოგვასა და წუნდის დასახლებებს, რომლებიც დაიმარხა ბერთაყანის 50 მლნ. მ^3 მოცულობის კლდენაზვავის ქვეშ. დღეისათვის საქართველოს მთიანეთის რეგიონებში აღწერილია გეოლოგიის ისტორიის ბოლო პერიოდში წარმოქმნილი რამდენიმე ასეული გრანდიოზული ჩამოქცევა, რომელთა მოცულობები ათეული მილიონიდან ასეული მლნ. მ^3-ის ფარგლებში მერყეობს. მათ რიცხვს მიეკუთვნება: 300 მლნ. მ^3 მოცულობის ლაილაშის მეწყერ-კლდენაზავი (მდ. ცხენისწყლის აუზი), ყვავილისა და ბარისახოს 50-100 მლნ. მ^3 მოცულობის კლდენაზვავები (მდ. არაგვის აუზი), ჩელთის, დურუჯის, ავანისხევის 150-450 მლნ. მ^3 მოცულობის კლდეზვავები, დაკავშირებული ლაგოდეხი-ზაქათალის სეისმოგენურ ზონასთან და ა.შ. მხედველობაშია მისაღები ის ფაქტი, რომ თითქმის ყველა დიდი მოცულობის კლდეზვავი უკავშირდება აქტიურ სეისმოგენურ ზონებს და მაღალი ენერგეტიკული კლასის მიწისძვრებს. სწორედ მიწისძვრებით გამოწვეულმა მეწყრულ-კლდეზვავურმა მოვლენებმა აღგავეს პირისაგან მიწისა სოფლები წაბლანა (1989 წ., ხულოს რაიონი) და ხახიეთი (1991 წ. საჩხერის რ-ნი). ბოლო 30 წლის მანძილზე დიდი მოცულობის კლდოვანი ჩამონაქცევი აღწერილია მდ. რიონის აუზში კლდისუბნის – 1972 წ. – 30 მლნ. მ^3 მოცულობის და ჭყვიშის – 1989 წ. – მლნ. მ^3 (ამბროლაურის რაიონი), მდ. კელასურის ხეობაში – 1978წ. – 8 მლნ. მ^3 (სოხუმის რ-ნი), მდ. ლასკადურას ხეობაში – 1975 წ. – 20 მლნ. მ^3 (ლენტეხის რ-ნი), რომელთა წარმოქმნის წინამორბედად გვევლინება ადგილობრივი და ტრანზიტული ხასიათის სხვადასხვა სიძლიერის მიწისძვრები [3].

საქართველოში ბოლო პერიოდში მეწყრულ გრავიტაციული მოვლენების კატასტროფული გააქტიურების მასშტაბები საგრძნობლად იზრდება და თითქმის ყოველ წელს ვლინდება საშუალო ფონის ზემოთ. ამის დასტურია რეგიონალური მონიტორინგის დროს ურბანიზებულ ტერიტორიებზე სხვადასხვა წლებში დაფიქსირებული მეწყრული მოვლენების ინტენსივობა.

დასკვნა

1. მეწყრულ-გრავიტაციული პროცესების განვითარების რაოდენობრივი მაჩვენებლებისა და შესაძლო აქტივიზაციის რისკის შეფასებაზე დაყრდნობით, მათი გავრცელებისა და წარმოქმნის პირობების მიხედვით საქართველოს ტერიტორია დანაწილებული გვაქვს 7 პირობით (ზონად) რაიონად;

2. რაიონი მეწყრული პროცესების განსაკუთრებულად მაღალი დაზიანების კოეფიციენტით (0,7÷0,9) და მეწყრების განვითარების რისკის ძალიან დიდი დინამიკური პოტენციალით, მოიცავს აფხაზეთის შავ ზღვისპირეთს, ზემო იმერეთის და რაჭა-ლეჩხუმის მესამეული ნალექებით აგებულ ტერიტორიებს;

3. რაიონი მეწყრული მოვლენების მაღალი დაზიანების კოეფიციენტით (0,5÷0,7) და პროცესების განვითარების დიდი რისკით, მოიცავს აჭარის რეგიონს, გურიის მთისწინეთს, მდ. ფსოუს აუზის შუა წელს, ოკრიბას და ცივ-გომბორის ქედს;

4. რაიონი მეწყრული მოვლენების მნიშვნელოვანი დაზიანების კოეფიციენტით (0,3÷0,5) და პროცესების განვითარების დიდი შესაძლებლობებით, მოიცავს თრიალეთის ქედის ჩრდილო ფერდობებს, მდ. მტკვრის ზემო დინებას ახალციხის დეპრესიით და მდ. ფოცხოვის ხეობით, კოლხეთის ჩრდილო ბორტის გორაკ-ბორცვიან ზონას, იაღლუჯას ქედს და კავკასიონის სამხრეთ ფერდის წინამთების განტოტებების მდინარეებს იორსა და არაგვს შორის;

5. რაიონი მეწყრული მოვლენების საშუა-

ლო დაზიანების კოეფიციენტის (0,1÷0,3) და პროცესების შესამჩნევი განვითარების ალბათობით, მოიცავს კავკასიონის სამხრეთ ფერდობების მაღალ და საშუალომთიან ეროზიულ რელიეფს იურიულ თიხა-ფიქლებისა და ცარც-პაეოცენის ფლიშის გავრცელების ზონებში, თრიალეთის ქედის ზედა ზონას მდ. მტკვრის ზემო წელიდან ქ. თბილისის მერიდიანამდე, ქართლის დეპრესიის ჩრდილო და დასავლურ მთისწინეთს და ცივ-გომბორის ქედის მთისწინეთებს;

6. რაიონი მეწყრული მოვლენების დაბალი დაზიანების კოეფიციენტით (0,01÷0,1) და კლდეზვავური პროცესების განვითარების მნიშვნელოვანი რისკით, მოიცავს კავკასიონის სამხრეთ ფერდის ნაოჭა სისტემას ვულკანოგენური და კარბონატული ფორმაციების გავრცელების ზონებში, ივრის ზეგანის გორაკ-ბორცვიან ნაწილს, მდ. მტკვრის მაღალ ტერასებს, ხრამისა და ლოქის მასივების მიმდებარე ტერიტორიებს;

6. რაიონი მეწყრული მოვლენების ძლიერ დაბალი დაზიანების კოეფიციენტის და მათი შესაძლო განვითარების დიდი შეზღუდულობით (0,01) მოიცავს კავკასიონის კრისტალური ქანებით აგებულ მაღალმთიან ზონას, ჯავახეთის ვულკანურ მთიანეთს, ხრამის, ოლქისა და კელასურის მასივებს, მდინარეების ალგეთის, ქციას, მტკვრისა და იორის ქვედა დინებებს;

7.1. რაიონი მეწყრული მოვლენებით პრაქტიკულად დაუზიანებელია და მათი ლოკალურად მცირე მოცულობის შესაძლო განვითარებით დიდი მდინარეების ნაპირებსა და საირიგაციო არხების ბორტებზე – კოლხეთის დაბლობზე, შიდა ქართლის, გარდაბნისა და ალაზნის ვაკეებზეა მოსალოდნელი.

7.2. ზონირებული ტერიტორიების მიხედვით, ორგანიზებულ უნდა იქნეს მუდმივმოქმედი რეგიონალური ხასიათის გეომონიტორინგი, განსაკუთრებით დასახლებული პუნქტებისა და სტრატეგიული ობიექტების ფარგლებში.

7.3. ყოველი ტერიტორიის ათვისებას წინ უნდა უძღოდეს სპეციალური კვლევები მეწყრულ-გრავიტაციული პროცესების შესაძლო განვითარების რისკებით; ზონირებული ტერიტორიის მაღალი რისკის არეალებში ცალკეულ რეპრეზენტატიულ ობიექტებზე განხორციელდეს მეორე და მესამე დონის რეჟიმულ-ინსტრუმენტული დაკვირვებები.

ლიტერატურა

1. ინფორმაციული ბიულეტენი: საქართველოში სტიქიური გეოლოგიური პროცესების განვითარების მდგომარეობა, 2004 წელს გააქტიურების შედეგები და საშიშროების რისკი 2005 წლისათვის. თბილისი, 2005, 366 გვ; გარემოს დაცვის ეროვნული სააგენტო
2. **Бондырев И.В., Тавартkиладзе А.М., Церетели Э.Д., Литвенская С.А., Узун А., Ломинадзе Г.Д.** География катастроф и риска. Тбиписи, 2007. 355с.
3. **ტატაშიძე ზ., წერეთელი ემ., ხაზარაძე რ.** სტიქიური ბუნებრივი მოვლენები. „საქართველოს გეოგრაფია“, ნაწ. I. თბილისი: მეცნიერება, 2000, გვ. 69-90.

უაკ 627.15

წყლის გამრეცხი სიჩქარის გავლენა არხის სტრუქტურის ფორმირებაზე

ირინა გოგსაძე[1], კონსტანტინე ბზიავა[2], ირმა ინაშვილი[1], ნინო უნდილაშვილი[1]

საქართველოს სახელმწიფო აგრარული უნივერსიტეტი,
წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

სასოფლო-სამეურნეო მიწათსარგებლობის მრავალკომპონენტიანი ამოცანების გადაჭრაში ერთ-ერთი პრიორიტეტული ადგილი სარწყავი სისტემების, კერძოდ, სამელიორაციო დანიშნულების არხების უსაფრთხო და საიმედო ფუნქციონირების საკითხებს უკავია.

ბუნებრივი წყალსადინარების კალაპოტების ცალკეული უბნები ხშირად მორფომეტრული მახასიათებლების ცვალებადობით ხასიათდება, რაც გავლენას ახდენს ნაკადის მოძრაობის რეჟიმზე, იწვევს სითხის თავისუფალი ზედაპირის ფორმის ცვლილებას, ხოლო მისი წონასწორული ფორმა მდგრადობის მახასიათებლების ცვლილების ფუნქციას წარმოადგენს.

თვითგარეცხვადი კალაპოტების მდგრადობის განმსაზღვრელი პოსტულატები ფიზიკურ-მექანიკურ მაჩვენებლებს მორფომეტრულ მახასიათებლებში სხვადასხვა ფორმით ითვალისწინებს. ასეთი მიდგომა განხილულია მ. ველიკანოვის ი. ლევის, ს. ალტუნინის და სხვათა შრომებში. მიღებული საანგარიშო დამოკიდებულებების განმსაზღვრელ ფაქტორებს ნაკადის ხარჯი, კალაპოტის ფარდობითი სიგანე და ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების კომპლექსი წარმოადგენს.

წყალსადინართა მდგრადობის ამოცანების განხილვისას თხევადი და მყარი ფაზების ურთიერთქმედების თეორიული მოსაზრებებისა და ექსპერიმენტული მონაცემების ურთიერთშერწყმა მეტად ეფექტურ მიდგომას წარმოადგენს. ჰიდროტექნიკური მელიორაციის საინჟინრო ამოცანების გადაწყვეტის დროს კალაპოტის მაფორმირებელი ნაკადის ზემოქმედებას მთავარი მნიშვნელობა ენიჭება, ვინაიდან, მისი პარამეტრების საფუძველზე ვლინდება წყალსადინარის ფსკერსა და ფერდზე მდებარე ნაწილაკთა გავლენა მოწყვეტის მექანიზმსა და ძალური მოქმედების ეფექტზე.

როგორც ცნობილია, ჰიდროდინამიკა ცალსახად განსაზღვრავს წყლის ნაკადის უწყვეტი ზემოქმედების შედეგად თვითგარეცხვადი წყალგამტარის კალაპოტის ხორკლიან ზედაპირზე ნაწილაკის გარსდენის ისეთ კინემატიკურ სურათის ფორმას, რომლის დროსაც ცალკეული აგრეგატები იმყოფება ზღვრულ წონასწორულ მდგომარეობაში, ან განიცდის დეფორმაციას. ნაკადის მოძრაობის ინტენსივობის მიხედვით შესაძლებელი ხდება აგრეგატების კალაპოტის ერთი უბნიდან სხვა უბანში ტრანსპორტირება. სწორედ ამ მოვლენის ხარჯზე ფიქსირებულ კვეთში იცვლება ნაკადის სტრუქტურა და მოცემული რეჟიმის შესაბამისი კალაპოტის მდგრადი ფორმები ყალიბდება.

თვითგარეცხვადი წყალგამტარების კალაპოტების ნატანის მოძრაობის საკითხებს როგორც ჩვენთან, ისე საზღვარგარეთ მრავალი სამეცნიერო შრომა მიეძღვნა. გამოქვეყნებული მოდელების საფუძველზე მრავალი საანგარიშო ფორმულა არის შემოთავაზებული. საანგარიშო დამოკიდებულებათა პირველ კატეგორიას მიეკუთვნება ფორმულები, რომლებიც ნაწილაკთა წამტაც ძალას და მის დიამეტრს ეფუძნება. მეორე კატეგორია მყარი ხარჯის, თხევადი ხარჯის და ქანობის ფუნქციას წარმოადგენს, ხოლო მესამე კატეგორია ძირითადად ემპირიზმზეა დაფუძნებული.

საანგარიშო დამოკიდებულებათა ის კატეგორია, რომელიც გამრეცხი სიჩქარის

ფუნქციას წარმოადგენს, შესაძლებელია გამოყენებული იყოს ისეთ საზღვრებში, როცა ფარდობა ფსკერულ და შეტივნარებულ ნაწილაკთა შორის 5÷10 ფარგლებში მერყეობს.

ძირითადი ნაწილი

არსებული მრავალრიცხოვანი კვლევების მიუხედავად, დღემდე არ არსებობს მეთოდიკა, რომელიც წყალსადინართა მდგრადობის პროცესში მონაწილე ყველა ფაქტორს გაითვალისწინებს. ჰიდროდინამიკურ და გეოტექნიკურ მახასიათებელთა ფართო კომპლექსის გათვალისწინებით წყალსადინართა კალაპოტების დეფორმაციული მახასიათებელების, კერძოდ, ნიადაგ-გრუნტების გამრეცხი კრიტიკული სიჩქარის დადგენა მოცემულია აკად. ც. მირცხულავას [3] ფუნდამენტურ შრომებში.

წყალსადინართა ფორმის ცვლილება კვეთიდან კვეთამდე ნაკადისადმი მისი წინააღმდეგობის უნარით განისაზღვრება და ფარდობითი სიმქისის ფუნქციას წარმოადგენს.

ჰიდრომელიორაციული დაპროექტების, მშენებლობის და ექსპლუატაციის პრაქტიკადან გამომდინარე არხების კვეთების ზღვრული წონასწორული მდგომარეობის შენარჩუნება შესაძლებელია მისი გრძივი ქანობის ისეთი დანიშვნით, რომ ნაკადის საშუალო სიჩქარე კვეთში არ უნდა აღემატებოდეს გარეცხვისადმი დასაშვებ სიჩქარეს. ასეთ შემთხვევაში თეორიულად სიჩქარეთა განაწილების კანონის შესაბამისი საშუალო სიჩქარე დასაშვები არაგამრეცხი სიჩქარის ტოლია და წყალსადინარის კალაპოტი ინარჩუნებს ზღვრულ წონასწორულ ფორმას, ანუ ადგილი არა აქვს მისი ფორმის ცვლილებას.

ჩატარებული კვლევებით დადგენილია ჰაერმშრალი არხის კალაპოტში წყლის თავდაპირველი გაშვებისას დეფორმაციის მიმდინარეობის სურათი, სადაც თავდაპირველი გარეცხვის მოცულობა მისი საბოლოო შედეგის 86%-ს აღწევს.

კალაპოტის ფორმის ცვლილების ჭეშმარიტი სურათი კვეთში ნაკადის დინამიკური მაჩვენებლების ფუნქციას წარმოადგენს, რომელიც დამოკიდებულია გრუნტის აგრეგატების საშუალო ან ეფექტური დიამეტრის ბმულობის ხვედრით ძალაზე, ერთგვაროვნების და გადატვირთვის კოეფიციენტებზე, შინაგანი ხახუნის კუთხესა და სხვა ფაქტორებზე.

ბუნებრივ წყალსადინარებში მრავალწლიურ ჰიდროლოგიურ დაკვირვებათა მონაცემების ანალიზურ-სტატისტიკური დამუშავების საფუძველზე შექმნილია მრავალი ემპირიული ფორმულა, რომლებიც უმთავრესად კონკრეტული წყალსადინარის დინამიკის სპეციფიკას ასახავს და, ხშირად, მათი გამოყენების არე შეზღუდულია ანალოგიურ პირობებში მომუშავე წყალსადინარებისათვისაც.

არსებული გარეცხვაზე დასაშვები სიჩქარეების მოდელები უმთავრესად ძვრის (ხახუნის) უნივერსალურ კანონს ეყრდნობა, რომელიც ასევე საშუალებას იძლევა გათვალისწინებულ იქნეს ჰიდრომექანიკური ძალების ძირითადი კომპონენტები.

გამრეცხი სიჩქარეების საანგარიშო დამოკიდებულებების სიმრავლე პროცესზე მოქმედი ფაქტორების განსხვავებულობით, კალაპოტის მდგრადობის რღვევის სირთულითა და განსაზღვრის სიძნელით არის გამოწვეული. იმის მიხედვით თუ რა მნიშვნელობას მივანიჭებთ წამტაც ძალას, ნაწილაკის ზღვრული წონასწორობის პირობიდან, ერთ შემთხვევაში მოსტკოვ-ვეფხვაძის ტიპის, ხოლო მეორეში – პოხსრანიან-კუზმინოვის საანგარიშო დამოკიდებულებები მიიღება.

დღეისათვის თეორიულად მიღებული გამრეცხი სიჩქარე აბსოლუტურად მყარი სხეულის მექანიკისა და მასზე მოქმედი უკუმშვადი სითხის ჰიდრომექანიკის გარსდენის კანონებს ეყრდნობა. ამიტომ ბმული ნიადაგ-გრუნტებისათვის მათი გამოყენება შესაძლებელია გამრეცხი სიჩქარის კორექტირების გზით. სარკის ზედაპირზე სიგანის საანგარიშო ემპირიული დამოკიდებულება შემოთავაზებულია ქვემოთ მოყვანილი შემდეგი სახის ფორმულით:

$$B = \frac{Q^{0.5}}{J^{0.2}} \cdot \frac{K_A}{\sqrt{v_{\text{ზ}}}} \qquad (1)$$

სადაც B – წყალსადინარის სარკის ზედაპირის სიგანეა (მ); Q – არხის მაფორმირებელი წყლის ნაკადის ხარჯი

(მ³/წმ); J – არხის ქანობი; K_A –კოეფიციენტი, რომლის მნიშვნელობა 1-ს უახლოვდება; $v_ზ$ – წყლის ნაკადის სიჩქარე, რომლის დროსაც წყალსადინარის კალაპოტის მდგრადი განივკვეთი ფორმირდება.

მიღებულ დამოკიდებულებაში თვითგარეცხვადი კალაპოტებისათვის სარკის ზედაპირის სიგანის საანგარიშო დამოკიდებულების [1] გათვალისწინებით მიღებულია:

$$H\frac{4\sqrt{E+2D\sqrt{I}}+\sqrt{E+2D\sqrt{I-M\frac{H^2}{4}}-M\frac{H^2}{4}}}{\sqrt{\left(E+2D\sqrt{I}\right)\left(E+2D\sqrt{I-M\frac{H^2}{4}}-M\frac{H^2}{4}\right)}}=\frac{Q^{0.5}}{J^{0.2}}\cdot\frac{K_A}{\sqrt{v_ზ}} \qquad (2)$$

მიღებული დამოკიდებულების საფუძველზე განისაზღვრება თვითგარეცხვადი წყალსადინარების მდგრადი კალაპოტის მაფორმირებელი წყლის ნაკადის ზღვრული სიჩქარე:

$$v_ზ=\frac{Q\left(E+2D\sqrt{I}\right)\left(E+2D\sqrt{I-M\frac{H^2}{4}}-M\frac{H^2}{4}\right)}{H^2J^{0.4}\left(4\sqrt{E+2D\sqrt{I}}+\sqrt{E+2D\sqrt{I-M\frac{H^2}{4}}-M\frac{H^2}{4}}\right)J^{0.4}} \qquad (3)$$

ცხადია, მიღებული თვითგარეცხვადი წყალსადინარების კალაპოტების მდგრადი განივკვეთის მაფორმირებელი წყლის ნაკადის ზღვრული სიჩქარე დამოკიდებულია წყლის ნაკადის ხარჯზე, ნაწილაკის დიამეტრსა და წონაზე, წყლის ნაკადის სიღრმეზე, კალაპოტის გრძივ ქანობზე, ნაწილაკის მიდელის კვეთზე და ნაკადის ჰიდრავლიკურ რადიუსზე, ე.ი.

$$v_ზ=v_ზ(Q, J, H, G_0, W, F, a) \qquad (4)$$

ამრიგად, მიღებული ნახევრად ემპირიული დამოკიდებულება საშუალებას იძლევა განისაზღვროს კალაპოტის მაფორმირებელი ზღვრული კრიტიკული სიჩქარე არსებული ამა თუ იმ ფაქტორის გათვალისწინებით.

ზღვრული წონასწორული საანგარიშო სიგანის მიღებული დამოკიდებულებების გათვალისწინებამ არაგამრეცხი პროცესის საანგარიშო მოდელში დაადასტურა რიგი მეცნიერების, კერძოდ აკად. ც. მირცხულავას მიერ მრავალმხრივი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგად შექმნილი წარმოდგენა ნიადაგ-გრუნტების გარეცხვის პროცესის მექანიზმის შესახებ. ფორმულით და სხვა ავტორთა მიერ [2] მიღებული გამრეცხი სიჩქარეების სიდიდეები მოყვანილია ცხრილის სახით, როცა ნაკადის სიღრმე 2,5 და 1,2 მ.-ს ტოლია.

ცხრილი 1

სხვადასხვა ავტორების მიერ მიღებული შედეგების შედარება

ნაწილაკის დიამეტრი მმ	ვ. შამოვი	ვ. გონჩაროვი	ი. ლევი	ვ. კრონოზი	ც. მირცხულავა	ი. გოგსაძე
0,15	0,24	0,25	0,54	0,4	0,38	0,40
0,25	0,29	0,31	0,54	0,41	0,39	0,42
0,37	0,33	0,36	0,63	0,45	0,41	0,48
0,5	0,37	0,41	0,64	0,47	0,44	0,51
0,75	0,42	0,48	0,64	0,5	0,51	0,54
1	0,46	0,53	0,65	0,52	0,55	0,57
2	0,58	0,7	0,74	0,68	0,7	0,71
2,25	0,62	0,76	0,81	0,74	0,75	0,77
3	0,66	0,82	0,86	0,8	0,8	0,83
5	0,79	0,98	1,05	0,97	0,96	1,00
10	0,99	1,26	1,35	1,3	1,23	1,30
15	1,14	1,44	1,5	1,53	1,42	1,49
20	1,25	1,6	1,55	1,7	1,55	1,62
25	1,34	1,74	1,63	1,88	1,65	1,75
30	1,42	1,84	1,75	1,98	1,76	1,86

როგორც ცხრილი 1-ის მონაცემების ანალიზიდან ჩანს, მიღებული შედეგების მაქსიმალური საშუალო გადახრა ნორმატივად მიღებული საანგარიშო დამოკიდებულებების 26%-ს შეადგენს.

დასკვნა

ამრიგად, მიღებულია თვითგარეცხვადი წყალსადინარების მდგრადი განივკვეთის კალაპოტის მაფორმირებელი ნაკადის ზღვრული სიჩქარის საანგარიშო ნახევრად ემპირიული დამოკიდებულება, რომელიც საშუალებას იძლევა რიგი ფაქტორების გათვალისწინებით ნაკადის ამა თუ იმ კვეთში განისაზღვროს არხების დაპროექტებისა და მშენებლობისათვის აუცილებელი კომპონენტები.

ლიტერატურა

1. **გოგსაძე ი.** თვითგარეცხვადი კალაპოტის განივკვეთის მდგრად ფორმაზე ჰიდრავლიკური რადიუსის გავლენა. //აგრარული მეცნიერებების პრობლემები. სამეცნიერო შრომათა კრებული, ტ. XVI, თბილისი 2002, 320-324 გვ.
2. **Гончаров В.Н.** Основы динамики русловых процесов Гидрометеоиздат.Л.,1954.
3. **Мирцхулава Ц.Е** Основы физики и механики эрозии русел. – Л.: Гидрометеоиздат, 1998.

უაკ 551.482.214

მდ. მტკვრის შენაკადების ეკოქიმიური მდგომარეობის შეფასება ქ. თბილისის ტერიტორიის ფარგლებში

რობერტ დიაკონიძე[1], ირაკლი ფირცხალაიშვილი[1], ნატო ვეფხვიაშვილი[2], ციცინო მარტიაშვილი[2], გიორგი ჩანკაშვილი[3]

[1)] წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
[2)] საქართველოს თავდაცვის სამინისტრო, სპეცგეო,
[3)] საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

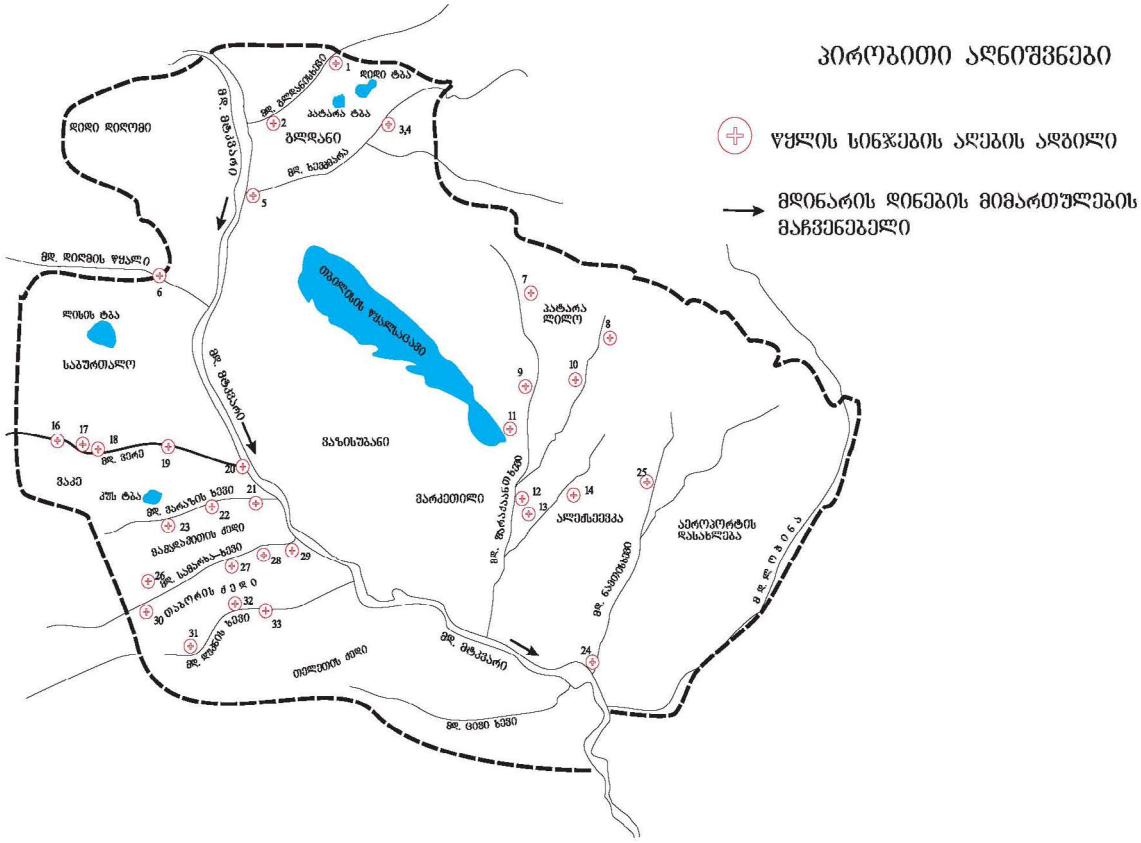
შესავალი

მდინარეებში მძიმე ლითონების მოხვედრის ორი ძირითადი ფაქტორი არსებობს – ბუნებრივი და ანთროპოგენური. ბუნებრივ ფაქტორებს განაპირობებს წყალშემკრები აუზების გეოლოგია და ნიადაგ-გრუნტების თვისებები (სახეობა), თანმხვედრ სხვადასხვა ბუნებრივ სტიქიათა გათვალისწინებით. ანთროპოგენური ფაქტორი კი გულისხმობს ადამიანის ზემოქმედებას გარემოზე, რაც გამოიხატება სახალხო მეურნეობის მზარდი განვითარებით, მათ შორის მრეწველობისა და ინდუსტრიის ისეთი დარგების განვითარებით, რომლებიც დიდი რაოდენობით მოიხმარს წყლის რესურსებს. სწორედ მათ მიერ გამოყენებული და დაბინძურებული წყლის ჩადინებით ხდება წყლის რესურსების დაბინძურება მდინარეთა აუზებში. გამონაკლისს არც მდ. მტკვრის შენაკადები წარმოადგენს.

ძირითადი ნაწილი

ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით, 2004-2005 წლებში მდ. მტკვრის შენაკადებზე (წყალსადინარებზე), კერძოდ ქ. თბილისის ტერიტორიის ფარგლებში არსებულ 20 წყალსადინარზე ჩატარებული სავველე კვლევითი სამუშაოების შედეგად აღებულ იქნა წყლის სინჯები, მათი შემდგომი ლაბორატორიული გამოკვლევისთვის (იხ. ნახ. 1, ცხრ. 1).

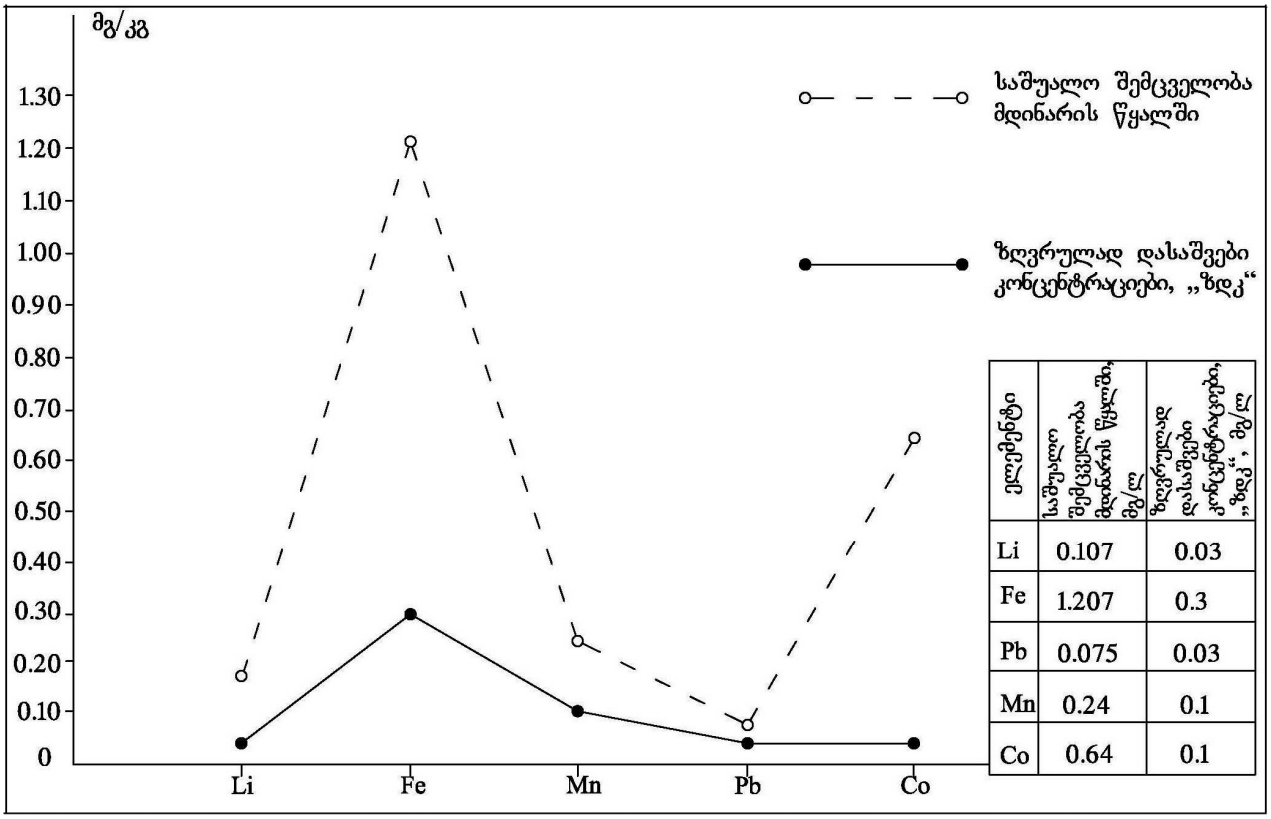
ლაბორატორიული გამოკვლევებით დადგინდა, რომ ქ. თბილისის ტერიტორიაზე და მის მიმდებარედ არსებულ მდინარეთა ქსელი საგრძნობლადაა დაბინძურებული მძიმე ლითონებით; მათ შორისაა, მტკვრის მარცხენა და მარჯვენა შენაკადები, რომლებზეც შეიმჩნევა მიკროელემენტების შემცველობის ზრდის ტენდენცია, რისი ძირითადი მიზეზიც, მოცემული შემთხვევისათვის, ანთროპოგენური ფაქტორია. ასე, მაგალითად, გლდანის დასახლების I მკრ-ის სამხრეთ-აღმოსავლეთ პერიფერიაზე, მდ. ხევძმარას ორი ტოტის შესართავთან 1998 წელს კადმიუმის შემცველობა შეადგენდა 0,07 მგ/ლ; სტრონციუმის – 17,6 მგ/ლ; კობალტის – 6,88 მგ/ლ; ნიკელის – 0,51 მგ/ლ; ტყვიის – 0,05 მგ/ლ; ლითიუმის – 1,6 მგ/ლ-ს [3]. 2004 წელს კი, იმავე შენაკადზე კადმიუმის რაოდენობა მცირედით, მაგრამ გაზრდილია და 0,08 მგ/ლ-ს უტოლდება; ასევე გაზრდილია სტრონციუმის რაოდენობაც 19,2 მგ/ლ-მდე; კობალტის შემთხვევაში დაახლოებით იგივე მონაცემი გვაქვს – 7,0 მგ/ლ, თუმცა ისიც მომატებულია; ნიკელის შემცველობა შემცირებულია და 0,47 მგ/ლ-ს უდრის; ასევე შემცირებულია ტყვიის რაოდენობაც – 0,027 მგ/ლ; ლითიუმის შემთხვევაში ადგილი აქვს შემცველობის უმნიშვნელო გაზრდას – 1,6 მგ/ლ. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ხევძმარას შენაკადზე, სინჯების აღების წინა დღეებში, ადგილი ჰქონდა დიდი რაოდენობით ატმოსფერულ ნალექებს. სავარაუდოა, რომ მდ. ხევძმარაში მძიმე ტოქსიკანტების ისედაც გაზრდილი შემცველობის მატება, სწორედ უხვი ნალექების შედეგად ფორმირებულმა ჩამონადენებმა გამოიწვია. 1998 წლის მონაცემებით გლდანის მასივის III^{a} მკრ-ის სამხრეთ-აღმოსავლეთით, იქ, სადაც მდ. ხევძმარა შედის დახურულ კოლექტორში, სპილენძის – 3,0 მგ/ლ; თუთია – 1,02 მგ/ლ; რკინა კი –7,4 მგ/ლ-ს უდრიდა.


პირობითი აღნიშვნები
წყლის სინჯების აღების ადგილი
მდინარის დინების მიმართულების მაჩვენებელი
მდ. მტკვარი
მდ. ფოცხოველი
მდ. ხევძმარა
მდ. დიღმის წყალი
მდ. ვერე
მდ. ცივი ხევი
მდ. ნაძვისხევი
მდ. ალგეთი
მდ. ტაშისკარი
მდ. ბაბანეული
მდ. ლოჭინისხევი
მდ. ბაბანეული
მდ. ბაბანეული
მდ. ბაბანეული

ცხრილი 1 (გაგრძელება)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
29	სამარხახევი – წავკისი	0.025	1.34	1.65	1.3	0.0012	0.031	–	0.18	0.086	–
33	დუქნისხევი	0.43	–	–	5.51	0.0045	–	0.17	0.34	0.053	–
14	ღრმახევი – პატარა ლილო	0.48	1.27	1.11	5.32	–	–	0.043	0.14	–	–
16	ფიროსმანის ხევი	0.14	1.35	0.98	6.72	0.0018	–	–	0.13	–	0.06
17	თეთრიხევი	0.27	1.47	–	7.88	–	–	0.21	0.43	0.14	0.03
24	ნავთისხევი – ალექსეევკა	0.32	1.65	0.89	3.59	0.0023	–	–	0.43	–	0.015
10	წყალსადინარი მეტრომშენის დასახლებაში	0.54	2.3	1.93	16.45	–	–	0.65	0.47	4.33	0.19
25	ქვემო სამგორის არხში ჩამავალი უსახელო წყალსადინარი – თეთრიხევის დასახლება	0.11	0.071	0.84	7.51	–	–	–	0.38	–	–

2004 წლისთვის მდ. ხევძმარას მტკვარში ჩადინების ადგილზე აღებულ სინჯებში ლითიუმი – 0,12 მგ/ლ იყო; კადმიუმი – 0,013 მგ/ლ; მანგანუმი – 0,315 მგ/ლ; რკინა – 1,22 მგ/ლ; კობალტი – 0,22 მგ/ლ. დანარჩენი ლითონების შემცველობა ჩამდინარე წყლების დასაშვებ კონცენტრაციაზე (***ზდკ***) დაბალია [4, 11]. ზემოაღნიშნულ შენაკადზე 1998 წელს აღებული სინჯების მიხედვით, მძიმე ლითონების შემცველობა ასეთი იყო: ლითიუმი – 0,05 მგ/ლ; კადმიუმი – 0მ01 მგ/ლ; მანგანუმი – 0,204 მგ/ლ; რკინა – 0,94 მგ/ლ; კობალტი – 0,16 მგ/ლ. ანუ, როგორც ვხედავთ, ზოგიერთი ელემენტის შემცველობა, 1998 წელთან შედარებით, 2004 წლისთვის მომატებულია, კერძოდ: ლითიუმი – 2,4-ჯერ, კადმიუმი – 1,3-ჯერ, მანგანუმი – 1,5-ჯერ, რკინა – 1,3-ჯერ, კობალტი – 1,4-ჯერ. ანალოგიურ მოვლენას აქვს ადგილი მტკვრის დანარჩენ შენაკადებზეც. მაგალითად, მდ. გლდანისხევში, სადაც საკანალიზაციო ქსელიდან ჩაედინება ჭუჭყიანი წყალი, დაბინძურებას მნიშვნელოვნად განაპირობებს აქ არსებული შთამბეჭდავი ზომის ნაგავსაყრელებიც. გლდანისხევზე 1998 წელს ჩატარებული კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ ჩამდინარე წყლებში მიკროკომპონენტების მაჩვენებლები (კობალტი, რკინა, მანგანუმი, ტყვია და ლითიუმი) მნიშვნელოვნად აღემატებოდა ჩამდინარე წყლების ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციებს [3]. უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ეკოსისტემებში მოხვედრილ მძიმე ელემენტებს შორის, ტოქსიკურობის, წყაროთა მრავალფეროვნების და მდგრადობის მიხედვით, ტყვიას და მის ნაერთებს განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს. ვინაიდან ტყვიის ძირითად მატარებლებს (83÷99)% წარმოადგენს შეწონილი ნივთიერებები [6,7], რომლებიც *n*-დან *n*×100 მგ/კგ-მდე ტყვიას შეიცავს; ამიტომ, ანთროპოგენური ფაქტორების ზეგავლენით, ტყვიის შემცველობა შეწონილ ნივთიერებებსა და ფსკერულ ნალექებში საშუალოდ 0,4÷1,3 გ/კგ-მდე იზრდება, ხოლო ანომალურ შემთხვევაში 70 გ/კგ-ს აღწევს [10]. ზემოაღნიშნულ ობიექტებზე 2004 წელს დანაგვიანების მასშტაბები არათუ შენარჩუნდა, არამედ გაიზარდა კიდეც, რამაც, ცხადია, გარკვეული ზეგავლენა იქონია მდ. ხევძმარას ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე. წინა წლებთან შედარებით, 1998 წელს სახეზეა ზემონახსენები მიკროკომპონენტების შემცველობების ზრდა, კერძოდ, კობალტის კონცენტრაცია გაიზარდა 0,64 მგ/ლ-მდე (***ზდკ***-ს აღემატება 6,4-ჯერ); რკინის – 1,207 მგ/ლ-მდე (***ზდკ***-ს აღემატება 4-ჯერ); ტყვიის – 0,075 მგ/ლ-მდე (***ზდკ***-ს აღემატება 2,5-ჯერ) და ლითიუმის – 0,107 მგ/ლ-მდე (***ზდკ***-ს აღემატება 3,6-ჯერ). რაც შეეხება მანგანუმს, მართალია მისი შემცველობა კვლავ აღემატება ***ზდკ***-ს დაახლოებით 2-ჯერ, მაგრამ იგი რამდენადმე შემცირებულია და 0,.24 მგ/ლ-ს უტოლდება (ნახ. 2).



ელემენტი	საშუალო შემცველობა მდინარის წყალში, მგ/ლ	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები, „ზდკ“, მგ/ლ
Li	0.107	0.03
Fe	1.207	0.3
Pb	0.075	0.03
Mn	0.24	0.1
Co	0.64	0.1

ნახ. 2. მდ. ხევძმარაში ტოქსიკური ლითონების საშუალო შემცველობების ამავე ლითონების ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებთან შედარებითი გრაფიკი

საყურადღებოა, რომ საქართველოს სხვადასხვა რეგიონის წყლები გახსნილი მანგანუმის შემცველობის მხრივ მცირედით განსხვავდება ერთმანეთისგან, რამეთუ ისინი მანგანუმის ჰიდრატირებულ კათიონთან ერთად აგრეთვე შეიცავენ არაორგანულ და ორგანულ ლიგანდებთან შექმნილ კომპლექსებს. იშვიათი გამონაკლისის გარდა, მდინარეებში მანგანუმის ძირითადი ნაწილი, როგორც უკვე ვთქვით, ასევე შეწონილი ფორმით მიგრირებს [10]. მძლავრი ანთროპოგენური ფაქტორის ჩარევა იწვევს მისი გახსნილი და შეწონილი ფორმების აბსოლუტური და ფარდობითი მაჩვენებლების მკვეთრ ზრდას.

საქართველოს ზედაპირულ წყლებში, კერძოდ მდინარეებში შეწონილი მანგანუმის აბსოლუტური შემცველობები 0,01-დან 6,8 მგ/ლ-მდე მერყეობს და საშუალოდ 0,8 მგ/ლ-ს შეადგენს. მისი წილი მიგრაციულ პროცესებში, ისევე, როგორც მსოფლიოს მდინარეებში, შეადგენს 97,9%-ს [1].

აღსანიშნავია, რომ ზემოაღნიშნულ კვლევებში საბოლოო დასკვნების გამოტანაზე ლაპარაკი ნაადრევია, სინჯების ერთჯერადობისა და მათი რაოდენობის სიმცირის გამო. თუმცა, დაბინძურების მასშტაბების შესახებ გარკვეული დასკვნების გაკეთება მეტ-ნაკლებად მაინცაა შესაძლებელი. მაგალითად, მდ. ვერეში, 2004 წლისთვის მიკროკომპონენტები გაზრდილი საშუალო შემცველობებით გამოირჩევა და მათი შემცველობა ჩამდინარე წყლების **ზდკ**-ს მრავალჯერ აჭარბებს: ლითიუმი – 0,089 მგ/ლ (3-ჯერ); კადმიუმი – 0,0092 მგ/ლ (9,2-ჯერ); მანგანუმი – 0,186 მგ/ლ (2-ჯერ) და რკინა – 0,83 მგ/ლ (3-ჯერ) (ცხრ. 1). მდ. ვერეს შესახებ ინფორმაცია 1984-88 წლებში ბ. სუდოვის მიერ ჩატარებული გეოეკოლოგიური კვლევების შედეგებიდანაც გვაქვს, სადაც ამ დროისთვის დადგენილი იყო 5 ჰიდროქიმიური ანომალია, რომლებიც წყლის მავნე ლითონებით დაბინძურების ფართო სპექტრით ხასიათდებოდა [9].

2004 წლის ზაფხულში დიღმისწყალზე სინჯები აღებულია უშუალოდ მისი უკიდურესად დანაგვიანებული ადგილებიდან (ნახ. 2) და ამავდროულად, მდინარის ირგვლივ დასახლებული ტერიტორიებიდან. მასში საკანალიზაციო წყლებიც უხვად ჩაედინება,

ამიტომ, მდინარიდან აღებული სინჯები მიკროკომპონენტების კონცენტრაციის გაზრდილი მნიშვნელობებით გამოირჩევა და წარმოდგენილია: ლითიუმით – 0,47 მგ/ლ; სტრონციუმით – 15,14 მგ/ლ; კადმიუმით – 0,012 მგ/ლ; მანგანუმით – 0,297 მგ/ლ; რკინით – 2,5 მგ/ლ; კობალტით – 0,75 მგ/ლ.

საველე-კვლევითი სამუშაოების ჩატარების პერიოდისათვის წავკისისხევში მძიმე ტოქსიკური ლითონების შემცველობები, უმრავლეს შემთხვევაში, ჩამდინარე წყლების ზდკ-ს რამდენადმე ჩამოუვარდება. მხოლოდ სპილენძის, თუთიისა და კადმიუმის შემთხვევაში, უმნიშვნელოდ აღემატება ***ზდკ***-ს. მსგავსი მდგომარეობა შეინიშნებოდა 1984-88 წლებში აღნიშნულ ხევზე თბილისის ბოტანიკური ბაღის 1 კმ-იან მონაკვეთზე. ამ დროისათვის აქ სპილენძის ანომალია 0,005 გ/ლ-ს უდრიდა [9].

სხვა მდინარეებთან დაკავშირებით სურათი ანალოგიურია, ანუ ამა თუ იმ მიკროკომპონენტის, მართალია მცირე, მაგრამ მაინც გაზრდილი შემცველობები თითქმის ყველა შენაკადზე აღინიშნება. დამბინძურებლების ზედდების შემთხვევაში, კი განსაკუთრებულად შთამბეჭდავ რიცხვებთან გვაქვს საქმე.

ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია გაგრძელდეს სამუშაოები ამ მიმართულებით და შემდგომ კვლევებში სრულად იქნეს შესწავლილი მდ. მტკვრის შენაკადებისა და წყლის სხვა რესურსების ხარისხი, მისი ეკოლოგიური პოზიციიდან და მოხმარების ხასიათიდან გამომდინარე [2, 5, 8].

დასკვნა

1. ჩატარებული საველე და ლაბორატორიული სამუშაოები ერთჯერად ხასიათს ატარებდა, რაც, ცხადია, არ კმარა ქალაქის ჰიდროგრაფიული ქსელის დაბინძურების სრულყოფილი შეფასებისათვის; თუმცა, დღესდღეობით მიღებული შედეგების წინა წლებთან შედარება, გარკვეული შეფასების საშუალებას მაინც იძლევა, რაც მათი ხარისხის გაუარესებაში გამოიხატება, ანუ თანამედროვე ურბანიზაციის პირობების ფონზე ეკოსისტემებში წინა წლებისთვის დამახასიათებელ ე.წ. „ტიპომორფულ“ ელემენტებს რიგი სხვა დამატებითი ელემენტების გაზრდილი კონცენტრაციებიც დაემატა. ზოგ შემთხვევაში კი, აღნიშნული „ტიპომორფული“ ელემენტების კონცენტრაციების შემცირებაც აღინიშნება.
2. გამოკვლევებით დადგინდა, რომ მდ. მტკვრის შენაკადების წყლები თბილისსა და მის მიმდებარე ტერიტორიებზე უმრავლეს შემთხვევაში, ძლიერაა დაბინძურებული და მათი ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციები მრავალჯერ აჭარბებს დასაშვებ ნორმებს.
3. გარემოზე ანთროპოგენური (ადამიანის საყოფაცხოვრებო, საწარმოო, სასოფლო-სამეურნეო, სამშენებლო საქმიანობის გამო და სხვ.) ფაქტორის ნეგატიური ზემოქმედების შედეგად სახეზეა საკვლევი რეგიონის ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუარესება, რაც იმაში გამოიხატება, რომ მიკროკომპონენტების რაოდენობრივი მაჩვენებლები მნიშვნელოვნად აჭარბებს ჩამდინარე წყლების ზღვრულ დასაშვებ ნორმებს.
4. მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ამ მიმართულებით სამუშაოების გაგრძელება, რაც საშუალებას მოგვცემს შეფასდეს მდ. მტკვრის შენაკადებისა და წყლის სხვა რესურსების ხარისხი თბილისის მიდამოებში. გარდა ამისა, შესაძლებელი იქნება წყლის რესურსების დაბინძურების ხარისხის დადგენა მისი ეკოლოგიური უსაფრთხოებისა და წყალმოხმარების ვარგისიანობის პოზიციებიდან გამომდინარე, შესაძლებელი იქნება მათი კლასიფიკაცია

ლიტერატურა

1. **Войнич-Сяноженцский Т.Г.** Гидродинамика устьевых участков рек и взморий бесприливных морей. //Труды ЗакНИГМИ, вып. 46(52), Гидрометеоиздат., 1972, 203 с.
2. **Диаконидзе Р.В.** Оценка среднего стока взвешенных наносов неизученных рек Западной

Грузии. //Труды ЗакНИГМИ, Гидрометеоиздат, выпуск 31(37), 1973 с.72-77.

3. **Диаконидзе Р.В.** Методика установления стока взвешенных наносов для неизученных водосборов рек Грузии //Эрозионные и селевые процессы и борьба с ними. Сб. научных трудов ГрузНИИГиМ, вып.7, Тбилиси, 1980, с.34-40.
4. **Диаконидзе Р.В.** Изменчивость годового стока взвешенных наносов рек Грузии. //Сообщения АН ГССР, т.103, №7, Тбилиси, 1981, с.93-96.
5. **Диаконидзе Р.В., Чахая Г.Г., Цулукидзе Л.Н.** Оценка стока влекомых (донных) и полного стока наносов рек Восточной Грузии //Известия Аграрной науки, том . № Тбилиси, 2008, с.
6. **Зенкович В.П.** Основы учения о развитии морских берегов. Издательство АН СССР, Москва, 1962, 187 с.
7. **Кикнадзе А., Русо Г., Хорава С.** Решение проблем защиты морских берегов в Аджарии. //Инженерные проблемы Грузии: состояние и перспективы, инженерная академия Грузии, Тбилиси, 1998, с. 137-147.
8. **Кикнадзе А.Г., Меладзе Ф.Г., Сакварелидзе В.В.** Защита Черноморского побережья Грузии от размыва морем. //Обзорная информация, серия 7, “Охрана природы”, Груз НИИНТИ, Тбилиси, 1984, 52 с.
9. **Маккавеев Н.И., Беркович К.М., Виноградова Н.И. и др.** Отчет Черноморской экспедиции по теме “Определение баланса твердого стока рек бассейна Черноморского побережья Грузинской ССР и методов его увеличения”. Т.III, Москва, 1966, 22 с.
10. **Мандыч А.Ф.** Твердый сток рек Западной Грузии. Автореферат кандидатской диссертации. Издательство МГУ, 1967, 24с.
11. **Мачавариани Н.Г.** Сток взвешенных наносов рек южного склона Центрального Кавказа. Автореферат кандидатской диссертации. Москва, 1971, 19 с.
12. **Хмаладзе Г.Н.** – Выносы наносов реками Черноморского побережья Кавказа. Гидрометеоиздат, Ленинград, 1978, 167с.

УДК 556.535.6

ЭМПИРИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЛЕКОМЫХ (ДОННЫХ) И ПОЛНОГО СТОКА НАНОСОВ ВОДОСБОРОВ РЕК ГРУЗИИ

Диаконидзе Р.В., Чахая Г.Г., Цулукидзе Л.Н.

Институт водного хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Развитие отраслей народного хозяйства и их успешное функционирование непосредственно связано с освоением и использованием водных ресурсов, созданием их запаса. Для этого одним из обязательных условий является изучение гидрологического режима рек и его регулирование.

Создание запаса водных ресурсов требует строительства соответствующих гидротехнических сооружений (водохранилищ, плотин, водоразделов и др.), для чего необходимо знание количественных показателей твердого стока рек. Известно также, что защита морской береговой зоны от размыва, сохранение ее стабильности и устойчивости, зависит от многих факторов: тектонические процессы, ветро-волновое воздействие, повышение уровня океана, твердый сток наносов, биогенные процессы и др. Из этих факторов по сохранению устойчивости морского побережья одним из важнейших является сток речных наносов [1, 6, 7, 8].

В последнее время, в связи изменением климата на Планете, (в частности, повышение температуры атмосферы, так называемое "Глобальное потепление"), значительно увеличился темп поднятия уровня океана, что создало условие для размыва морского побережья.

В настоящее время для защиты морского побережья от размыва существуют различные типы гидротехнических сооружений. Однако, все эти мероприятия являются временными. Единственным и основным мероприятием для сохранения стабильности Черноморского побережья остается регулирование твердого стока наносов поступающих по рекам в море.

Исходя из вышеизложенного, целью настоящей работы является установление расчетных эмпирических зависимостей для определения (прогнозирования) стока влекомых (донных) и полного стока наносов для неизученных водосборов рек Грузии.

Упомянутый проект был выполнен при финансовой поддержке Национального научного фонда Грузии (грант № GNSF/ST08/5-433). В предложенной публикации любая высказанная мысль принадлежит авторам и возможно не выражает взглядов Национального научного фонда Грузии

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В практике гидрологических расчетов для определения стока влекомых (донных) наносов и полного стока наносов используются аналитические формулы.

В виду отсутствия исходных данных или же трудности их опредедения, результаты, полученные этими формулами, дают большое отклонение от действительных величин, особенно для горных рек.

В настоящее время, определение влекомых наносов, в основном, базируется на анализе натурных данных, но, к сожалению, сведения о величине стока влекомых наносов по исследуемой территории весьма ограничены. Поэтому для количественной оценки стока влекомых наносов и полного стока наносов неизученных рек Грузии привлечены по возможности все имеющиеся материалы.

Для расчета стока влекомых наносов также часто применяют соотношение стока влекомых

наносов с взвешенным, устанавливаемое каждый раз эмпирически по отдельным изученным рекам. Однако, необходимо отметить, что оценить количественные харастеристики стока влекомых наносов этим способом ввиду крайне недостаточного количестве материала в условиях Грузии считаем нецелеосообразным.

Как известно, в формировании стока наносов принимают участие множество факторов: сток воды, геоморфологические и морфометрические условия, литология пород, почвенный и растительный покров и др. Предпринятые для эрозионного районирования территории Грузии многочисленные попытки установить связь между стоком наносов и названными выше факторами, нам не удалось (связь получается только со стоком воды и средней высотой водосбора). Поэтому мы сочли целесообразным, что для эрозионного районирования территории, необходимо установить связь между стоком наносов и одним из важнйших факторов – жидким стоком в сочетании с рельефом.

Поверхностный водный поток – жидкий сток, обладающий энергией, в зависимости от рельефа, производит работу по разрушению поверхности водосбора и транспортированию продуктов разрушения. Жидкий сток в сочетании с рельефом можно выразить как энергетическую характеристику водосборного бассейна. Работу, совершенную жидким стоком в единицу времени (мощность) с учетом рельефа местности, в известных пределах можно выразить как потенциальную мощность водотоков водосборного бассейна, сокращенно – мощность водосборного бассейна

$$N = \gamma QH \approx 1000QH \text{ кгс·м/с} \approx 1000QH \text{ Вт} \quad (1)$$

где N – мощность водосборного бассейна в Вт;

γ – вес единицы объема воды в кг/м^3;

Q – средний расход воды в м^3/с;

H – средняя высота водосбора в м.

По расчету стока наносов для неизученных рек Грузии существует немногие, но очень ценные работы. [9,10,11,12]. В свое время нами были выполнены работы [2, 3, 4], в которых для эрозионного районирования территории Грузии был применен обобщенный фактор (жидкий сток в сочетании с рельефом) мощность водосборного бассейна и на основании этого, для территории Грузии определено 8 эрозионных районов по распределению стока взвешенных наносов и получены эмпирические зависимости для расчета среднего годового стока взвешенных наносов рис.1.

Рис. 1. Гидрографическая карта эрозионных районов Грузии

Нужно отметить, что границы эрозионных районов, которые были определены нами, не совпадают с границами геоморфологических районов Грузии. Это объясняется очень сложным рельефом, сложным геологическим строением и значительной пестротой почвенного и растительного покрова территории.

Для осуществления эрозионного районирования территории Грузии по распределению стока влекомых (донных) наносов и полного стока наносов мы использовали гидрологические данные по наносам. Нужно отметить, что материалов по стоку влекомых наносов, имеется немного. Эрозионное районирование территории при таком скудном материале, конечно нелогично, но нас в этом случае интересовало подчинялось ли распределение стока влекомых и полного стока наносов тому принципу, по которому мы осуществили районирование территории Грузии по распределению стока взвешенных наносов. А в дальнейшем, если бы имела место эта закономерность, мы могли районировать исследуемую территорию по распределению стока влекомых наносов и полного стока наносов.

В данной работе с этой целью мы использовали все имеющиеся материалы по влекомым наносам для территории Западной Грузии и установили графические логарифмические связи между средним годовым расходом влекомых наносов (G кг/с) и мощностью водосборного бассейна (N млн.Вт), также между средним годовым расходом полного стока наносов ($\sum(R+G)$ кг/с) и мощностью водосборного бассейна (N млн.Вт.) рис. 2, 3. На основание аналогичных связей для водосбор рек Восточной Грузии, ранее нами были определены соответствующие эмпирические зависимости [5].

Как показали исследования, распределение стока влекомых наносов и полного стока наносов совпадает с эрозионным районированием территории по распределению стока взвешенных наносов. Это ещё раз подтверждает правильность и общность принципа эрозионного районирования в условиях горного очень сложного рельефа территории Грузии.

Из графических связей (рис.2, 3) установлены эмпирические зависимости для расчета стока влекомых (донных) и полного стока наносов неизученных водосборов рек Западной Грузии и вместо ранее полученных зависимостей для рек Восточной Грузии [5], представлены в табл. 1 для всей территории Грузии по эрозионным районам (рис.1).

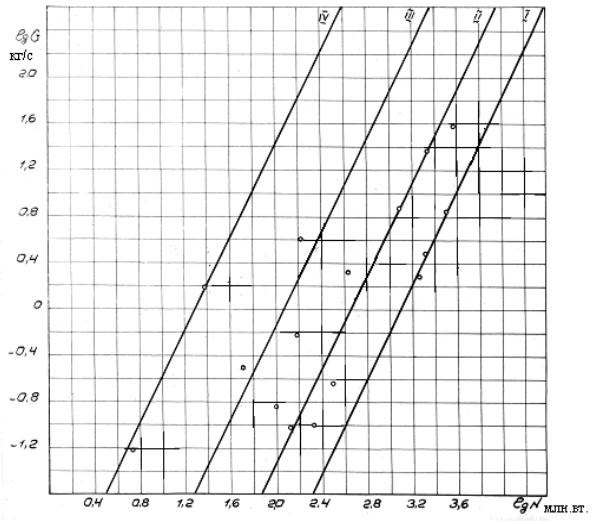


Рис. 2. Связь между средним годовым расходом влекомых наносов и мощностью водосборных бассейнов рек Западной Грузии

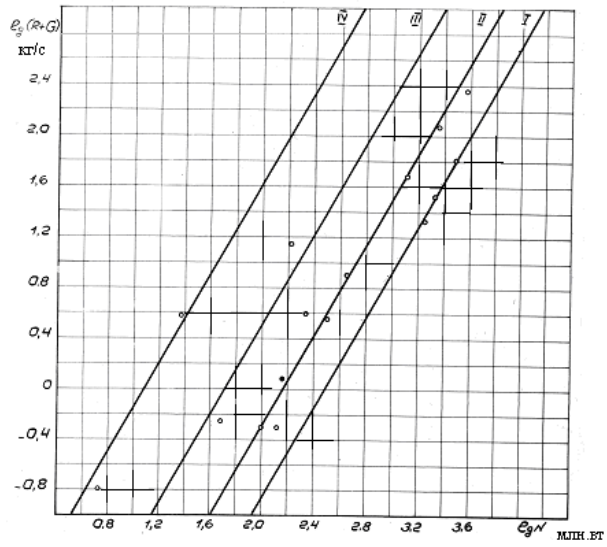


Рис. 3. Связь между средним полным годовым расходом наносов и мощностью водосборных бассейнов рек Западной Грузии

Коэффициент корреляции между вычисленными и фактическими расходами влекомых наносов составляет Ro=0,950, а между вычисленными и фактическими значениями полного стока - Ro=0,970, Это указывает на то, что принятые эмпирические зависимости удовлетворяют их теоретическим и практическим требованиям.

Таблица 1

Эмпирические зависимости для определения стока влекомых (донных) и полного стока наносов

№ эрозионного р-на	Уравнения криволинейных связей		
	Для расчета годовых расходов влекомых наносов, G кг/с	№ эрозионного р-на	Для расчета полного годового стока наносов ($\sum(R+G)$, кг/с
I	$G = 6{,}3 \cdot 10^{-7}\ N^{2,0}$	I	$\sum(R+G) = 3{,}3 \cdot 10^{-5}\ N^{1,8}$
II	$G = 4{,}8 \cdot 10^{-6}\ N^{2,0}$	II	$\sum(R+G) = 1{,}2 \cdot 10^{-4}\ N^{1,8}$
III	$G = 7{,}2 \cdot 10^{-5}\ N^{2,0}$	III	$\sum(R+G) = 7{,}9 \cdot 10^{-4}\ N^{1,8}$
IV	$G = 2{,}5 \cdot 10^{-3}\ N^{2,0}$	IV	$\sum(R+G) = 1{,}0 \cdot 10^{-2}\ N^{1,8}$
V	$G = 6{,}9 \cdot 10^{-9}\ N^{3,0}$	V	$\sum(R+G) = 1{,}7 \cdot 10^{-7}\ N^{2,7}$
VI	$G = 2{,}0 \cdot 10^{-8}\ N^{3,0}$	VI	$\sum(R+G) = 5{,}9 \cdot 10^{-7}\ N^{2,7}$
VII	$G = 1{,}6 \cdot 10^{-7}\ N^{3,0}$	VII	$\sum(R+G) = 5{,}2 \cdot 10^{-6}\ N^{2,7}$
VIII	$G = 1{,}7 \cdot 10^{-5}\ N^{3,0}$	VIII	$\sum(R+G) = 1.6 \cdot 10^{-4}\ N^{2,7}$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из выше сказанного, полученные зависимости (табл. 1) можно рекомендовать для приближенного расчета как влекомых (донных), так и полного стока наносов для неизученных водосборов рек Грузии в естественных условиях.

Необходимо отметить, что в будущем, если будут накоплены достаточные материалы по стоку влекомых наносов и принято во внимание изменение величин наносов (тенденция изменения и степень количественного изменения) по бассейнам рек, а также будет принято во внимании быстрое развитие водохозяйственного строительства республики, в дальнейшем нам представляется возможным подтвердить точность предложенных методов и в получить уточненные и надежные зависимости для расчета стока наносов водосборных бассейнов рек Грузии.

Литература

1. **Войнич-Сяноженцский Т.Г.** Гидродинамика устьевых участков рек и взморий бесприливных морей. //Труды ЗакНИГМИ, вып. 46(52), Гидрометеоиздат., 1972, 203 с.
2. **Диаконидзе Р.В.** Оценка среднего стока взвешенных наносов неизученных рек Западной Грузии. //Труды ЗакНИГМИ, Гидрометеоиздат, выпуск 31(37), 1973 с.72-77.
3. **Диаконидзе Р.В.** Методика установления стока взвешенных наносов для неизученных водосборов рек Грузии //Эрозионные и селевые процессы и борьба с ними. Сб. научных трудов ГрузНИИГиМ, вып.7, Тбилиси, 1980, с.34-40.
4. **Диаконидзе Р.В.** Изменчивость годового стока взвешенных наносов рек Грузии. //Сообщения АН ГССР, т.103, №7, Тбилиси, 1981, с.93-96.
5. **Диаконидзе Р.В., Чахая Г.Г., Цулукидзе Л.Н.** Оценка стока влекомых (донных) и полного стока наносов рек Восточной Грузии //Известия Аграрной науки, том . № Тбилиси, 2008, с.
6. **Зенкович В.П.** Основы учения о развитии морских берегов. Издательство АН СССР, Москва, 1962, 187 с.
7. **Кикнадзе А., Русо Г., Хорава С.** Решение проблем защиты морских берегов в Аджарии. //Инженерные проблемы Грузии: состояние и перспективы, инженерная академия Грузии, Тбилиси, 1998, с. 137-147.

8. **Кикнадзе А.Г., Меладзе Ф.Г., Сакварелидзе В.В.** Защита Черноморского побережья Грузии от размыва морем. //Обзорная информация, серия 7, "Охрана природы", Груз НИИНТИ, Тбилиси, 1984, 52 с.
9. **Маккавеев Н.И., Беркович К.М., Виноградова Н.И. и др.** Отчет Черноморской экспедиции по теме "Определение баланса твердого стока рек бассейна Черноморского побережья Грузинской ССР и методов его увеличения". Т.III, Москва, 1966, 22 с.
10. **Мандыч А.Ф.** Твердый сток рек Западной Грузии. Автореферат кандидатской диссертации. Издательство МГУ, 1967, 24с.
11. **Мачавариани Н.Г.** Сток взвешенных наносов рек южного склона Центрального Кавказа. Автореферат кандидатской диссертации. Москва, 1971, 19 с.
12. **Хмаладзе Г.Н.** – Выносы наносов реками Черноморского побережья Кавказа. Гидрометеоиздат, Ленинград, 1978, 167с.

უაკ 551.3

თანამედროვე გეოდინამიკური პროცესები მესხეთ-ჯავახეთში

გამარლი დოხნაძე[1], ჰამლეტ სალუქვაძე[2],
ქეთევან დადიანი[1], ირაკლი ფირცხალაიშვილი[1]

[1)] წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
[2)] მინერალური ნედლეულის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

ბუნებრივ გარემოში მიმდინარე გლობალური პროცესები სხვადასხვაგვარად აისახება ნებისმიერ რეგიონზე. გლობალური პრობლემების სივრცეში მიმდინარე გეოდინამიკური პროცესების ხასიათი განპირობებულია როგორც ადამიანის სამეურნეო საქმიანობითა და ყოფა-ცხოვრების წესით, ისე ბუნებრივი პირობების გეოგრაფიული თვისებებით. ეს პროცესები უშუალო კავშირშია ტერიტორიულ მიწათსარგებლობასთან და რეგიონალურ სოციალურ-ეკონომიკურ დაგეგმარებასთან. რაციონალური მიწათსარგებლობისა და არსებული რესურსების ოპტიმალური მართვის მისაღწევად ნებისმიერი ტერიტორიისათვის მიზანშეწონილია, შესაბამისი კვლევების საფუძველზე, კომპლექსურად შეფასდეს გავრცელებული გეოდინამიკური პროცესების გენეზისი, მათი მიზეზ-შედეგობრივი კავშირები; დადგინდეს განმსაზღვრელი ფაქტორების რაოდენობრივი მახასიათებლები და მოსალოდნელი ცვლილებების ტენდენციები.

ძირითადი ნაწილი

საკვლევი ტერიტორია გეოტექტონიკურად მცირე კავკასიონის ნაოჭა სისტემის აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის სამხრეთული ქვეზონის, ართვინ-ბოლნისის ზონის ჯავახეთის ქვეზონისა და გეკთაფინის ქვეზონის ფარგლებშია მოქცეული (ნახ.1).

როგორც სქემიდან ჩანს, ყველაზე ძველი ქანებია ზედა პალეოზოურის (YP^1_{Z3}) გრანიტოიდები.

ზედა ცარცული (K_2) ბრექჩიები, ბაზალტებისა და ანდეზიტების ლავური განფენები და კირქვები ველის ქედის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ფერდობზე გამოდის. იქვე შიშვლდება პალეოცენური (P_1) თხელი ზღვის აუზის კირქვები, ბრექჩირებული კირქვები, ფერადი მერგელები, თიხები და ქვიშაქვები.

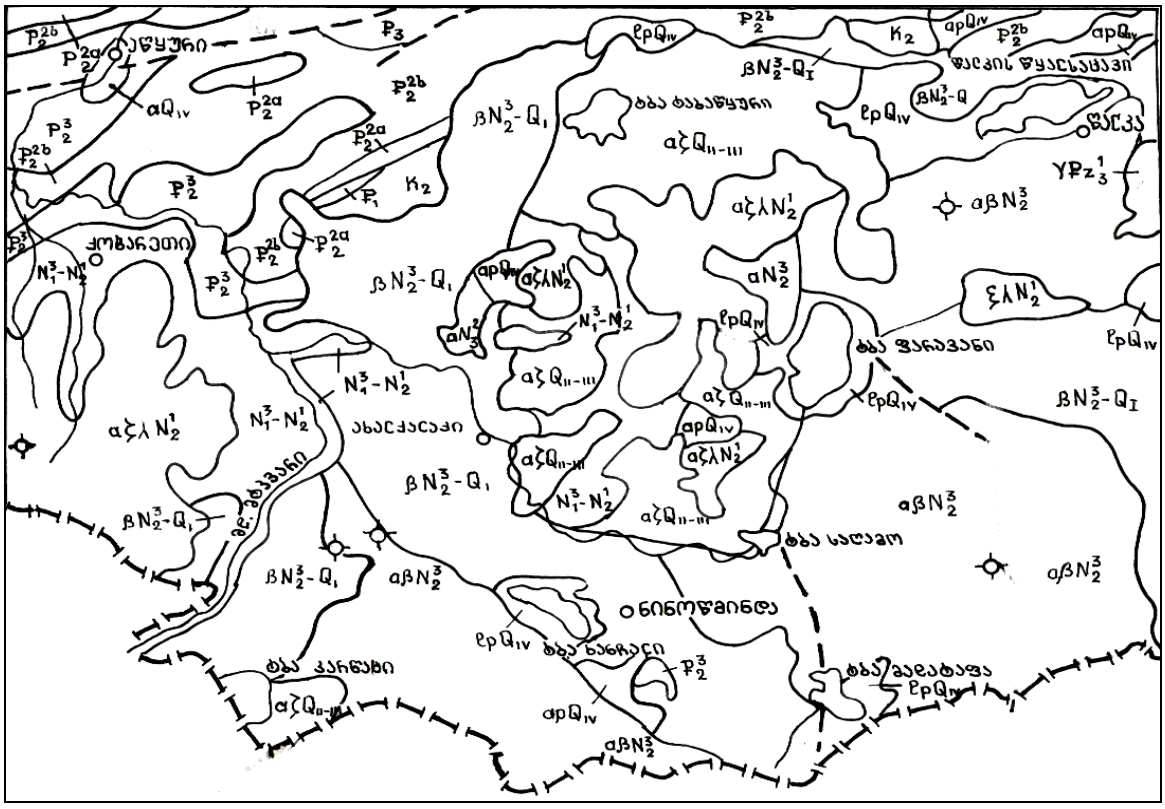
შუა ეოცენური (P^2_2) ბაზალტური კონგლომერატები, ტუფო-ქვიშაქვები, ოლისტროსტრომები, ლავური განფენები, მასიური ვულკანური ბრექჩიები, ბაზალტების, ანდეზიტებისა და დაციტების ტუფები ტბა ხოზაფინის მიდამოებში გამოდის.

შუა ეოცენის ქვედა დონეს (P^{2a}_2), რომლის აგებულებაში ფერადი ტუფები, არგილითები, კირქვები და მერგელები მონაწილეობს, მცირე ფართობი უჭირავს. შუა ეოცენის ზედა დონის (P^{2b}_2) ქანების, რომლებიც წარმოდგენილია ვულკანური ბრექჩიებით, ტუფებით, ლავური განფენებით, ტუფიტებით, გრაველიტებით, ტუფო-ქვიშაქვებითა და მერგელებით, გამოსავლებს დიდი ფართობი უჭირავს. უმნიშვნელო გამოსავლები აქვს ოლიგოცენის (P_3) ქვიშაქვებს, თიხებს, კონგლომერატებს, ალევროლიტებს, მერგელებს და ნახშირის შრეებს.

სამსარის ქედის სამხრეთ-დასავლეთ ფერდობზე ზედა მიოცენის და ქვედა პლიოცენის ($N^3_1 + N^1_2$) კონტინენტური ნალექებია; ტუფები, ვულკანური ბრექჩიები, კონგლომერატები, ტუფო-დიატომიტები, ანდეზიტები და ბაზალტები შიშვლდება.

ქვედა პლიოცენური ($\alpha\zeta\lambda\, N^1_2$) რიოლითების, დაციტებისა და ანდეზიტების გამოსავლები ძირითადად სამსარის ქედის თხემურ ნაწილს და ერუშეთის მთიანეთის მნიშვნელოვან ფართობს იკავებს.

ზედა პლიოცენის ($\alpha\beta N_2^3$) ანდეზიტებს და დაციტებს აგებული აქვს ჯავახეთის ქედი; რადგან ჯავახეთის ქედზე ამგები ქანების ერთგვაროვნებასთან გვაქვს საქმე, ვიდრე არის სამსარის ქედზე, შეიძლება ეს განაპირობებდეს ამ უკანასკნელზე ეგზოგენური პროცესების მრავალფეროვნებას. სამსარის ქედზე გვხვდება აგრეთვე ზედა პლიოცენის (αN_2^3) გამოსავლები.



ნახ. 1. გეოლოგიური სქემა

პირობითი ნიშნები

aQ_{IV}	მეოთხეული თანამედროვე მდინარეული ქვიშები, თიხები	P_3	ოლიგოცენი. ქვიშაქვები, თიხები, კონგლომერატები, ალევროლიტები მერგელები
$\ell\alpha Q_{IV}$	მეოთხეული თანამედროვე. ტბური და მდინარეული ქვიშები, თიხები	P_2^{2b}	შუა ეოცენის ზედა ნაწილი. ვულკანური ბრექჩიები, არგილითები, კირქვები, მერგელები
$\rho_\rho Q_{IV}$	მეოთხეული. თანამედროვე. ტბური და პროლუვიური ქვიშები, თიხები	$P_2^{2\alpha}$	შუა ეოცენის ქვედა ნაწილი. ფერადი ტუფები, არგილითები, კირქვები, მერგელები
$\alpha\rho Q_{IV}$	მეოთხეული თანამედროვე. მდინარეული და პროლუვიური ქვიშები, თიხები	P_2^2	შუა ეოცენი, ბაზალტური კონგლომერატები, ტუფო-ქვიშაქვები, ანდეზიტები, ბაზალტები
$\alpha\varepsilon\ Q_{II-III}$	შუა-ზედა მეოთხეული. ანდეზიტები და ანდეზიტ-დაციტები	P_1	პალეოცენი. კირქვები, ფერადი მერგელები, ქვიშაქვები, თიხები
$\alpha\beta N_2$	ზედა პლიოცენი – ქვედა მეოთხეული ბაზალტები	K_2	ზედა ცარცი. კირქვები, ვულკანური ბრექჩიები, ბაზალტებისა და ანდეზიტების განფენები
$\alpha\beta N_2$	ზედა პლიოცენი- ანდეზიტები, ბაზალტები	$YP_{Z\frac{1}{3}}$	გრანიტოიდები. ზედა პალეოზოური
αN_2^3	ზედა პლიოცენი-ანდეზიტები		რღვევები
$N_1^3 + N_2^1$	ზედა მიოცენი – ქვედა პლიოცენი – ტუფები, ვულკანური ბრექჩიები, კონგლომერატები, ანდეზიტ-ბაზალტების განფენები	¤	ვულკანური ცენტრები

ახალქალაქის პლატოზე ფართო გავრცელება აქვს ზედა პლიოცენურ-ქვედა მეოთხეული ასაკის ($\beta N_2^3 - Q_1$) კონტინენტურ დოლერიტებს, ანდეზიტ-ბაზალტებს, ანდეზიტებს, ტბურ კონგლომერატებს, ქვიშებს. მნიშვნელოვანი ზედაპირული გამოსავლებით ხასიათდება შუა და ზედა მეოთხეული ასაკის ($\alpha\ \zeta\ Q_{II-III}$) ანდეზიტები და ანდეზიტდაციტები.

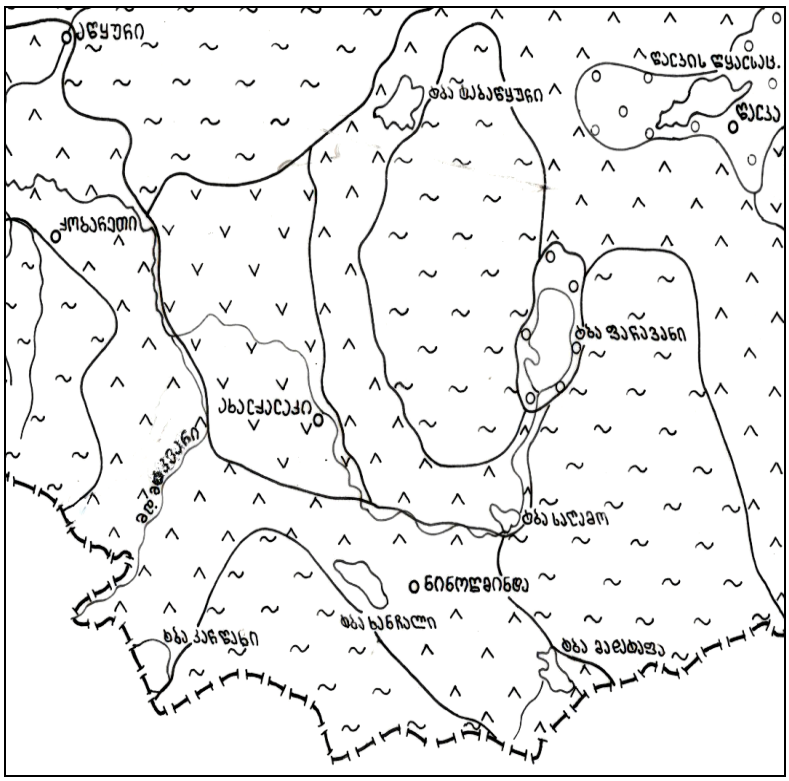
თანამედროვე მეოთხეულ ალუვიურ-პროლუვიურ (apQ_{IV}), ტბურ-პროლუვიურ (ℓpQ_{IV}) და ტბურ-ალუვიურ (ℓaQ_{IV}) ნალექებს უმნიშვნელო ფართობები უჭირავს. სქემაზე გამოყოფილია მეოთხეული ასაკის ვულკანური სტრუქტურების ცენტრები [3].

განსახილველი ფართობი გეომორფოლოგიურად სამხრეთ საქართველოს ვულკანური ზეგნის ფარგლებშია, რომელიც, თავის მხრივ, მცირე კავკასიონის ნაწილია (ნახ. 2.). ამ ტერიტორიის გეომორფოლოგიური თავისებურება მთლიანად ტექტონიკით, ვულკანიზმითა და წყლისმიერი ეროზიით არის განპირობებული და ფორმირებული.

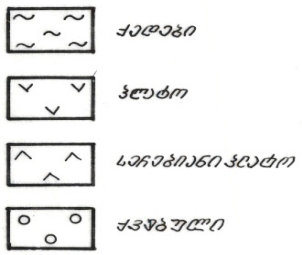
გეომორფოლოგიურ სქემაზე გამოყოფილია ძირითადი დამახასიათებელი ელემენტები, როგორიცაა: ქედები, პლატო, სერებიანი პლატო და ქვაბული [5].

სამსარის, ანუ აბულ-სამსარის ქედი, თითქმის მერიდიანული მიმართულების საშუალო სიმაღლის ვულკანური მაღლობია. ამ ქედის სიგრძე 42კმ-ია და მდებარეობს მდ. ქციას ზემო დინებასა და მდ. ფარავნის-წყალს შორის. ქედის სიგანე 22 კმ-ია. ცალკეული მწვერვალების სიმაღლე მერყეობს 2500-3300 მ-ის ფარგლებში. შეფარდებითი სიმაღლე აღწევს 900-1400 მეტრს. ქედის დასავლეთში ფერდობები ებჯინება ჯავახეთის ზეგნის ჩრდილო-დასავლეთურ დაბოლოებას, ხოლო აღმოსავლეთური ფერდობები უშუალოდ უკავშირდება წალკისა და ფარავნის ქვაბულებს.

სამსარის ქედის სამხრეთ-აღმოსავლეთით მდებარეობს ჯავახეთის ქედი, რომელიც ცნობილია აგრეთვე სახელწოდებით „სველი“ მთები ან კეჩუეთის ქედი. საქართველოს ტერიტორიაზე მისი სიგრძე 45კმ-ია, ხოლო სიგანე 25კმ და მერიდიანული მიმართულებისაა. გეგმაში ის ოვალური ფორმისაა. მის აღმოსავლეთ ფერდობებზე სათავეს იღებს მდინარეები: ჩოჩიანი, ყარაბულახი და მაშავერა, რომლებიც მდ. ხრამის მარჯვენა



პირობითი ნიშნები



ნახ. 2. გეომორფოლოგიური სქემა

შენაკადებია. დასავლეთის ფერდობებიდან არც ერთი მნიშვნელოვანი მდინარე არ ჩამოედინება. აღმოსავლეთი ფერდობები უშუალოდ ებჯინება ჩოჩიანის, გომარეთისა და დმანისის პლატოებს, კვირიკეთისა და შინდლიარის მთიან მასივებს, ხოლო დასავლეთის ფერდობებს ესაზღვრება სამსარის ქედის აღმოსავლეთური ფერდობების ნაწილები და ტბების – ფარავნის, საღამოსა და მადათაფის ქვაბულები. ჯავახეთის ქედის საქართველოს ნაწილში უმაღლესი მწვერვალია ემლიკლი, აბსოლუტური სიმაღლით 3053 მ. სხვა მწვერვალების აბსოლუტური სიმაღლეები 2300-3000 მ-ის ფარგლებში მერყეობს. ასეთი მწვერვალებია დალიდაგი, კულბაკი, შამბიანი და სხვ. გადასასვლელების სიმაღლეები 2200-2700 მ-მდეა, ასეთებია, მაგალითად, ტიკმადაში, გავორაგიადუკი და სხვ

სამსარის ქედის სამხრეთ-აღმოსავლეთით მდებარეობს ჯავახეთის ქედი, რომელიც ცნობილია აგრეთვე სახელწოდებით „სველი“ მთები ან კეჩუეთის ქედი. საქართველოს ტერიტორიაზე მისი სიგრძე 45კმ-ია, ხოლო სიგანე 25კმ და მერიდიანული მიმართულებისაა. გეგმაში ის ოვალური ფორმისაა. მის აღმოსავლეთ ფერდობებზე სათავეს იღებს მდინარეები: ჩოჩიანი, ყარაბულახი და მაშავერა, რომლებიც მდ. ხრამის მარჯვენა შენაკადებია. დასავლეთის ფერდობებიდან არც ერთი მნიშვნელოვანი მდინარე არ ჩამოედინება. აღმოსავლეთი ფერდობები უშუალოდ ებჯინება ჩოჩიანის, გომარეთისა და დმანისის პლატოებს, კვირიკეთისა და შინდლიარის მთიან მასივებს, ხოლო დასავლეთის ფერდობებს ესაზღვრება სამსარის ქედის აღმოსავლეთური ფერდობების ნაწილები და ტბების – ფარავნის, საღამოსა და მადათაფის ქვაბულები. ჯავახეთის ქედის საქართველოს ნაწილში უმაღლესი მწვერვალია ემლიკლი, აბსოლუტური სიმაღლით 3053 მ. სხვა მწვერვალების აბსოლუტური სიმაღლეები 2300-3000 მ-ის ფარგლებში მერყეობს. ასეთი მწვერვალებია დალიდაგი, კულბაკი, შამბიანი და სხვ. გადასასვლელების სიმაღლეები 2200-2700 მ-მდეა, ასეთებია, მაგალითად, ტიკმადაში, გავორაგიადუკი და სხვ.

გეკთაფინის (ნიალისყურის) ქედის მიმართულება თითქმის მერიდიანულია და აგებულია ზედა პლიოცენური და პლეისტოცენური ლავებით. მათში განვითარებულია მცირე ზომის ნაოჭა სტრუქტურები. ამ ქედის განშტოებების საშუალო სიმაღლე 2000 მ-მდეა. საქართველოს ტერიტორიაზე მოქცეულ მის მონაკვეთზე მდინარეებს რადიალური განლაგება აქვს.

ერუშეთის მთიანეთი აგებულია ქვედა პლიოცენური ასაკის ანდეზიტებით და დაციტებით. იგი კონუსური ფორმისაა და საქართველოს ტერიტორიის ფარგლებში რკალური მოყვანილობა აქვს. მისი ფერდობები ღრმა ხეობებითაა ჩაჭრილი, აქვს მრავალი ქედის განშტოებები. ყველაზე მაღალი მწვერვალია ვულკანური გუმბათი, მთა გუმბათი, რომლის სიმაღლე ზღვის დონიდან 2964 მ-ია. ერუშეთის მთიანეთის რელიეფის ძირითადი ტიპებია: ვულკანურ-ტექტონიკური, მთიან-ეროზიული და ძველმყინვარული. ვულკანურ-ტექტონიკური რელიეფი შემორჩენილია ფართო წყალგამყოფებზე. აქ შეიმჩნევა მრავალი საფეხურებრივი ზედაპირი. მთიან-ეროზიული რელიეფის ტიპი იკავებს ჰიფსომეტრულად უფრო დაბალ გეომორფოლოგიურ სართულს. ძველმყინვარული ფორმები წარმოდგენილია ცირკებით და კარებით, ახასიათებს იზოლირებული მდებარეობა. მათი აბსოლუტური სიმაღლე 2400-2500 მ-მდე მერყეობს. მთიანეთის ფარგლებში ხელოვნური გამოქვაბულებია გაკეთებული. აქა-იქ განვითარებულია ტბურ-ჭაობიანი ჩადაბლებები, მეწყრები და მეწყერზვავები [4].

ახალქალაქის პლატოს საშუალო სიმაღლე 1600 მ-მდეა და დასავლეთისკენ ოდნავ დახრილ ბრტყელ ვაკეს წარმოადგენს, ოროჰიდროგრაფიულად სუსტადაა დანაწევრებული და ხეობები კანიონისებურია. აგებულია ზედა პლიოცენური და ქვედა მეოთხეული ასაკის ლავებით. ამ ლავების დაბოლოების კიდეზე მიედინება მდ. მტკვარი. როგორც ჩანს, მდ. მტკვრის უფრო ადრინდელი ხეობა დაფარულია სწორედ ამ ლავებით.

სერებიან პლატოს სამხრეთით ესაზღვრება გეკთაფინის ჩრდილოეთური ფერდობი, ხოლო ჩრდილოეთით – მდ. ფარავნის ხეობა. დასავლეთით მისი საზღვარია ერუშეთის მთიანეთის აღმოსავლეთური დაბოლოებები, აღმოსავლეთით კი – ჯავახეთის ქედის დასავლეთური ნაწილები, იგი აგებულია ახალციხის პლატოს ამგები ლავების ანალოგებით. მის ფარგლებშია ტბები ხოზაფინი (კარწახი) და ხანჩალი. კარგადაა განვი-

თარებული ეროზიული და აკუმულაციური პროცესები.

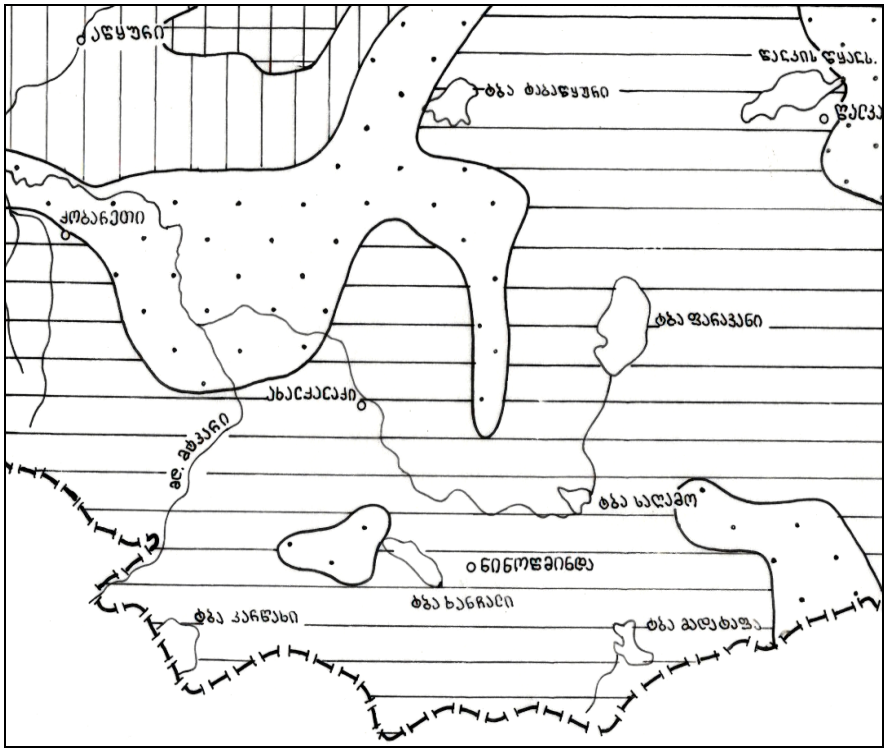
წალკის ქვაბულის თანამედროვე რელიეფი ტექტონიკურ-ვულკანური, ეროზიული და აკუმულაციურია. ტექტონიკით განპირობებულია ანტიკლინური სერების და სინკლინური ხეობების არსებობა. ვულკანურ ფორმებს უმნიშვნელო გავრცელება აქვს. რელიეფის ეროზიული ფორმებიდან გვხვდება კანიონისებური ხეობები. აკუმულაციური რელიეფის ფორმები შეესაბამება ალუვიურ ვაკეს.

1-ელ და მე-2 სქემებზე მკვეთრადაა გამოხატული დამოკიდებულება ტერიტორიის გეოლოგიურ აგებულებასა და გეომორფოლოგიურ თავისებურებას შორის. კერძოდ, ჯავახეთისა და ერუშეთის მთიანეთები აგებულია ზედა ნეოგენური და მეოთხეული ასაკის ეფუზიური ქანებით და ისინი ვულკანურ სტრუქტურებს შეესატყვისება. გარდა ამისა, ჯავახეთისა და სამსარის ქედების მთავარი წყლგამყოფები ორიენტირებულია ძირითადი რღვევების შესაბამისად.

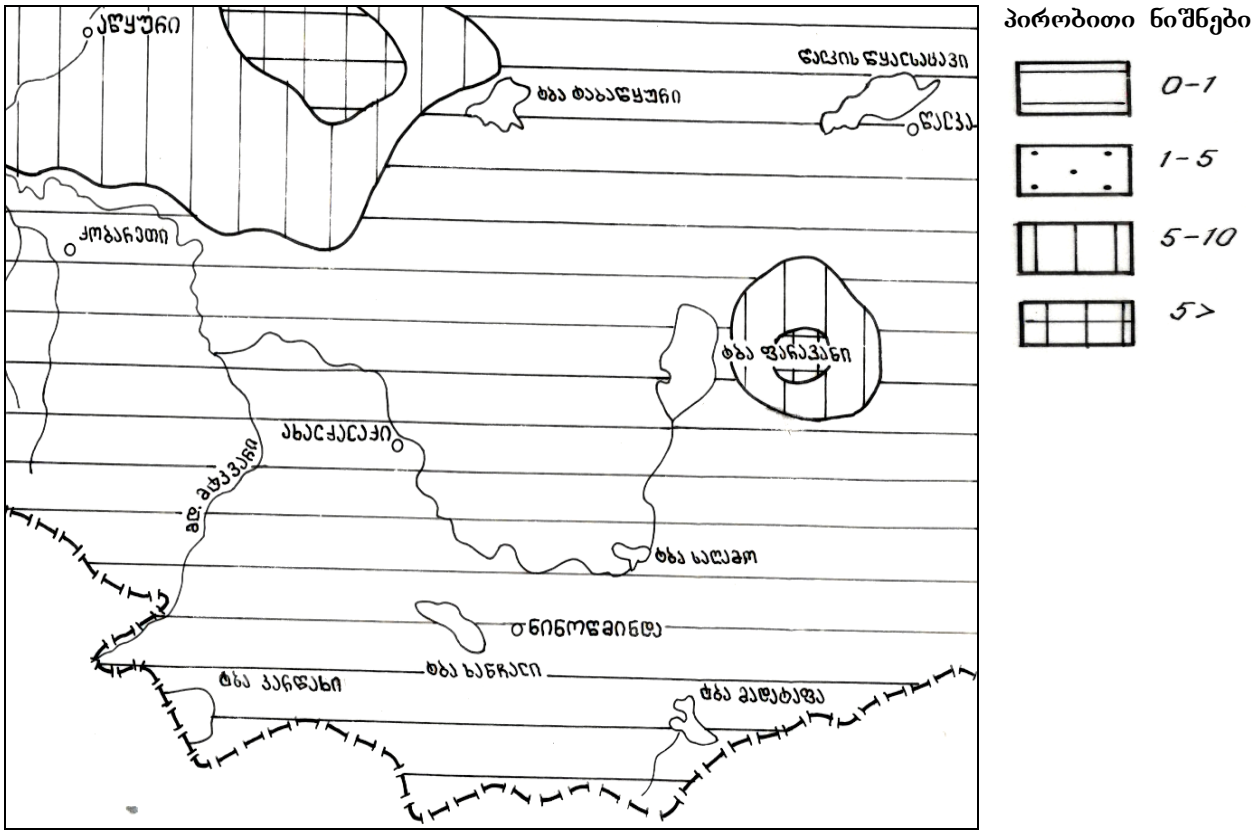
მთელი სივრცე, რომელიც ერუშეთის მთიანეთსა და ჯავახეთის პლატოს შორისაა მოქცეული, ახალგაზრდა ლავებითაა ამოვსებული და მიუთითებს ამ დადებით ვულკანურ სტრუქტურებს შორის გრაბენის არსებობაზე. მსგავსი პირდაპირი კავშირი შეიმჩნევა უფრო დაბალი რანგის გეომორფოლოგიურ და გეოლოგიურ ელემენტებს შორის, მაგალითად, სამსარის ქედზე განლაგებული ვულკანური კონუსები ცალკეულ იზოლირებულ მთებს წარმოადგენს და ა.შ.

ჩვენს ხელთ არსებული დაკვირვებების მონაცემების, კარტოგრაფიული მასალების დამუშავებისა და აეროკოსმოსური სურათების დეშიფრაციის საფუძველზე შედგენილია სქემები №3-10, სადაც გარკვეული სიზუსტითაა გამოხატული საკვლევ ტერიტორიაზე განვითარებული თანამედროვე გეოდინამიკური პროცესების ურთიერთდამოკიდებულება და კავშირი გეოლოგიურ, გეომორფოლოგიურ და კლიმატურ თავისებურებებთან.

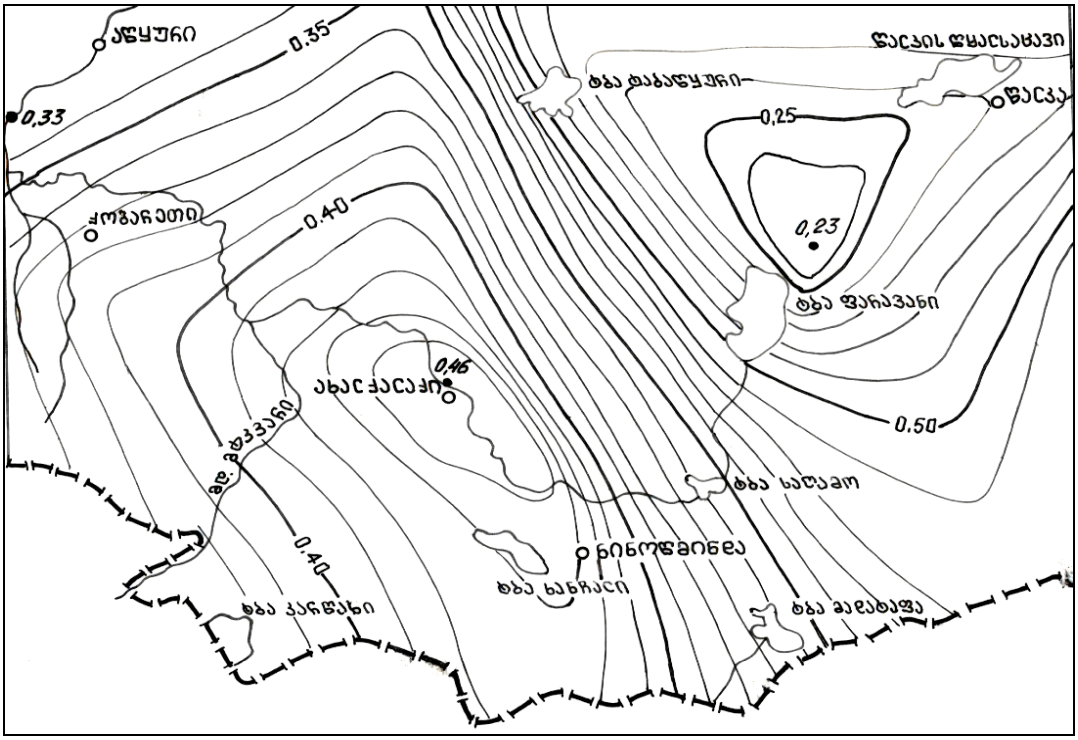
მე-2 და მე-3 ნახაზების შედარებიდან ჩანს, რომ მშრალი ხევების სიხშირის დაბალი მაჩვენებლებია სამსარის ქედის, ჯავახეთის ქედის, ნიალისყურის ქედის და მოსაზღვრე ლავურ პლატოებზე. ასეთი დაბალი სიხშირე განპირობებულია მეტწილად ამონთხეული ქანების მაღალი ფორიანობით. ეს უკანასკნელი კი იწვევს, მოსული ატმოსფერული ნალექების მნიშვნელოვან გამტარობას. მასზე გავლენას ახდენს კონტინენტური კლიმატიც [1].



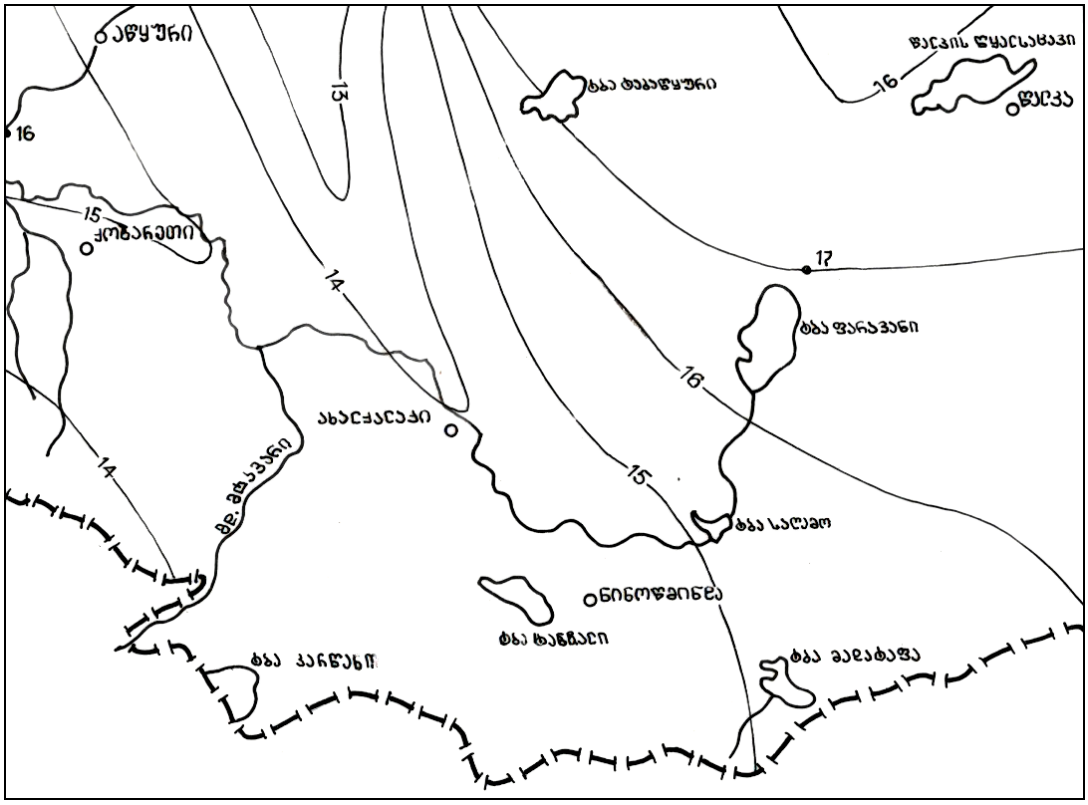
ნახ. 3. მშრალი ხევების სიხშირის სქემა (კმ/კმ²)



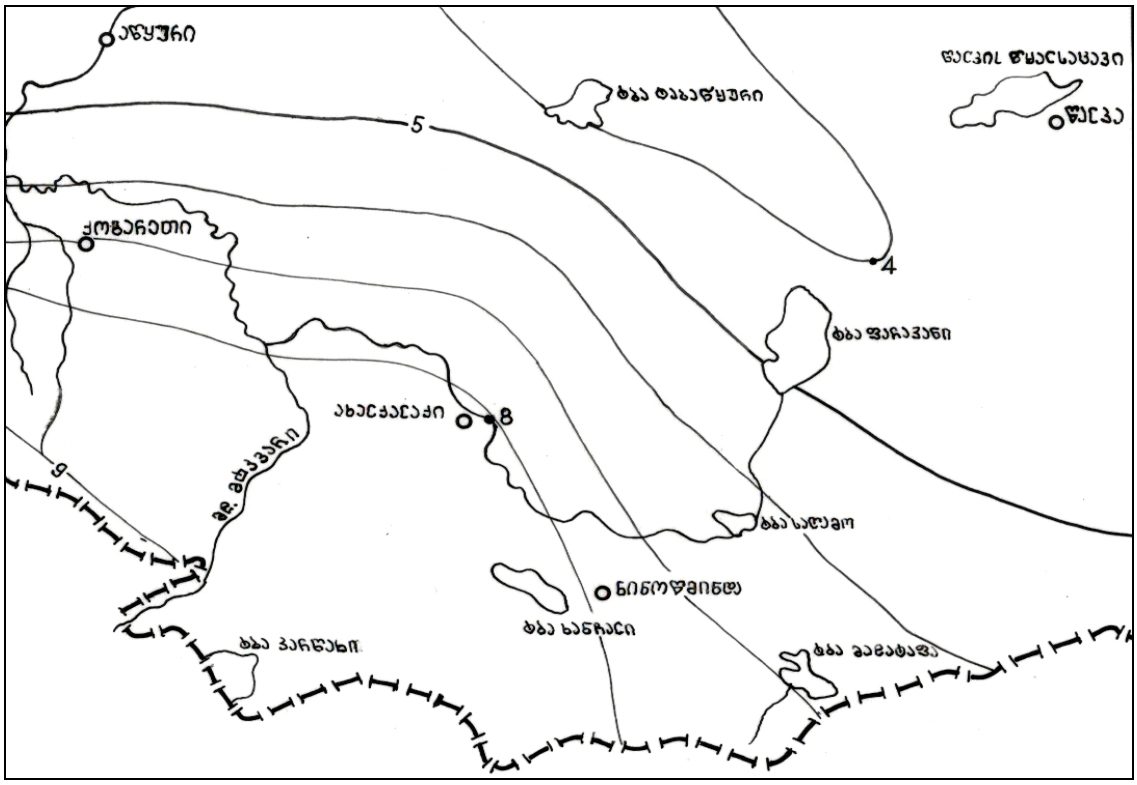
ნახ. 4. მშრალი ხევების სიმჭიდროვის სქემა (ცალი/კმ^2)



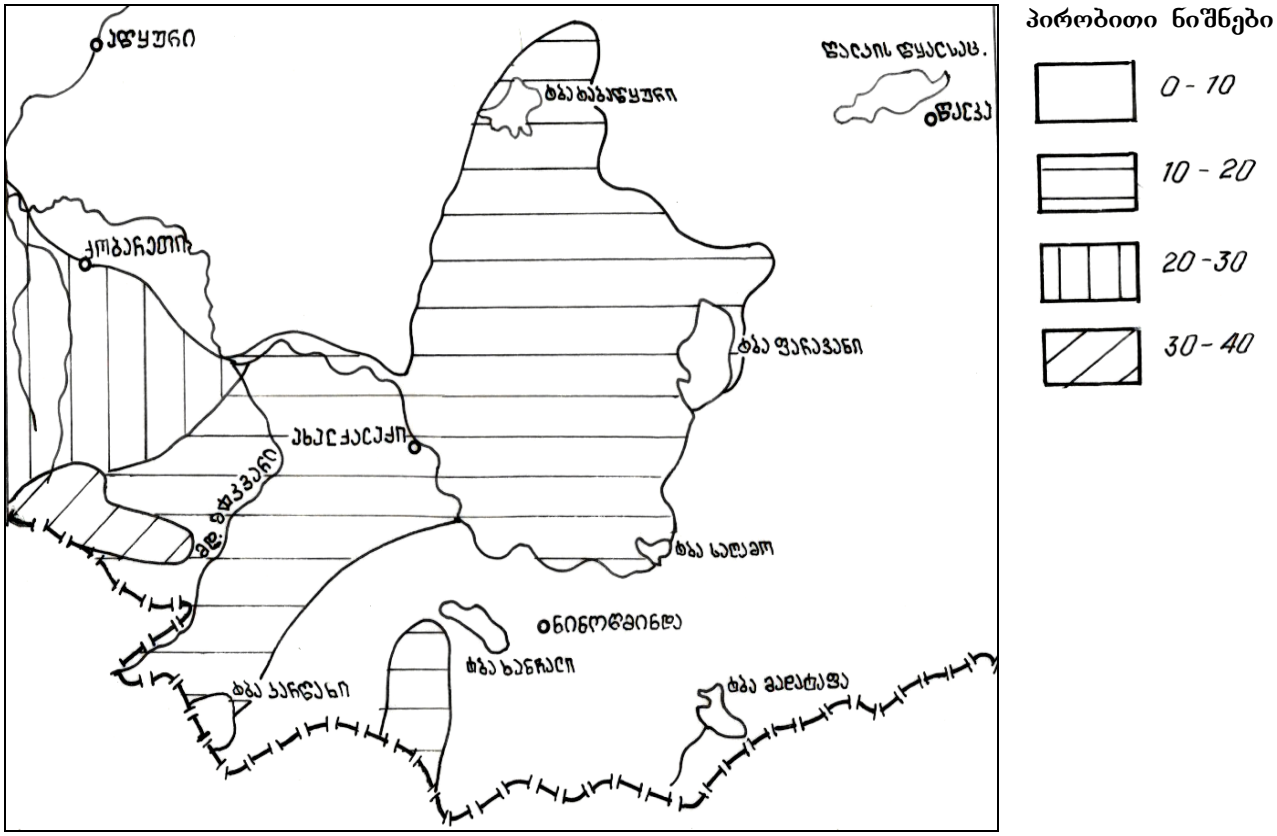
ნახ. 5. ეროზიასაშიში წვიმების ($J \geq 0.1$ მმ/წთ) საშუალო თვიური ინტენსივობის სქემა, თბილი პერიოდისათვის (IV-X) იზოხაზები გატარებულია ყოველ 0.01 მმ/წმ



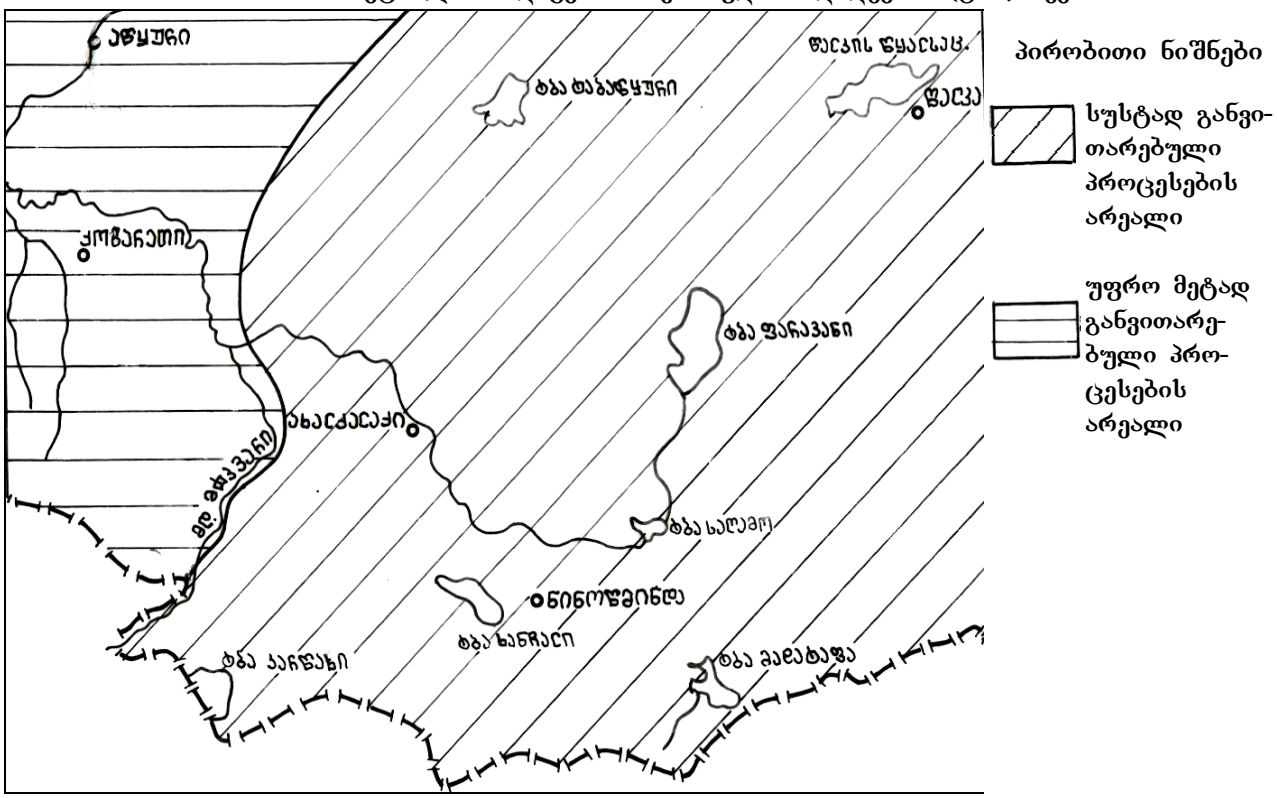
ნახ. 6. ეროზიასაშიში წვიმების ($J \geq 0.1$ მმ/წთ) საშუალო თვიური ხანგრძლივობის სქემა თბილი პერიოდისათვის (იზოხაზები გატარებულია ერთი წუთის ინტერვალით)



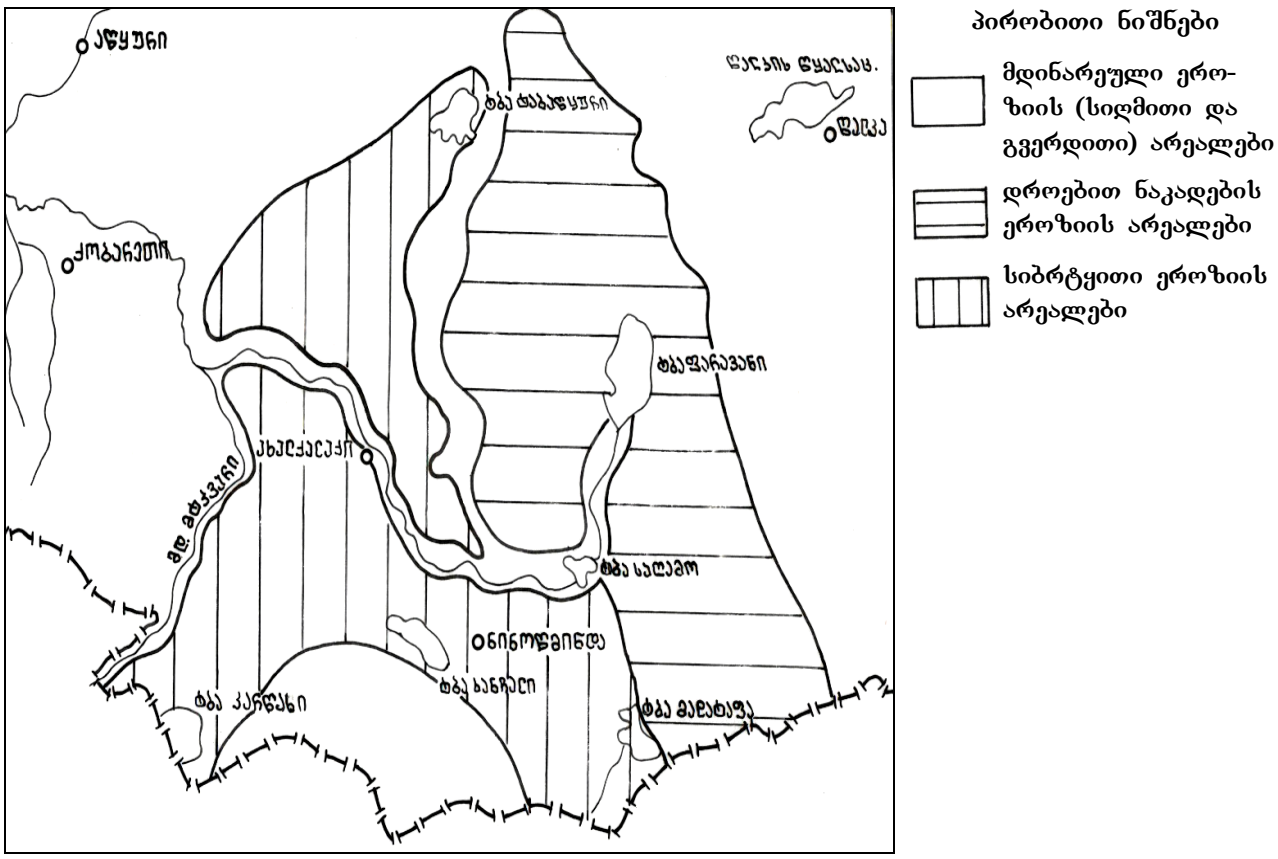
ნახ. 7. ეროზიასაშიში წვიმების ($J \geq 0.1$მმ/წთ) საშუალო თვიური განმეორების სქემა, თბილი პერიოდისათვის (IV-X) (იზოხაზები წვიმის განმეორების მნიშვნელობას შეესაბამება)



ნახ. 8. ჩამორეცხილი ნიადაგების სავარაუდო სიდიდეების (ტ/ჰა) სქემა



ნახ. 9. მეწყრული და ხელური პროცესების არეალების სქემა



ნახ. 10. ეროზიული პროცესების არეალების სქემა

მშრალი ხევების სიმჭიდროვის სქემის შედარება გეომორფოლოგიურ სქემასთან უჩვენებს, რომ მათი სიმჭიდროვე მეტია იმ ქედებზე, რომლებიც აგებულია მეტწილად დანალექი ქანებით. ასეთი უბანი ტერიტორიის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში მდებარეობს. მათი სიხშირე ტერიტორიის დანარჩენ ნაწილში დაბალია და განპირობებულია ამგები ქანების შედგენილობით. საინტერესო კავშირი დგინდება ეროზიასაშიში წვიმების ($J \geq 0{,}1^{მმ}/_{წთ}$) საშუალო თვიური ინტენსივობისა და გეომორფოლოგიური სქემების ერთობლივი განხილვის დროს. ინტენსივობის მაქსიმუმი მდ. ფარავნის ხეობაში ქ. ახალქალაქთან, ხოლო მინიმუმი ტბა ფარავანთანაა. დიდი სიმჭიდროვის იზოხაზები ჩრდილო-დასავლეთური მიმართულებისაა და სამსარის ქედის მნიშვნელოვანი ნაწილი უჭირავს. შეიძლება ითქვას, რომ ეს ზოლი რელიეფის დიდ გარდატეხას უკავშირდება. ეროზიასაშიში წვიმების საშუალო თვიური ხანგრძლივობისა და გეომორფოლოგიური სქემების ერთობლივი ანალიზის დროს შეიმჩნევა გარკვეული თანხვედრა რელიეფსა და წვიმის ხანგრძლივობას შორის. ასევე ყურადღებას იმსახურებს ეროზიასაშიში წვიმების საშუალო თვიური განმეორებისა და გეომორფოლოგიური სქემების შეჯერებით მიღებული შედეგი. ამ განმეორებას ზოლებრივი სურათი აქვს და შეესატყვისება რელიეფის შედარებით დაბალ ნიშნულებს. იგი ორიენტირებულია ჯერ ჩრდილო-დასავლეთით, ხოლო შემდეგ მკვეთრად იცვლის მიმართულებას დასავლეთისაკენ. ჩამორეცხილი ნიადაგების სავარაუდო სიდიდეებისა და გეომორფოლოგიური სქემების შეჯერებით ირკვევა, რომ ერუშეთის მთიანეთის ფარგლებში ჩამორეცხილი ნიადაგების სიდიდე გაცილებით მეტია, ვიდრე ტერიტორიის სხვა ნაწილებში. ჩვენი აზრით, ეს დაკავშირებული უნდა იყოს ამ მთიანეთის ამგები ქანების მრავალფეროვნებასთან, რაც გეოლოგიურ სქემაზე კარგად ჩანს.

მეწყრული და ხელური პროცესების არეალებისა [2] და გეომორფოლოგიური სქემების ერთდროული შესწავლიდან გამომდინარეობს, რომ ეს პროცესები განვითარებულია ერუშეთის მთიანეთზე, ახალციხის

ქვაბულში და თრიალეთის ქედის უკიდურეს სამხრეთით. ამ პროცესების განვითარება უკავშირდება რელიეფის მკვეთრად გამოხატულ კონტრასტულობას და წყლისმიერ ეროზიას.

ეროზიული პროცესების არეალებისა და გეომორფოლოგიური სქემების შედარებიდან ირკვევა, რომ სიბრტყითი ეროზია ლავურ განფენებს უკავშირდება. მდინარეულ ეროზიას (სიღრმითი და გვერდითი) ტერიტორიის მნიშვნელოვანი ნაწილი უკავია და მეტნაკლებად ყველა გეომორფოლოგიურ ნაწილში გვხვდება.

ლიტერატურული წყაროების მიხედვით [2], განხილულ ტერიტორიაზე განვითარებულია ქარის ეროზია, რომელიც ვრცელდება მიახლოებით ათას ხუთას ჰა-ზე.

სქემების ერთობლივი ანალიზი საშუალებას იძლევა ვთქვათ, რომ წყლისმიერი ეროზიული პროცესები, უმთავრესად დამოკიდებულია მოსული ნალექების რაოდენობაზე, ამგები ქანების რიგ თავისებურებებზე, რელიეფის რაოდენობრივ მახასიათებლებზე და ა.შ.

დასკვნა

1. ჩატარებული კვლევები ადასტურებს იმ აზრს, რომ თანამედროვე გეოდინამიკური პროცესების შესწავლა სასურველია ჩატარდეს ერთობლივად, მათი უშუალო ურთიერთდამოკიდებულების კაუზალური კავშირებისა და განმსაზღვრელი ფაქტორების მაქსიმალური რაოდენობის გათვალისწინებით.
2. წარმოდგენილი სქემები დასკვნების პირველი პუნქტის ილუსტრაციაა; კერძოდ, საკვლევ ტერიტორიაზე მკაფიოდ შეიმჩნევა ურთიერთდამოკიდებულება იმ თავისებურებებს შორის, რომლებიც გამოიკვეთა გეოლოგიურ, გეომორფოლოგიურ, გეოდინამიკურ და მოსულ ნალექებს შორის:
   ა. ვულკანურ სტრუქტურებს რელიეფის კონუსური ფორმები შეესაბამება და მთავარი რღვევები ძირითად წყალგამყოფებს ქმნის, მათზე ფორმირებული ვულკანური აპარატებით;
   ბ. მშრალი ხევების სიხშირისა და სიმჭიდროვის შედარებით მაღალი მაჩვენებლები, როგორც მოსალოდნელი იყო, ჩრდილო-დასავლეთით განვითარებულ დანალექ ქანებს უკავშირდება;
   გ. წვიმის სახით მოსული ნალექების მახასიათებელთა რიცხვითი მნიშვნელობები შესაბამისობაშია რელიეფის გარკვეულ ფორმებთან;
   დ. სამსარის ქედი აგებულია სხვადასხვა შედგენილობის ვულკანური ქანებით, რითაც განპირობებულია მიმდინარე ინტენსიური ფიზიკური გამოფიტვის პროცესები.
3. წყლისმიერი (ფერდობული) და ქარისმიერი ეროზიის, სელური და მეწყრული პროცესების განვითარების დონე მიგვანიშნებს იმაზე, რომ ამ ეტაპზე, მათი საწინააღმდეგო ღონისძიებების გატარება განხილულ ტერიტორიაზე, აუცილებელი არ არის.

ამრიგად, წვრილმასშტაბიანი სქემები საშუალებას იძლევა დადგინდეს ის ზოგადი ურთიერთგანმსაზღვრელი სივრცითი კანონზომიერებები, რომლებიც არსებობს სხვადასხვა მოვლენებს შორის. ამ კანონზომიერების დეტალიზაცია კონკრეტული ფართობებისათვის შესაძლებელია მსხვილმასშტაბიანი რუკების შედგენით, რაც ხელს შეუწყობს გეოდინამიკური პროცესებისაგან მოსალოდნელი ნეგატიური შედეგების საწინააღმდეგო პრევენციული ღონისძიებების დაგეგმვასა და განხორციელებას.

ლიტერატურა

1. **ხარატიშვილი მ.** საქართველოს ფიზიკური გეოგრაფია, თბილისი, 1990, გვ. 127-128.
2. Генеральная схема противоэрозионных мероприятий Грузинской ССР на 1981-1990 годы и на период до 2000 года. с.706-709.
3. **Гуджабидзе Г.Е., Гамкрелидзе И.П. и др.** Геологическая карта Грузии, масш.1:500 000.
4. **Давитая Ф.Ф., Маруашвили Л.И.** Геоморфология Грузии. Тбилиси: Мецниереба, 1971, с. 346-378.
5. **Астахов Н.Е.** Структурная геоморфология Грузии. Тбилиси: Мецниереба, 1973, с. 162-168.

УДК 338,1:626,86

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИНАРНОЙ ТАРИФИКАЦИИ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

Вартанов М.В., Иорданишвили К.Т.

Институт водного хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших условий повышения эффективности использования оросительной воды является тарификация, адекватно отражающая в каждом конкретном случае материальные и трудовые затраты на аккумуляцию, транспортировку и подачу ее в точки выдела водопользователям.

В настоящее время в Грузии осуществляется широкая программа оросительных систем, восстановления и модернизации их отдельных узловых сооружений. Однако, в результате недостаточно эффективного менеджмента, низкой культуры бизнеспланирования и, соответственно, несовершенных тарифов на оросительную воду (в среднем 75 лари за полив 1 га в течение года) мелиоративные эксплуатационные организации не получают необходимой прибыли для покрытия своих расходов. В связи с этим многие оросительные системы, в том числе реабилитированные в последние годы, эксплуатируются не эффективно, постоянно разрушаются, приводя к большим потерям воды и низкой продуктивности сельскохозяйственных угодий.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

С целью повышения продуктивности использования оросительной воды предлагается установить плату за услуги по подаче воды во внутрихозяйственную сеть мелиоративных систем дифференцированно в зависимости от природно-климатических и технических условий орошения по основным, льготным и штрафным тарифам [1, 2].

Основные тарифы применяются при оплате услуг по подаче воды, используемой для предпосевных и вегетационных поливов в пределах плановых объемов, рассчитанных в соответствии с нормативами влагопотребления по конкретным видам возделываемых культур и угодий, а также для других производственных нужд.

Льготные тарифы применяются при расчетах за подачу воды, используемой для проведения промывочных и влагозарядковых поливов.

Штрафные тарифы применяются при сверхнормативном заборе воды для проведения вегетационных поливов, на другие сельскохозяйственные и производственные нужды, а также за самовольный забор воды.

Плата за услуги по подаче воды в точки выдела взимается с водопользователей по одноставочному или двухставочному основным тарифам.

Применение одноставочного тарифа рекомендуется для районов с постоянной и устойчивой ежегодной потребностью в водоподаче для орошения, а также для нужд, не связанных с орошением.

Применение двухставочного тарифа рекомендуется для районов, где потребность в воде для орошения колеблется в значительных пределах. Предприятия этой зоны, потребляющие воду на нужды, не связанные с орошением, плату за водопользование осуществляют по одноставочному (покубометровому) тарифу.

*) სტატია განხორციელდა საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური ხელშეწყობით (გრანტი №GNSF/ST07/5 - 205).

При наличии в районе или на одной оросительной системе хозяйств, занимающихся орошаемым земледелием, а также предприятий, потребляющих воду на нужды, не связанные с орошением, расчеты за воду осуществляются по двухставочному (в первой группе хозяйств потребителей) и по одноставочному (во второй группе потребителей) тарифам.

При определении ставок тарифов для орошения и нужд, не связанных с орошением, плановые затраты эксплуатационной организации распределяются пропорционально водоподаче на эти цели. Полученные доли затрат закладываются в основу расчета одноставочного и двухставочного тарифов.

Тарифы на услуги по подаче воды рассчитываются для каждой эксплуатационной организации или оросительной системы с учетом их плановых эксплуатационных затрат на подачу воды в точки выдела во внутрихозяйственную сеть, определяемых на основе плановых показателей, применительно к конкретным природно-климатическим и другим объективным условиям, а также плановой величины рентабельности.

Плановые затраты водохозяйственных эксплуатационных организаций, принимаемые для расчета тарифов на подачу воды, включают в себя:

– расходы на содержание эксплуатационного штата;

– содержание и ремонт гидросооружений и гидропостов, насосных станций, скважин, другие расходы, предусмотренные сметой расходов по содержанию водохозяйственных систем и сооружений;

– затраты на восстановление и модернизацию производственной инфрастуктуры эксплуатационных организаций в соответствии со сметой расходов на эти работы.

Размер прибыли, включаемой в тарифы на услуги по подаче воды, определяется в соответствии с уровнем рентабельности, устанавливаемом в пределах 10% от плановых затрат на ремонт и эксплуатацию мелиоративной сети.

При отсутствии влагозарядковых и промывочных поливов одноставочный тариф на услуги по подаче воды эксплуатационными организациями (T) устанавливается на 1 м^3 водоподачи в точки выдела ее во внутрихозяйственную сеть и рассчитывается по формуле:

$$T = C_{усл.} \times \left(1 + \frac{P}{100)}\right), \qquad (1)$$

где $C_{усл.}$ – себестоимость услуг эксплуатационной организации по подаче воды, определяемая как отношение плановых эксплуатационных затрат к плановому суммарному объему водоподачи в точки ее выдела, лари/м^3;

P – норматив рентабельности, устанавливаемый в процентах к себестоимости услуг по подаче воды, %.

С учетом объемов воды, используемой хозяйствами водопользователями для вегетационных поливов и на другие производственные нужды, а также на проведение промывочных и влагозарядковых поливов, одноставочный тариф рассчитывается исходя из равенства:

$$C = W_{вег.} \times T_0 + W_{льг.} \times T_0 \times K, \qquad (2)$$

где $C = C_{усл.} \times \left(1 + \frac{P}{100)}\right)$ – стоимость услуг;

$W_{ве.г}$ – объем водопотребления в вегетационный период;

$W_{льг.}$ – объем водопотребления на проведение промывочных и влагозарядковых поливов;

T_0 – основной одноставочный тариф (лари/м^3);

K – коэффициент, отражающий соотношение льготного и основного одноставочного тарифа.

Основной одноставочный тариф рассчитывается по формуле:

$$T_0 = \frac{C}{W_{вег.} + W_{льг.} \times K}, \qquad (3)$$

Двухставочный тариф на услуги по подаче воды эксплуатационными организациями в точки выдела ее во внутрихозяйственную сеть включает погектарный (на 1 га орошаемой площади) – $T_{га}$ и покубометровый (за 1 м^3 подаваемой воды) – $T_{куб}$ тарифы.

Расчет погектарного и покубометрового тарифов осуществляется исходя из плановых затрат эксплуатационной организации с учетом распределения их на условно-постоянные и

условно- переменные.

Условно-постоянные затраты представляют собой экономическую основу погектарного, а условно-переменные – покубометрового тарифов.

Условно-постоянные затраты включают в себя плановые расходы на содержание штата эксплуатационной организации и плановые затраты на восстановление и модернизацию ее производственной инфраструктуры.

Условно-переменные затраты включают в себя расходы на содержание и текущий ремонт межхозяйственной сети.

Погектарный тариф ($T_{га}$) рассчитывается по формуле:

$$T_{га} = \frac{C_{упр.} + C_{кап.}}{S} \times \left(1 + \frac{P}{100}\right), \qquad (4)$$

где $C_{упр.}$ – плановые расходы на содержание эксплуатационного штата мелиоративной организации, тыс. лари; $C_{кап.}$ – расходы на восстановление и модернизацию производственной инфраструктуры эксплуатационной организации, тыс. лари;

S – площадь орошаемых земель, обслуживаемых эксплуатационной организацией, га.

Покубометровый тариф рассчитывается с учетом объемов воды, используемой хозяйствами для вегетационных, а также оплачиваемых по льготным тарифам, промывочных и влагозарядковых поливов.

Основной покубометровый тариф рассчитывается по формуле:

$$T_{куб.} = \frac{C_{куб.}}{W_{вег.} + W_{льг.} \times K} \times \left(1 + \frac{P}{100}\right), \qquad (5)$$

где $C_{куб.}$ – плановые эксплуатационные расходы, текущие ремонты и прочие расходы, относимые на покубометровый тариф, тыс. лари.

Величина тарифов на подачу оросительной воды мелиоративными системами Западной и Восточной Грузии представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Тарифы на услуги по подаче оросительной воды во внутрихозяйственную сеть мелиоративных систем Грузии

Группы оросительных систем по уровню фондообеспеченности лари/га	Погектарный тариф, лари/га		Покубометровый тариф, лари/м^3		Льготный тариф, лари/ м^3	
	с учетом амортизационных отчислений	без учета амортизационных отчислений	с учетом амортизационных отчислений	без учета амортизационных отчислений	с учетом амортизационных отчислений	без учета амортизационных отчислений
Западная Грузия						
I, до 1000,0	50,7	26,0	48,8	36,0		
II, более 1000,1	78,0	40,5	122,0	95,0		
Восточная Грузия						
I, до 1000,0			77,8	69,0	54,4	46,0
II, 1000,1 ÷ 2000,1			94,2	82,0	65,9	53,4
III, более 2000,1			126,0	105,0	96,6	76,0

ВЫВОДЫ

Дифференцированные по природно-климатическим условиям и уровню фондооснащенности мелиоративных систем, тарифы на услуги по подаче оросительной воды значительно превышают действующий в настоящее время единый по Грузии тариф. Столь существенное увеличение тарифов обеспечит возможность водохозяйственным организациям осуществлять полномасштабное производство эксплуатационных работ, значительно увеличить надеж-

ность функционирования мелиоративных систем и соответственно надежность подачи оросительной воды. В свою очередь, повышение надежности подачи оросительной воды явится важным гарантом роста эффективности орошаемого земледелия, продуктивного использования каждого кубометра оросительной воды.

Литература

1. **Вартанов М.В.** Оценка современного состояния мелиоративных фондов Грузии. //Сб. "Современные проблемы водного хозяйства и инженерной экологии", АН Грузии, Грузгидроэкология, Тбилиси, 1999, с. 43-46.
2. **Вартанов М.В., Кекелишвили Л.Г.** К вопросу платного водопользования. // Сб. "Экологическая безопасность, устойчивость и надежность водохозяйственных и гидромелиоративных объектов", АН Грузии, Грузгидроэкология, Тбилиси, 2005, с. 44-46.
3. **Котлер Ф.** Основы маркетинга. М.: Прогресс, 1993. 400 с.

უაკ 628.365

კოლხეთის დაბლობის მძიმე თიხნარი ნიადაგების ფილტრაციის ზოგიერთი საკითხი

ივანე ზაქაიძე, ლენა კეკელიშვილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

დახურული დამშრობი მარეგულირებელი ქსელის ეფექტური შეფასებისა და დასაბუთებისათვის მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ისეთი ძირითადი მელიორაციული მაჩვენებლები, როგორიცაა ნიადაგის წყალგამტარობა და ფილტრაციის კოეფიციენტი.

ჭარბტენიან მძიმე თიხნარ ნიადაგებში ამ მახასიათებლებს აქვს სპეციფიკური ბუნება და მოითხოვს სპეციალურ შესწავლას, ვინაიდან ჩვეულებრივი მეთოდით ამ სიდიდეების განსაზღვრისას ადგილი აქვს მნიშვნელოვან გადახრებს. აქედან ცხადია, დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს ამ მაჩვენებლების შეფასებას და მათი რიცხვითი მნიშვნელობების დადგენას.

კოლხეთის მძიმე თიხნარ ნიადაგებზე არსებული მასალების კვლევის ანალიზმა გამოამჟღავნა ამ ნიადაგების აგრეგატულობის პოტენციური მიდრეკილება გამოშრობის დროისა და სინოტივის გაზრდით დისპერსიულობის მაჩვენებლების ზრდა. ამგვარად, გაჯერებისა და გაჯირჯვების პროცესში წარმოებს ამ ნიადაგების ფილტრაციული თვისებების მკვეთრი გაუარესება [1].

იმის გამო, რომ ფილტრაციის კოეფიციენტსა და მასზე მოქმედ ფაქტორებს შორის კორელაციური კავშირის დამყარება ძნელია, დღემდე არსებული როგორც თეორიული, ისე ემპირიული დამოკიდებულება ფილტრაციის კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის მძიმე ნიადაგებში პრაქტიკულად რთული და საკამათოა.

ზემოთქმული უფრო მეტად ეხება ბმულ გრუნტებს, განსაკუთრებით კოლხეთის ძლიერ გაჯირჯვებად თიხნარ ნიადაგებს, სადაც ცალკეული ფაქტორის გავლენა გაჯირჯვების ხარისხზე დამოკიდებულებით, მნიშვნელოვნად იცვლება.

ძირითადი ნაწილი

სტრუქტურული ნიადაგები შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ორფაზიანი სისტემა, სადაც ძირითადი კომპონენტებია ნიადაგი და წყალი, ჰაერს კი აქვს მორჩილი ხასიათი, რომლის რაოდენობა დამოკიდებულია წყლისაგან თავისუფალი ფორების მოცულობაზე. კოლხეთის ძლიერ გაჯირჯვებადი თიხნარი უსტრუქტურო ნიადაგები წარმოდგენილია სამფაზიანი სისტემით, სადაც ჰაერი ნიადაგთან და წყალთან ერთად, მესამე კომპონენტის როლს ასრულებს მათი წყალ-ფიზიკური თვისებების ფორმირებაში.

თუ ორფაზიან სისტემაში ჰაერი სწრაფად უთმობს ადგილს ნიადაგში წყლის შეღწევას, სამფაზიან სისტემაში წყალი და ფოროვან სიცარიელეებში ჩაკეტილი ჰაერი წარმოადგენს ანტაგონისტებს. მთლიანად სისტემა ყოველთვის იმყოფება დაძაბულ მდგომარეობაში და ისწრაფვის მოქმედი ძალების წონასწორობისაკენ. ამრიგად, სინოტივის ცვალებადობასთან ერთად წარმოებს ამ ნიადაგების მექანიკური და ფიზიკური ცვლილება, წყალგამტარობის შემცირება.

მიუხედავად დიდი მიღწევებისა ფილტრაციის თეორიასა და გაანგარიშების სფეროში, არის რიგი საკითხები, რომელთა შესახებ ერთიანი აზრი არ არსებობს. ასეთია, მაგალითად, მძიმე თიხოვან და თიხნარ ნიადაგებში გრუნტის წყლების მოძრაობის საკითხი. ეს ნიადაგები წყალთან ურთიერთქმედებისას იძენს სპეციფიკურ თვისებებს, სადაც ცალკეული ფაქტორის გავლენა გაჯირჯვების ხარისხთან დამოკიდებულებით, მკვეთრად იცვლება.

ფილტრაციის გამოკვლევების შესახებ არსებული ლიტერატურული მონაცემების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ფილტრაცია თიხოვან გრუნტებში წარმოებს რამდენიმე კანონით.

ერთ შემთხვევაში, ფილტრაციის საწყისი გრადიენტის J_0 არსებობა სითხის მოძრაობისათვის აუცილებელი პირობაა [6,7]; მეორე შემთხვევაში – სითხის მოძრაობა გრუნტებში წარმოებს ფილტრაციის საწყისი გრადიენტის J_0 გარეშე ფილტრაციის კოეფიციენტის ცვლილებით, რაც წნევის გრადიენტის ცვლილებასთან არის დაკავშირებული; მესამე შემთხვევაში – წნევის გრადიენტის ცვალებადობის დროს ფილტრაციის კოეფიციენტი რჩება მუდმივი, მაგრამ არსებობს ფილტრაციის საწყისი გრადიენტი J_0. გარდა აღნიშნულისა, ზოგიერთი მკვლევარი იზიარებს ზღვრული ჰიდრავლიკური ქანობის $J_{ზღვ.}$ არსებობას, რომლის შემდეგაც ფილტრაციის სიჩქარესა და ჰიდრავლიკურ ქანობს შორის არაწრფივი დამოკიდებულება იცვლება წრფივით.

კოლხეთის ძლიერ გაჯირჯვებად მძიმე თიხნარ ნიადაგებში ფილტრაციის ფიზიკური არსის გამომჟღავნების მიზნით ჩატარდა ექსპერიმენტები ფიზიკურ მოდელზე.

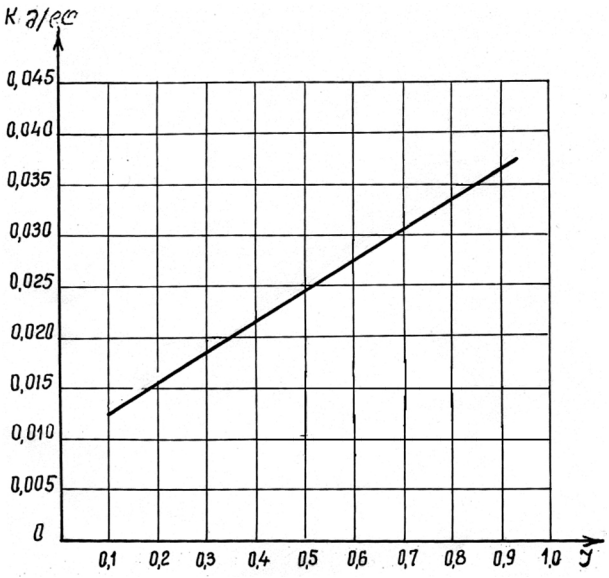
ცდების პირველი სერია ჩატარდა ფილტრაციის საწყისი გრადიენტის დასადგენად, რომელსაც ვანგარიშობდით ცნობილი ფორმულით

$$J_0 = \frac{\Delta h}{\ell},$$

სადაც Δh წნევათა სხვაობაა რეზერვუარში წყლის დონესა და მონოლითის ზედაპირს შორის; ℓ – მონოლითის სიმაღლე.

ჩატარებულმა ცდებმა გვიჩვენა, რომ აღნიშნული მაჩვენებელი არ გამოირჩევა მდგრადობით და იცვლება გაჯირჯვების პროცესში. ნიადაგ-გრუნტების ჩონჩხის ცვალებადობასთან ერთად, საწყისი გრადიენტის მიღებული რიცხვითი მნიშვნელობა არ აჭარბებს 0,01-0,02–ს წნევის გრადიენტის თანმიმდევრული შემცირებით 0,007-0,005 მნიშვნელობამდე. ფილტრაციული ნაკადის შეწყვეტას ადგილი არ ჰქონია, რაც ეჭვის ქვეშ აყენებს საცდელ გრუნტებში ფილტრაციის საწყისი გრადიენტის არსებობას.

ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ გრუნტის მთლიანი გაჯირჯვების დროს კოლხეთის თიხნარი ნიადაგების ფილტრაციის კოეფიციენტი იზრდება წნევის გრადიენტის ზრდასთან ერთად (ნახ. 1).



ნახ. 1. ფილტრაციის კოეფიციენტის ცვალებადობა წნევის გრადიენტთან დამოკიდებულებით

როგორც ცნობილია, გრავიტაციული წყლის გარდა, რომელიც თავისი სიმძიმის ძალის გავლენით გადაადგილდება ნიადაგის ფორებსა და სიცარიელეებში, გრუნტი აგრეთვე შეიცავს ბმულ წყალს ადსორბირებული და აფსკისებრი წყლის სახით.

თავისუფალი და ბმული წყალი განუწყვეტლივ ურთიერთქმედებაშია თიხოვან ქანებში, სადაც ხდება მათი თვისებებისა და შემადგენლობის ურთიერთცვალებადობა ერთი მდგომარეობიდან მეორე მდგომარეობაში გადასვლისას [2].

მეცნიერთა მრავალმა გამოკვლევამ ცხადყო, რომ ადსორბირებული წყალი არ გამოიყოფა ნიადაგიდან, ე.ი. თიხნარ გრუნტებში ის ფორები, რომლებიც დაკავებულია ადსორბირებული წყლით, ვერ მიიღებს მონაწილეობას ფილტრაციულ ნაკადში.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ნიადაგ-გრუნტის ნაწილაკებზე გარშემორტყმული წყლის აფსკის სისქე ერთი-ორი მოლეკულის სისქეზე მეტია, წყლის მოძრაობა ემორჩილება სხვა კანონებს [3]. ნიადაგ-გრუნტებში წყლის ასეთ სახეს, აფსკისებრი ეწოდება და წარმოადგენს წყლის გარსს, რომელიც წყლის

მოლეკულების რამდენიმე ფენისაგან შედგება. აფსკისებრი წყლით გარშემორტყმული ნიადაგ-გრუნტის ნაწილაკებს შორის იმყოფება ჰაერი და ერთი შეხედვით, იგი მშრალი გრუნტის შთაბეჭდილებას ტოვებს. ამ წყლის მოძრაობა ძირითადად მოლეკულური მიზიდულობისა და სიმძიმის ძალების ზემოქმედებით, დაძაბულ მდგომარეობაშია. ბ. დერიაგინისა და მისი თანამშრომლების [4] გამოკვლევებით დადგინდა, რომ კუმშვის ძალა აფსკისებრ ფენაში იმდენად დიდია, რომ წყლის სიბლანტე იზრდება და იგი ძალიან ნელა გადაადგილდება.

ნ. ჩურაევის აზრით [5], წნევის გრადიენტის გაზრდისას აქტიური ფორიანობა იზრდება. ეს იძლევა იმის საფუძველს, რომ ის ფორები, რომლებიც დაკავებულია აფსკისებრი წყლით, გარკვეული წნევის გრადიენტის დროს შეიძლება გახდეს აქტიური, ე.ი. შეუძლია მონაწილეობა მიიღოს ფილტრაციის ნაკადში. აქედან გამომდინარე, გრუნტის მთლიანი გაჯირჯვების დროს წნევის გრადიენტის გაზრდით, შესაბამისი ფილტრაციის კოეფიციენტიც გაიზრდება.

დასკვნა

1. ფილტრაციის საწყის გრადიენტზე ჩატარებულმა ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ წნევის გრადიენტის შემცირებით (0,007-0,005) ფილტრაციული ნაკადის შეწყვეტას ადგილი არ ჰქონია, რაც ეჭვის ქვეშ აყენებს საცდელ გრუნტში ფილტრაციის საწყისი გრადიენტის არსებობას.
2. კოლხეთის დაბლობის მძიმე თიხნარი ნიადაგების მთლიანი გაჯირჯვების დროს წნევის გრადიენტის გაზრდასთან ერთად ფილტრაციის გრადიენტიც იზრდება.
3. მეცნიერთა მრავალმა გამოკვლევამ ცხადყო, რომ ადსორბირებული წყალი არ გამოიყოფა ნიადაგიდან, ე.ი. თიხნარ გრუნტებში ის ფორები, რომლებიც დაკავებულია ადსორბირებული წყლით, ვერ მიიღებს მონაწილეობას ფილტრაციულ ნაკადში.

ლიტერატურა

1. **Пхакадзе П.С.** О специфических особенностях мелиорации тяжелых глинистых почв Колхиды с высоким стоянием горизонта грунтовых вод. //Труды ГрузННИГиМ, вып. 28, Тбилиси, 1971, с. 239-255.
2. **Закаидзе И.Г.** К вопросу фильтрационных расчетов в глинистых набухающих почвах Колхиды. //Сб. Вопросы гидромелиорации в Грузии, ГрузННИГиМ, вып. 4, Тбилиси, 1977, с.29-32.
3. **ხმალაძე ო.** ჰიდროფიზიკა. თბილისი, 1978., გვ. 177.
4. **Дерягин Б.В., Закаева Н.Н., Лопатина Р.М.** Исследование фильтрации растворов электролитов в высокодисперсных порошках. //Сб. Исследования в области поверхностных сил, М., АН СССР, 1961, с. 175-182.
5. **Чураев Н.В.** Фильтрация структурированных жидкостей через гетеропористые тела. Известия АН СССР, Механика машиностроения, №1, 1964, с. 136-140.
6. **Пузыревский Н.П.** Фундаменты. М.: Госстройиздат, 1934, 51с.
7. **Розе С.Х.** О роли начального градиента в процессах фильтраций через растворимые горные пароды. //В кн. Растворение и выщелачивание горных пород. Водгео, 1957, с.114-121.
8. Природные ресурсы Грузии и проблемы их рационального использования. Академия наук Грузии. Тбилиси: Мецниереба, 1991. 683 с.

УДК 06.01.02

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫДЕЛЕННЫХ СРЕДСТВ НА ЗАЩИТУ ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ

Зейналов Т.С.

Национальный Центр Экономического Прогнозирования Азербайджана,
г. Баку, Азербайджан

ВВЕДЕНИЕ

Для повышения гарантированной отдачи горных и предгорных земель, а также предотвращения или сокращения ущерба, причиненного водной эрозией почв при их обработке, применяют почвоохранную агротехнику, приводят различные противоэрозионные мероприятия, вносят удобрения, проводят мелиоративные работы и т.д. Для выработки наиболее рациональной стратегии, необходимо решить задачу об оптимальном распределении выделенных в начале периода средств на почвоохранные мероприятия, приобретения удобрения и орошение.

Обычно эти средства бывают ограничены. Решение поставленной задачи обычными приемами нахождения оптимальных путей требует минимизации средних издержек, связанных с дефицитом, или нахождения такого объема мероприятий и дополнительного материала, которые бы дали возможность максимизировать среднюю прибыль от проведения запланированных работ.

1. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДСТВ НА ЗАЩИТУ ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ

Приведем решение этой задачи путем использования одной из известных моделей теории исследования операции (модель управления запасом при наличии ограничений [1, 2]. При выборе и модификации модели проводим некоторое упрощение. Более точное решение поставленной задачи возможно с помощью приемов динамического программирования [3], но это значительно осложнило бы решение поставленной задачи.

Предположим, что в пределах выделенных средств в начале периода (один раз) осуществляют какие-то мероприятия. Одно из этих мероприятий обходится **A** долларов, а реализация этого мероприятия дает возможность сберечь (дать прибыль) **B** долларов. Затраты на нереализованные мероприятия за заданный период приводят к ущербу. Вероятность того, что за заданный период потребуется **X** мероприятий обозначим $P(x)$. Если в начале периода было осуществлено n мероприятий, тогда математическое ожидание прибыли за заданный период будет равно:

$$M(n) = B\sum_{x=0}^{n} xP(x) + Bn\sum_{x=n+1}^{\infty} P(x) - an. \qquad (1)$$

При $X \le n$ доход за заданный период будет Bx долларов, если $X > n$, то за реализованные мероприятия будет получено Bn долларов. Необходимо найти тот объем осуществленных мероприятий, который максимизирует среднюю прибыль за заданный период.

Когда спрос на мероприятие можно считать непрерывной величиной, то обозначая плотность распределения $f(x)$, имеем:

$$F(x) = \int_{0}^{\infty} f(x)dx. \qquad (2)$$

Если в начале периода было осуществлено

n мероприятий, математическое ожидание прибыли за заданный период составит:

$$M(n) = B\int_0^\infty xf(x)dx + Bn\int_0^\infty f(x)dx +$$

$$= K\int_0^\infty (n-x)f(x)dx - an = (B-K)_m - \quad (3)$$

$$-(a-k)_n - (B-K)\int_0^\infty (n-x)f(x)dx$$

Очевидно, при этом оптимальное значение n может быть установлено $\frac{dM}{Dn} = 0$, тогда $n_{опт}$ удовлетворяет следующему уравнению:

$$F(n) = \frac{a-k}{B-K}. \quad (4)$$

Рассматриваемая модель описывает проведение одного мероприятия и не учитывает ограничений. При необходимости оптимизировать проведение нескольких видов мероприятий и при наличии ограничений ход решения задачи несколько усложняется. В теории исследований операций такие модели именуются “смешанными”, так как они позволяют описывать как распределение, так и управление запасами. В принципе решение этой задачи с использованием современной электронной технологии (или компьютеров) возможно при любом объеме мероприятий.

Для решения можно воспользоваться методом множителей Лагранжа. Вводится множитель Лагранжа λ и составляется функция. Если для оптимального распределения выделены средства $\boldsymbol{c}$, то вспомогательная функция Лагранжа имеет вид:

$$U = \sum_{i-1}^{m} M_i(n_i) + \lambda\left[\sum_{i-1}^{m} a_i n_i - C\right]. \quad (5)$$

При существовании положительных чисел, она должна удовлетворять уравнению

$$\frac{du}{dn_i} = \frac{dM_i(n_i)}{dn_i} = \lambda a_i. \quad (6)$$

или

$$F_i(n_i) = \frac{a_i - K_i - \lambda a_i}{B_i - K_i}. \quad (7)$$

Процедура вычисления заключается в том, что выбирается в начале некоторое значение λ, а из (7) находится $n_i (i = 1,2,3,\ldots,m)$. Затем вычисляется значение C. Если C больше заданного значения, то в расчете используется большее значение $\boldsymbol{\lambda}$ и наоборот. Процедура повторяется до тех пор, пока решение не приблизится с допустимой точностью к заданным значениям распределенных средств C. Это распределение и будет оптимальным.

При незначительном числе мероприятий, вычисление без особого труда можно выполнить вручную.

Для наглядности продемонстрируем решение этой задачи на примере фермерского хозяйства, Фермер для сохранения плодородия своих земель, расположенных на территории с большим уклоном, выделил финансовые средства на почвоохранные и лесомелиоративные мероприятия (строительство водозадерживающих противоэрозионных валов), приобретения саженцев и на орошение. Необходимо найти наиболее рациональное использование выделенных ресурсов.

Допустим, фермерскому хозяйству для интенсификации сельскохозяйственного производства с помощью проведения почвенных мероприятий, приобретения посадочных материалов и орошения выделено C = 11 000 долларов.

Из анализа работы аналогичных фермерских хозяйств известно, что для противоэрозионно-лесовостановительных работ водозадерживающие валы нужно строить до наступления осенних или весенних ливневых дождей. Также заблаговременно должны быть заказаны удобрения, запланированы и выполнены работы по посадке саженцев.

На осуществление противоэрозионных мероприятий выделяется $n_1 a_1$ средств, где a_1 – цена единицы, потраченной за заданный период в долларах, но дающей доход $2{,}0a_1$ доллара; n_1 – объем этих работ. Опыт эксплуатации земель хозяйства указывает на то, что за рассматриваемый период может быть использовано не менее 20 единиц (допустим валов), но не более 90. Каждый вложенный доллар, неиспользованный в конце сезона, реализуется на 20% меньше первоначальной стоимости. Задано a_1 = 100 долларов.

На удобрения выделяются средства n_2a_2. Здесь n_2 – цена единицы, дающий доход 2,0 доллара. Опытом установлено, что потребность в удобрениях не менее 100 единиц, но не более 130 единиц. Каждый вложенный доллар, неиспользованный в конце сезона, реализуется в следующем периоде по той же цене. Задано $a_2 = 10$ долларов**.**

На орошение тратятся средства n_3a_3. Каждый a_3 доллар дает доход 2,0 долларов. Опытом установлено, что потребность в орошении подчиняется нормальному закону распределения со средним значением 100 единиц, среднеквадратичным отклонением 30 единиц. Каждый вложенный доллар, не использованный в конце сезона, реализуется в следующем периоде на 10% меньше первоначальной стоимости. Задано $a_3 = 50$ долларов.

Внося заданные численные значения, имеем следующие зависимости:

для противоэрозионных мероприятий:

$$\frac{1}{90-20} = (90 - n_1) = \frac{a_1 - 0.8a_1 - a_1\lambda}{2a_1 - 0.8a_1};$$

$$\frac{1}{70} = (90 - n_1) = \frac{0{,}2 - \lambda}{1{,}2}, \qquad (8)$$

для удобрений:

$$\frac{1}{130-100} = (130 - n_1) = \frac{a_2 - a_2 - \lambda a_2}{2a_2 - a_2};$$

$$\frac{1}{30} = (130 - n_2) = -\lambda, \qquad (9)$$

для орошения:

$$\Phi = \frac{n_3 - 100}{30} = \frac{a_3 - 0{,}9a_2 - \lambda a_3}{2a_3 - 0{,}9a_3};$$

$$\frac{a_3(1 - 0{,}9 - \lambda)}{a_3(2 - 0{,}9)} = \frac{0{,}1 - \lambda}{1{,}1}, \qquad (10)$$

где символ Ф – функция Лагранжа.

С применением коэффициента множителя Лагранжа λ, по зависимостям (8, 9, 10) было определено оптимальное распределение средств на противоэрозионные мероприятия, удобрение и орошение, которые указаны в таблице 1.

Принимая различные значения λ от 0 до 1 (табл. 1) можно установить следующее оптимальное распределение выделенных средств на почвоохранные мероприятия, удобрения и на орошение (соответственно n_1 = 44, n_1 = 112, n_1 = 111 единиц).

Этим значениям соответствует значение множителя Лагранжа λ = –0,6.

Стало быть, оптимальными будут выделенные средства (11 тысяч долларов), если распределить их следующим образом: на строительные противоэрозионные валы – 44 единиц; на приобретение удобрений – 112 единиц; на орошение – 111 единиц.

Все изложенное еще раз подтверждает сложность задачи и необходимость использования системного подхода при решении вопросов освоения склонов и проведения мелиоративных мероприятий.

Учитывая, что эта проблема является открытой динамической системой, то ее не может рассматривать и изучать узкий круг специалистов. Решение проблемы выходит за пределы сферы деятельности или компетенции инженера-гидротехники или почвоведа. Необходима совместная работа специалистов разного профиля – почвоведов, мелиораторов, гидротехников, гидрологов, климатологов, растениеводов, экономистов и т.д.

Таблица 1

Оптимальное распределение средств выделенных на противоэрозионные мероприятия, удобрения и орошение.

Значение	n_1	n_1	n_1	Суммарные затраты
0	90	130	136	9 000 + 1 300 + 6 800 = 17 200
-0,1	87	127	127	8 700 + 1 270 + 6 350 = 16 320
-0,3	62	121	119	6 200 + 1210 + 5 950 = 13 360
-0,4	55	118	112	5 500 + 1 180 + 5 600 = 11 800
-0,6	44	112	111	4 400 + 1 120 + 5 500 = 11 020
-0,9	32	103	108	3 200 + 1 030 + 5 400 = 9 630
-1,0	20	100	100	2 000 + 1 000 + 5 000 = 8 000

2. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛОЖЕННОГО МЕТОДА

Для защиты почв от ирригационной эрозии на орошаемых сельскохозяйственных угодьях, в ряде случаев успешно применяются такие мероприятия, как полив по контурным бороздам, по бороздам-щелям, дождеванием, капельное орошение и др. Однако, повсеместное осуществление и внедрение названных мероприятий требует много времени и значительных капитальных вложений. Поэтому в условиях, когда основным видом орошения во всех орошаемых угодьях, является полив по бороздам, возникает необходимость эффективного решения вопроса защиты почв от ирригационной эрозии.

Осуществление предлагаемых рекомендаций обеспечивает значительное сохранение плодородной почвы на поливных угодьях, однако полив поданной технологии предполагает, ввиду уменьшения длины поливных борозд, дополнительной нарезки временных оросителей, некоторое повышение затрат на оплату труда поливальщиков. Поэтому годовой экономический эффект [1] определяется как разность между стоимостью сохранений в течении года плодородной почвы и увеличением затрат на оплату труда поливальщиков.

Годовой экономический эффект рассчитывается по формуле:

$$Э_c = \left[\ln\left(M_c - M_n\right)V - \left(\Phi_n - \Phi_c\right)\right]A, \quad (11)$$

где M_n, M_C – вес почвы, смытой при бороздовом поливе с одного гектара за вегетационный период по предлагаемой и существующей рекомендациям соответственно; n – стоимость одной тонны почвы; Φ_C, Φ_n – годовые затраты, связанные с производством продукции на единицу площади по старому (базовому) и новому вариантам, равны соответственно 100 и 200 долл./га (увеличение капитальных затрат по новому варианту вызвано устойчивым водовыпуском, выводных и вспомогательных борозд, выплатой затраты поливальщикам и др.); A – объем внедрения.

Стоимость одной тонны почвы определяется по формуле:

$$n = \frac{P}{10^4 \gamma_n H}, \quad (12)$$

где P – стоимость одного га земли (ее можно принять как стоимость освоения новых земель, взамен изымаемых для несельскохозяйственных нужд), составляемая в различных государствах для освоения пахотных земель, для Азербайджана в Советский период она равнялась 6985 доллара [2]; N – объемная масса почвы, кг/м^3; H – мощность почвенного покрова, м.

Из литературных данных [3] видно, что мощность почвенного покрова орошаемых земель горных и предгорных зон для Азербайджана меняется в пределах от 0,35 до 0,9 м и более, а объемная масса почвы варьирует от 1150 кг/м^3 до 1500 кг/м^3.

Определим стоимость одной тонны почвы, зная, что объемная масса почвы и мощность почвенного покрова предлагаемого экспериментального участка составляет приблизительно – 1300 кг/м3, H – 0,45 м, тогда по зависимости (12) имеем:

$$n = \frac{6985}{10_4 \times 1300 \times 0{,}45} = 0{,}0012 \text{ дол/кг}. \quad (13)$$

Объем смытого твердого стока при существующей и предлагаемой рекомендуемой методике полива, рассчитанный по теоретическому уравнению (10) за вегетационный период для экспериментального участка составляет соответственно 120 000 и 9 000 кг/га.

$$M = \frac{10^4 \gamma_n W_0}{L_1(X) \cdot 1} \text{ т/га}, \quad (14)$$

где: γ_n – объемная масса почвы исследуемого объекта, кг/м^3; L_1 – длина борозды активной эрозии, м; X – длина наблюдаемых створов, м; L – расстояние между бороздами, м.

Подставляя значения в выражение (11), получим годовой экономический эффект в размере:

$$Э_{г} = [0{,}0012(120\,000 - 9\,000) - (200 - 100)] = 33{,}2 \text{ долл./га} \quad (15)$$

Если внедрить данные рекомендации только на фермерском хозяйстве селения Адыгюн, где площадь орошаемых земель равна 100 га, то экономический эффект составит:

$$Э_{г} = 33{,}2 \times 100 = 3320 \text{ долл./год.} \quad (16)$$

Предварительно произведенные производственные затраты фермера (затраты на почвоохранные мероприятия для одного га) составят 300 долларов.

Долевое участие в создании годового экономического эффекта принято равным единице (1), тогда общий показатель эффективного эксперимента составляет:

$$Э_{общ.} = \frac{3320}{300} = 11{,}1 \text{ долл. на 1 долл. год.} \quad (17)$$

Чистая экономия на предварительно-производственные работы по предварительным расчетам составляет:

$$Э_{общ.} = 3320 - 300 = 3020 \text{ долл./год.} \quad (18)$$

ВЫВОДЫ

На основе проведенных исследований предложена почва-охранная технология полива орошаемых земель, заключённая в уменьшении поливых борозд и, соответственно, в повышении затрат на оппату труде поливальщиков.

Литература

1. **Абчук В.А., Матвейчук Ф.А., Томашевский Л.Л.** Справочник по исследованию операций. М., Воениздат, 1970.
2. **Беллман Р., Дрейфус С.** Прикладные задачи динамического программирования. М., Наука, 1965.
3. **Вентцель Е.С.** Исследование операций. М., “Советское радио”, 1972.
4. Инструкция по определению экономической эффективности использования новой техники, изобретений и рациональных предложений в орошении и осушении земель, обводнение пастбищ в мелиоративном строительстве. М., Минводхоз СССР.1979.
5. Постановление Совета Министров Азербайджанской ССР от 1977 г., сентябрь месяц.
6. **Мирцхулава Ц.Е.** Размыв русел и методика оценки их устойчивости. М., Колос, 1967
7. **Мирцхулава Ц.Е.** Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. М., Колос, 1970.
8. **Мустафаев Х.М.** Развитие эрозионных процессов на южном склоне Большого Кавказа и основы борьбы с ними. Баку, Изд. «Элм», 1975.
9. Влияние длины поливных борозд на смыв. //Тезисы докладов на Республ. конференции, посвященной 60-летию Азербайджанской СССР. АзНИИГиМ, 1980.
10. Ирригационная эрозия почв на табачных плантациях Кахского района. //Сб. научных трудов АзНИИГиМ, М., 1980.

უაკ 026.001.5

მეცნიერებაში ბიბლიომეტრული სარეიტინგო მაჩვენებლების შესახებ

ვახტანგ თევზაძე, ირინა იორდანიშვილი, ზემფირა ჭარბაძე, ინგა ირემაშვილი, კონსტანტინე იორდანიშვილი, ელენე ხოსროშვილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

საქართველოს სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტების მეცნიერული საქმიანობა ბოლო წლებში გაუსაძლის პირობებში აღმოჩნდა. ქართული მეცნიერების მიერ გადატანილმა სიძნელეებმა გამოიწვია სამეცნიერო კვლევების, პუბლიკაციების, კვლევის შედეგების წარმოებაში დანერგვის, კონფერენციების ჩატარების, სხვა ანალოგიური ღონისძიებების რაოდენობის შემცირება და სამეცნიერო კონტაქტების შესუსტება.

გაუქმდა სხვადასხვა დანიშნულების კვლევითი ლაბორატორიები, შემცირდა მეცნიერ-თანამშრომელთა რაოდენობა, რისი სავალალო შედეგიცაა კადრების ხანდაზმულობა, მათი დაბალი ანაზღაურება, რასაც შედეგად მოჰყვება უმაღლეს სასწავლებლებში განათლების მიღების დაბალი დონე; კვლევის საგრანტო დაფინანსება კი მხოლოდ მცირე რაოდენობის მკვლევარების ხვედრია. მიუხედავად ამისა, ქართველი მეცნიერები აგრძელებენ კვლევებს, მუშაობას, აქვეყნებენ სტატიებს და მონოგრაფიებს, აფორმებენ საავტორო მოწმობებს და პატენტებს ახალ გამოგონებებზე.

კვლევების თანამედროვე განვითარებისათვის ხელშეწყობა მოითხოვს ინტერდისციპლინარული კვლევების ადაპტაციის შესაძლებლობებს ქართული მეცნიერული მემკვიდრეობისათვის.

როგორც არასდროს, მწვავედ დადგა საკითხი მეცნიერებებისა და მეცნიერის პროდუქტიულობის ობიექტური და მიუკერძოებლად შეფასებისათვის, რაც ერთობ არა იოლი და ფაქიზი საქმეა.

ძირითადი ნაწილი

ცნობილია, რომ მეცნიერებისა და მეცნიერ-თანამშრომელთა არსებულ რეიტინგულ შეფასებას დღეისათვის აქვს კანონის ძალა, მაგრამ ვინაიდან დროთა განმავლობაში ნებისმიერი სახის კანონი მოითხოვს არსებული მდგომარეობის გათვალისწინებით განსაზღვრულ კორექციას, ავტორები ამ მოტივის მხედველობაში მიღებით შეეცადნენ არსებული მოდელის სრულყოფის მიზნით განსაზღვრული კორექციები შეეტანათ შემოთავაზებული ფორმულის წევრების ინტერპრეტაციაში. მიზანშეწონილად მიგვაჩნია სამეცნიერო დაწესებულებების და უშუალოდ მეცნიერ-თანამშრომლების სარეიტინგო მაჩვენებლების განახლების აუცილებლობა, რათა ობიექტურად და სრულყოფილად შეფასდეს მეცნიერის მოღვაწეობის პროდუქტიულობა.

სარეიტინგო მაჩვენებლები ძირითადად უნდა მოიცავდეს სამ მიმართულებას [2; 3]:

1. ინსტიტუტის რეიტინგული მაჩვენებლები;
2. მეცნიერ-თანამშრომლის რეიტინგული მაჩვენებლები;
3. სამეცნიერო ჟურნალის (გამოცემების) რეიტინგული მაჩვენებლები, რომელთა დეტალური ანალიზი მოცემულია ქვემოთ.

• ინსტიტუტის რეიტინგული მაჩვენებელი r, დღეისათვის იანგარიშება შემდეგნაირად:

$$r = r_1 + r_2 + r_3,$$

სადაც r_1, r_2, r_3 შესაბამისად ინსტიტუტის ერთი გასაშუალოებული მეცნიერ-თანამშრომლის მიერ წინასწარ შერჩეული პერიოდის განმავლობაში გამოქვეყნებული სტატიების

(მონოგრაფია გათანაბრებულია სტატიების რაოდენობასთან, რომელიც მასში ნაბეჭდი თაბახის რაოდენობის ტოლია), პატენტებისა და დანერგვების (r_1), იმფაქტ-ფაქტორის მქონე სამეცნიერო ჟურნალებში გამოქვეყნებული სტატიების (r_2) და გამოქვეყნებულ სტატიების ციტირების (r_3) რაოდენობებია.

საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მიერ შემოთავაზებულ ინსტიტუტების სარეიტინგო შეფასების ამ ვარიანტში (2003 წ. ბრძ. №353) არ იყო გათვალისწინებული მეცნიერთა მთელი რიგი ინტელექტუალური და პრაქტიკული საქმიანობა, როგორიცაა: კვლევების შედეგების წარმოებაში დანერგვის სარგებლიანობა, მათი ეკონომიკური ეფექტიანობა; მეცნიერ-თანამშრომელთა სამეცნიერო ხარისხები და წოდებები; მონაწილეობა სიმპოზიუმებში, კონფერენციებში, გამოფენებში; გრანტების კონკურსებში გამარჯვება; სამეცნიერო საზოგადოებრივი მოღვაწეობა; სამეცნიერო სტიპენდიები; ახალი ტექნოლოგიების და მექანიზმების დამუშავება; გაანგარიშების მეთოდიკები; საექსპერტო საქმიანობა; კონსულტაციების გაწევა; სამუშაოების რეცენზირება, რედაქტირება, დისერტაციების და სხვა სამეცნიერო ნაშრომების ოპონირება; ერთობლივი შემოქმედებითი ხელშეკრულებები და მრავალი სხვა. ცხადია, ამ მაჩვენებლების გათვალისწინება უფრო ობიექტურ და სრულ წარმოდგენას შექმნის მეცნიერის მოღვაწეობაზე და სამეცნიერო მოღვაწეობის შეფასების კრიტერიუმები ჭეშმარიტებასთან ბევრად უფრო მიახლოებული იქნება, ვიდრე საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მიერ სადღეისოდ შემოთავაზებული მეთოდი, რომელიც შეიცავდა ინსტიტუტების მოღვაწეობის შეფასების რეიტინგის დამატებით მაჩვენებელს $(r_0)_{\max} = 2$ (სამწუხაროდ, შეფასების ეს მეთოდიკა განმარტებული არ იყო, რაც ამ დოკუმენტის ნაკლს წარმოადგენს).

- ერთი მკვლევარის სარეიტინგო მაჩვენებელი r შერჩეული პერიოდისათვის ასე დგინდება:

$$r = r_1 + r_2 + r_3$$

სადაც r_1 – მეცნიერის მიერ გარკვეულ პერიოდში არარეიტინგულ გამოცემებში გამოქვეყნებული სტატიების (მონოგრაფია), პატენტებისა და დანერგვების რაოდენობაა; r_2 – მეცნიერის მიერ გამოქვეყნებული სტატიების რაოდენობა იმავე პერიოდში, რომელიც დაბეჭდილია „იმფაქტ-ფაქტორის“ მქონე გამოცემებში; r_3 – მეცნიერის სტატიებზე სხვა მეცნიერთა ციტირების რაოდენობა იმავე პერიოდში.

მეცნიერის ერთ-ერთი სარეიტინგო ძირითადი მაჩვენებელია მისი „ციტირების ინდექსი“ – ავტორის მიერ გამოქვეყნებულ სტატიების ციტირების რაოდენობა გაყოფილი მისი შრომების რაოდენობაზე.

რეიტინგის დადგენისას ამ მეთოდიკის გამოყენების შემთხვევაში შესაძლებელია მაღალი მეცნიერული პოტენციის მკვლევარი უსამართლოდ დაზარალდეს. ამიტომ, აღნიშნულის გამო, მიზანშეწონილია, რომ არსებულ რეიტინგულ სისტემაში შეტანილ იქნეს მეცნიერულად დასაბუთებული კორექტივები.

ინსტიტუტისა და ერთი მკვლევარის სამეცნიერო რეიტინგის ობიექტურობის დადგენის თვალსაზრისით, მნიშვნელოვანი წინ გადადგმული ნაბიჯი იყო საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მიერ *აკადემიკოს ოთარ ნათიშვილის* ავტორობით შემოთავაზებული – „დარგების მიხედვით წლის საუკეთესო სამეცნიერო კვლევითი დაწესებულებების გამოვლენის მეთოდიკა“; აღნიშნული მეთოდიკის თანახმად, წარმოდგენილია საორიენტაციო კრიტერიუმები, რომლებიც მეტ-ნაკლებად ასახავს სამეცნიერო კვლევითი დაწესებულებების მუშაობის ხარისხს, ამ დაწესებულების თითოეული თანამშრომლის წვლილის გათვალისწინებით, რაც ხორციელდება ე.წ. $K_1, K_2, ..., K_n$ კოეფიციენტების საშუალებით. ეს კოეფიციენტები გამოხატავს ყოველი კრიტერიუმის ხვედრით წილს დაწესებულების თუ ინდივიდის მიერ შესრულებულ სამუშაოში. მონაცემთა უნივერსალიზაციის მიზნით, თითოეული კრიტერიუმის რიცხვითი მნიშვნელობა იყოფა თანამშრომელთა საერთო რაოდენობაზე და მიღებული რიცხვითი მნიშვნელობების შეჯამებით დგინდება ორგანიზაციის თუ პიროვნების რეიტინგი. ამგვარ კოეფიციენტთა რაოდენობა აღნიშნულ დოკუმენტში არის 16.

• სამეცნიერო ჟურნალის მეცნიერულ--ბიბლიომეტრული სარეიტინგო მაჩვენებლები აისახება ჟურნალში დაბეჭდილი სტატიების და მათი ციტირების რაოდენობით.

გასული საუკუნის 70-იანი წლებიდან საერთაშორისო მეცნიერულ სამყაროში გამოიყენება მეცნიერების ახალი ბიბლიომეტრული შეფასებები სხვადასხვა ჟურნალების მონაცემთა ბაზის საფუძველზე.

ფილადელფიის (აშშ) სამეცნიერო ინფორმაციის ინსტიტუტის მიერ გამოცემულ ჟურნალებში SCI (Science Index) და JCR (Journal Citation Reports) ამუშავებენ 8500-ზე მეტი დასახელების საერთაშორისო გამოცემებს, რომლებიც მოიცავს მეცნიერების 200-მდე დარგს. სწორედ ამ გამოცემების წიაღში დაედო სათავე „იმფაქტ-ფაქტორის“ (I_p) და „აქტუალობის“ (I_0) ცნებებს [1, 4÷12]. მათ მიერ შემოთავაზებული მეთოდით გამოცემის „იმფაქტ-ფაქტორი“ (Impact-factor) (I_p) შემდეგნაირად იანგარიშება:

$$I_p = \frac{\text{ციტირების რაოდენობა წინა ორი წლის განმავლობაში ჟურნალებში გამოქვეყნებულ სტატიებზე}}{\text{ჟურნალებში იმავე პერიოდში გამოქვეყნებული სტატიების საერთო რაოდენობა}}$$

გამოცემის „აქტუალობა“ (I_0) შემდეგნაირად იანგარიშება:

$$I_p = \frac{\text{ციტირების რაოდენობა წინა ერთი წლის განმავლობაში ჟურნალებში გამოქვეყნებულ სტატიებზე}}{\text{ჟურნალებში იმავე პერიოდში გამოქვეყნებული სტატიების საერთო რაოდენობა}}$$

ცხადია, ანგარიში ტარდება ჟურნალების გამოცემის ორი წლის შემდეგ, ხოლო ჩატარებული ანალიზის შედეგები იბეჭდება ყოველ მესამე წელს.

„იმფაქტ-ფაქტორი“ (I_p) სამეცნიერო ჟურნალის მნიშვნელობის (რეიტინგის) რიცხობრივი მახასიათებელია. იგი გვიჩვენებს, თუ საშუალოდ რამდენჯერ ახდენენ სტატიის ციტირებას მისი გამოქვეყნებიდან ორი წლის მანძილზე. ჟურნალის „იმფაქტ-ფაქტორის“ მნიშვნელობა კვლევის შედეგების შეფასების მაჩვენებელია. რაც უფრო მაღალია მისი მნიშვნელობა, მით უფრო რეიტინგულია ჟურნალი.

„აქტუალობა“ (Immediacy Index) I_0 იმის მაჩვენებელია, თუ მეცნიერულ სამყაროში რამდენად სწრაფად ხდება ცნობილი ჟურნალში გამოქვეყნებული სტატიები.

„იმფაქტ-ფაქტორს“ აქვს რიგი ნაკლოვანებები:

– ციტირების და პუბლიკაციების რაოდენობა სინამდვილეში არც თუ იშვიათად შორსაა კვლევების ხარისხისა და პროდუქტიულობისაგან;

– ორწლიანი პერიოდი, რომლის მანძილზე იანგარიშება ციტირება ძალიან მცირეა კლასიკური და აკადემიური სტატიებისათვის, როგორც ამას პრაქტიკა ადასტურებს. ციტირება ხორციელდება ხშირად მისი გამოქვეყნებიდან რამდენიმე ათეული წლის შემდეგაც;

– სხვადასხვა დარგის კვლევებისათვის დამახასიათებელია „იმფაქტ-ფაქტორის“ განსხვავებული მნიშვნელობები. მაგალითად, 2000 წლის მონაცემებით „JCR“-ის ბანკში რუსეთის ფიზიკის ჟურნალებს მაღალი მნიშვნელობის „იმფაქტ-ფაქტორი“ ახასიათებს $I_p > 0{,}5$, ხოლო მათემატიკის ჟურნალებს – დაბალი $I_p < 0{,}2$;

– *SCI*-ის მიერ შემოთავაზებული მეთოდით შესაძლებელია შეფასდეს ჟურნალის რეიტინგული მაჩვენებლები იმ შემთხვევაში, თუ ის გამოიცემა ყოველ თვეს და მისი შეფასებისათვის საჭიროა ჟურნალის სულ მცირე 24 ნომერი (ორი წლის მანძილზე). იმ შემთხვევაში, თუ თითოეული ჟურნალის გამოცემის პერიოდი უფრო ხანგრძლივია (1, 2, 3 წელი), მაშინ საჭიროა ამ ჟურნალის სარეიტინგო მაჩვენებლების შეფასების შესაბამისი პერიოდის გაზრდა. “იმფაქტ-ფაქტორის“ მაღალი მაჩვენებლის მქონე ჟურნალებს შორისაა: „Nature“, „Science“, „Cell“. 2000 წელს „JCR“-ის სიაში მოხვდა რუსეთის მხოლოდ 95 საბუნებისმეტყველო სამეცნიერო მიმართულების გამოცემა, რომელთა ჩამონათვალი „იმფაქტ-ფაქტორის“ მნიშვნელობის მითითებით მოყვანილია ცხრილში, იმ მიზნით, რომ მკითხველს შეექმნას წარმოდგენა, თუ როგორი სიმკაცრისაა საერთაშორისო ორგანიზაციების მოთხოვნა სამეცნიერო ჟურნალების მიმართ.

ცხრილი 1

რუსეთის საბუნებისმეტყველო სამეცნიერო მიმართულების ჟურნალები, რომლებიც დაფიქსირებულია „JCR“- ის ნუსხაში

№	ჟურნალის ინგლისურენოვანი აბრევიატურა	ჟურნალის ქართულენოვანი დასახელება	„იმფაქტ-ფაქტორის“ მნიშვნელობა, I_r
1	2	3	4
1	PETROLOGY	პეტროლოგია	0,786
2	LAZER PHYSICS	ლაზერული ფიზიკა*)	0,891
3	PLAZMA PHYS.REP	პლაზმური ფიზიკა	0,650
4	GLASS PHYS CHEM	მინის ფიზიკა და ქიმია	0,394
5	QUANTUM ELECTRON	კვანტური ელექტრონიკა	0,741
6	INSTRUM EXP TECH	ხელსაწყოები და ექსპერიმენტული ტექნიკა	0,361
7	ACOUST PHYS	აკუსტიკური ჟურნალი	0,356
8	RUSS MATH SURV	მათემატიკური მიმოხილვა	0 ,379
9	ASTRONOMICAL LETTERS	წერილები ასტრონომიულ ჟურნალში	0,953
10	JETR LETT	წერილები ელექტროტექნიკურ ჟურნალში	1,411
11	SEMICONDUCTORS	ნახევარგამტარების ფიზიკა და ტექნიკა	0,598
12	J RUSS LASER RES	ლაზერული რესურსები*)	0,554
13	CRYSTALLOGR REP	კრისტალოგრაფია	0,418
14	COMBUST EXPLO SHOCK	წვის და აფეთქების ფიზიკა	0,255
15	PHYS SOLID STATE	მყარი სხეულის ფიზიკა	0,564
16	STRATIGR GEO CORREL	სტრატიგრაფია, გეოლოგიური კორექცია.	0,378
17	J EXP TEOR PHYS	ექსპერიმენტული და თეორიული ფიზიკა	1,187
18	USP FIZ NAUK	მიღწევები ფიზიკის მეცნიერებაში	0,247
19	AUTOMAT REM CONTR	ავტომატიკა და ტელემექანიკა	0,339
20	PROT MET	ლითონების დაცვა	0,522
21	LOW TEMP PHYS	დაბალი ტემპერატურის ფიზიკა	0,517
22	OPT SPECTROSC	ოპტიკა და სპექტროსკოპია	0,702
23	ASTRON REP	ასტრონომია	0,265
24	DIFF EQUAT	დიფერენციალური განტოლებები	0,202
25	ZH NAUCH PRIKL FOTOG	მეცნიერული და გამოყენებითი ფოტოგრაფია	0,260
26	GEOL ORE DEPOSIT	წიაღისეული საბადოების გეოლოგია	0,418
27	GEOL GEOFIZ	გეოლოგია და გეოფიზიკა	0,196
28	GLASS CERAM	მინა და კერამიკა	0,417
29	TECH PHYS LETT	წერილები ტექნიკური ფიზიკის ჟურნალში	1,429
30	USP KHIM	მიღწევები ქიმიაში	0,615
31	J ANAL CHEM	ანალიზური ქიმია	0,507
32	J STRUCT CHTM	სტრუქტურული ქიმია	0,544
33	KINET CATAL	კინემატიკა და ანალიზი	0,238
34	FUNCT ANAL APPL	ფუნქციონალური ანალიზი და მისი გამოყენება	0,267
35	J COMUN TECHNOL EL	რადიოტექნიკა და ელექტრონიკა	0,463
36	PHYS ATOM NUCL	ბირთვული ფიზიკა	0,122
37	IND LAB	ქარხნული ლაბორატორია	0,508

ცხრილი 1 (გაგრძელება)

1	2	3	4
38	PHYS PART NUCLEI	ატომური ბირთვის და ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკა	0,172
39	MEAS TECH	გაზომვითი ტექნიკა	0,386
40	CHEM PHYS REP	ქიმიური ფიზიკა	0,521
41	THEOR MATH PHYS	თეორიული და მათემატიკური ფიზიკა	0,489
42	HIGH ENERG GHEM	მაღალი ენერგიების ფიზიკა	0,191
43	SIBERIAN MATH J	ციმბირის მათემატიკური ჟურნალი	0,422
44	MOL CRYST LIQ CRYSC	მოლეკულური და თხევადი კრისტალების კვლევა*)	0,284
45	J OPT TECHNOL	ჟურნალი ოპტიკური ტექნოლოგიები	0,106
46	MATH NOTES	მათემატიკური შენიშვნები	0,161
47	IZV MATH	მეცნიერებათა აკადემიის „მოამბე“, სერია: მათემატიკა	0,159
48	PLASMA DEVICES OPER	პლაზმური ოპერაციები და მოწყობილობები*)	0,188
49	PMM-J APPL MATH MEC	გამოყენებითი მათემატიკა და მექანიკა	0,261
50	TECH PHYS	ტექნიკური ფიზიკა	0,345
51	COLLOD J	კოლოიდური ჟურნალი	0,242
52	HIGH TEMP	მაღალი ტემპერატურების თბოფიზიკა	0,170
53	MIKOL FITOPATOR	მიკოლოგია და ფიტოპათოლოგია	0,689
54	MENDELEEV COMMUN	მენდელეევის საზოგადოება	0,095
55	RUSS J NUMER ANM.M	რიცხვითი მეთოდები მათემატიკაში*)	0,125
56	RUSS APPL CHEM	გამოყენებითი ქიმია	0,111
57	EART OBS REMOHT SEN	ქიმია კოსმოსიდან	0,075
58	NEFT KHOZ	ნავთობწარმოება	0,096
59	MET SCI NEAT TREAT	ლითონწარმოება და ლითონის თერმული დამუშავება	0,110
60	RUSS J ELECTROCHEM	ელექტროქიმია	0,079
61	THEOR PROZAB APPL	ალბათობის თეორია და მისი გამოყენება	0,081
62	CHEM TECH FUELS OIL	საბობის და ზეთის ქიმია და ტექნოლოგია	0,160
63	ZOOL ZH	ზოოლოგიური ჟურნალი	0,224
64	INORG MATER	მეცნიერებათა აკადემიის „მოამბე“, სერია: არაორგანული მასალები	0,338
65	MICROBIOLGT	მიკრობიოლოგია	0,060
66	CHEM PETROL ENG	ქიმიური და ნავთობგადამმუშავებელი მანქანათმშენებლობა	0,410
67	RUSS CHEM B	მეცნიერებათა აკადემიის „მოამბე“, სერია: ქიმია	1,050
68	BIOCHEMISTRY-MOSCOU	ბიოქიმია	0,374
69	BIOFIZIKA	ბიოფიზიკა	0,027
70	IZV AKAD NAUK BIOL	მეცნიერებათა აკადემიის „მოამბე“, სერია: ბიოლოგია	0,253
71	FIBRE CHEM		0,244

ცხრილი 1 (გაგრძელება)

1	2	3	4
72	APPL BLOCHEM MICRO	გამოყენებითი ბიოქიმია და მიკრობიოლოგია	0,055
73	METALLURGIST	მეტალურგია	0,214
74	RUSS J PLANT PHYSL	მცენარეთა ფიზიოლოგია	0,039
75	EURASIAN SOIL SCI	ნიადაგმცოდნეობა	0,205
76	IZV AKAD NAUK FIZ	მეცნიერებათა აკადემიის „მოამბე“, სერია: ფიზიკა	0,397
77	BLURG KHIM	ბიოლოგიური ქიმია	0,063
78	ELECTR TEHNOL RUSS	ელექტრობა	0,190
79	ZH OBSHCH BIOL	ზოგადი ბიოლოგია	0,110
80	RUSS J ECOL	ეკოლოგია	0,109
81	MOL BIOL	მოლეკულური ბიოლოგია	0,195
82	B EXP BIOL MED	ექსპერიმენტული ბიოლოგიის და მედიცინის ბიულეტენი	0,029
83	THEOR FOUHD CHEM ENG	ქიმიური ტექნოლოგიების თეორიული საფუძვლები	0,016
84	ATOM ENERGY	ატომური ენერგია	0,345
85	BIOL MEMBRANY	ბიოლოგიური მემბრანები	0,205
86	J EVOL BIOCHEM PHYS	ჟურნალი „ევოლუციური ბიოქიმია და ფიზიოლოგია“	0,016
87	J COMPUT SYS SC INT	მეცნიერებათა აკადემიის ჟურნალი, სერია: ტექნიკური კიბერნეტიკა	0,188
88	PROGRAM COMPUT SOFT	პროგრამირება	0,009
89	AUTOM CONTROL COMPS	ავტომატიკა და გამოთვლითი ტექნიკა	0,004
90	REFRACT IND CERAM	ცეცხლგამძლე და სამრეწველო კერამიკა	0,000
91	IZV VUZ AVIATS TEKH	უმაღლეს სასწავლებლების “მოამბე”, სერია: საავიაციო ტექნიკა	0,000
92	J MIN SCI	სასარგებლო წიაღისეულის ფიზიკა – ტექნიკური პრობლემების დამუშავება	0,000
93	RUSS J NONDESTRUCT	დეფექტოსკოპია	-
94	MOL MATER	მოლეკულური მასალები*)	-
95	PETROL CHEM	ნავთობქიმია	-

*) *რუსეთის ჟურნალები №2, 12, 44, 48, 55, 94 – იბეჭდება ინგლისურად*

სამწუხაროდ, საქართველოსა და რუსეთის ბევრი სამეცნიერო მონათესავე და არამონათესავე დარგის ჟურნალები და მათ შორის: „ჰიდროტექნიკური მშენებლობა“, „მეტეოროლოგია და ჰიდროლოგია“, „ეკოლოგიური სისტემები და მოწყობილობები“, „მელიორაცია და წყალთა მეურნეობა“, რომლებშიც ქვეყნდებოდა და ამჟამადაც ქვეყნდება ინსტიტუტის მეცნიერების შრომები, არ არის შეყვანილი SCI-ის ნუსხაში. რაც შეეხება ეროვნულ სამეცნიერო ჟურნალებს, არც ერთი მათგანი არ ფიგურირებს JCR-ის სამეცნიერო ნუსხაში, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ჟურნალი „მოამბეც“ კი, რომელიც გამოიცემა 1940 წლიდან ინგლისურ ენაზე. ამგვარი მდგომარეობა არ შეიძლება აიხსნას მხოლოდ ამ გამოცემების მიმართ საერთაშორისო მოთხოვნების არასათანადო შესატყვისობით; ამ შემთხვევაში გარკვეული წილი მიუძღვის ეროვნულ და საერთაშორისო სათანადო სამსახურებს შორის ინფორმაციების გაცვლის არაოპერატიულობას.

ცნობილია, თუ რამდენად რთულია მაღალრეიტინგულ ჟურნალებში სტატიების გამო-

ქვეყნება ჩვენი ქართველი მეცნიერებისათვის. ასეთი სურათია რუსეთის მეცნიერების სფეროშიც. მიუხედავად ყოველივე ზემოთქმულისა, ქართველ მეცნიერებზე ციტირებას მთელ მსოფლიოში მაინც ახდენენ. ამიტომ, ICR-ში და SCI-ში გამოქვეყნებულ „იმფაქტ-ფაქტორის“ მქონე გამოცემების ნუსხას უნდა დაემატოს საბუნებისმეტყველო მიმართულების მაღალი რეიტინგის ქართული სამეცნიერო ჟურნალები, როგორიცაა: „აგრარული მეცნიერების პრობლემები“, თბილისი; „ეკონომიკა, მეცნიერება, პრაქტიკა, გამოცდილება“, თბილისი (წინათ – „ეკონომისტი“); „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“ (წინათ – „მეცნიერება და ტექნიკა“); „მაცნე“, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია, თბილისი („Macne“. Georgian Academy of Sciences, Tbilisi); „მოამბე“, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია, თბილისი. („Bulletin of Sciences“, Tbilisi.); საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის „მოამბე“, თბილისი; წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის შრომათა კრებულები, რომლებიც, სამეცნიერო კვლევების შედეგების გარდა, მოიცავს საერთაშორისო კონფერენციების მასალებს, თბილისი; „მელიორაცია და მევენახეობა“, მოსკოვი; „ჰიდროტექნიკური ნაგებობები“, რუსეთის სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის ჟურნალი „მაცნე“, მოსკოვი; „ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია“, მოსკოვი; „სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოხსენებები“, მოსკოვი; „ენერგია“, თბილისი; „ეკოლოგიური სისტემები და მოწყობილობები“, მოსკოვი; ტიმირიაზევის სახელობის სოფლის მეურნეობის აკადემიის ჟურნალი „მოამბე“, მოსკოვი; „მელიორაცია და წყალთა მეურნეობა“, მოსკოვი; „მეტეოროლოგია და ჰიდროლოგია“, მოსკოვი; „სოფლის მეურნეობის მექანიზაცია და ელექტროფიკაცია“, მოსკოვი; საერთაშორისო ჟურნალი „სოფლის მეურნეობა“, მოსკოვი; „გამოყენებითი მექანიკის პრობლემები“, საერთაშორისო ჟურნალი, თბილისი; „გამოყენებითი მექანიკის პრობლემები“, საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი. „სატრანსპორტო მშენებლობა“, მოსკოვი; „იუნესკო“ შრომათა კრებული; „ტექნიკა სოფლის მეურნეობაში“, მოსკოვი.

ინტერესს მოკლებული არ იქნება საქართველოს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის მეცნიერთა მოღვაწეობის შესახებ იმ ვრცელი მონაცემების მომზადება და გამოცემა, რომლებიც მოყვანილია ინსტიტუტის სარეიტინგო კომისიის მიერ შედგენილ პროექტში (2008 წ.). ინსტიტუტის თანამშრომელთა სამეცნიერო საქმიანობის საკმაოდ მაღალი მაჩვენებლები შემთხვევითი არ არის. ის ჯერ კიდევ ყოფილ საბჭოთა კავშირის სივრცეში და დღესაც ერთ-ერთი წამყვანია მსოფლიოში ჰიდრომელიორაციულ და ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა საიმედოობის, გარემოს დაცვის, ეკოლოგიური უსაფრთხოების, ეროზიულ-ღვარცოფული მოვლენების, მთის მდინარეების კალაპოტური პროცესების, მთის წყალსაცავების, წყალშემკრები აუზების, მელიორაციული სამუშაოების: მორწყვის, დაშრობის, კოლხეთის დაბლობის სანაპირო ზოლის დინამიკის, ბუნებრივი კატასტროფების (წყალდიდობები, წყალმოვარდნები, ეროზიულ-ღვარცოფული მოვლენები), საინჟინრო ეკოლოგიის, გარემოს დაცვის, მელიორაციული დანიშნულების ობიექტების, ეკონომიკისა და სხვა პრობლემათა შესწავლის დარგში. ინსტიტუტის კვლევის შედეგებმა დიდი გამოხმაურება ჰპოვა და პრაქტიკულად გამოყენებულ იქნა როგორც საქართველოში, ისე მის ფარგლებს გარეთაც. არც თუ დაუმსახურებლად იქნა იგი ევროპაში საუკეთესო კვლევით ორგანიზაციად აღიარებული.

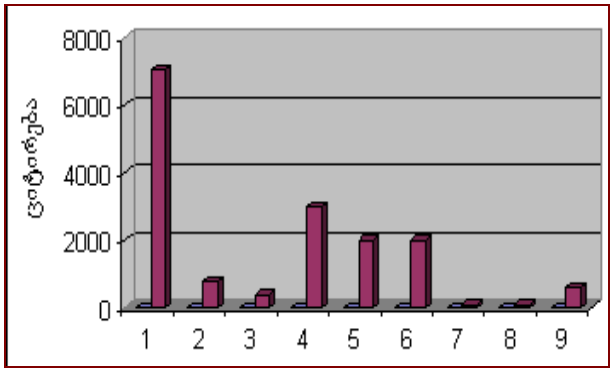
ინსტიტუტის რეიტინგის მაღალი მაჩვენებლების მიღწევაში მნიშვნელოვანი წვლილი აქვს შეტანილი საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიისა და რუსეთის სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის *აკადემიკოს ცოტნე მირცხულავას* – მსოფლიოში აღიარებულ, საერთაშორისო ავტორიტეტის მქონე მეცნიერს. იგი არის ავტორი 25 მონოგრაფიის, 500-ზე მეტი სტატიის, რომელთა შორის 150-ზე მეტი გამოქვეყნებულია მაღალრეიტინგიან და „იმფაქტ-ფაქტორის“ მქონე საერთაშორისო ჟურნალებში. იგი მრავალი ცნობილი ქართველი და უცხოელი მეცნიერის ფუნდამენტური მონოგრაფიების რედაქტორია. მისი ხელმძღვანელობითაა დაცული 40-მდე საკანდიდატო და სადოქტორო დისერტაცია; არის მრავალი სადისერტაციო ნაშრომის ოპონენტი და სამეცნიერო კონსულტანტი; ჟურნალებისა და შრომათა კრებულების რედკოლეგიების წევრი როგორც საქართველოში,

ისე საზღვარგარეთ; მთელი რიგი სადისერტაციო საბჭოების წევრი, გაერთიანებული ერების ორგანიზაციების ექსპერტი. იგი სხვადასხვა დროს მიწვეული იყო ინგლისში, იაპონიაში, შვეიცარიაში, ინდოეთში, პოლონეთში, ჩეხოსლოვაკიასა და მსოფლიოს სხვა ქვეყნებში ლექციების წასაკითხად; სათავეში უდგას „ფაზისის“ აკადემიას და სხვ.; ზრდის მეცნიერთა ახალგაზრდა თაობას; მისი შრომები სამაგიდო წიგნებადაა აღიარებული საინჟინრო ეკოლოგიის პრობლემებზე მომუშავე მეცნიერებისა და სპეციალისტებისათვის. დიდია *აკად. ც. მირცხულავას* როლი ინსტიტუტის საერთაშორისო ავტორიტეტის მოპოვების საქმეში. მისი დამსახურებაა, რომ დღეს ინსტიტუტი სარგებლობს არა მარტო ჩვენს ქვეყანაში და სამხრეთ კავკასიაში, არამედ მთელს მსოფლიოში დამსახურებული ავტორიტეტით, რისი დასტურიცაა ინსტიტუტის აღიარება 2007 წლის ევროპის საუკეთესო სამეცნიერო კვლევით ორგანიზაციად.

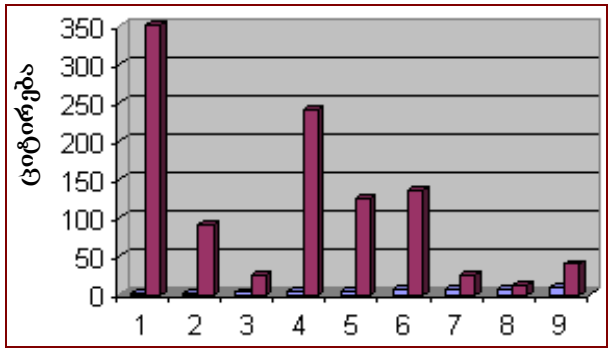
აკად. ც. მირცხულავას ნაყოფიერი საქმიანობის ღირსეული გამგრძელებელია ინსტიტუტის ამჟამინდელი ხელმძღვანელი, სამეცნიერო ხარისხის დოქტორი, პროფესორი, საქართველოს საინჟინრო აკადემიის წევრი *გივი გავარდაშვილი,* რომელსაც საქართველოს და საზღვარგარეთის ჟურნალებში გამოქვეყნებული აქვს 110-მდე სამეცნიერო ნაშრომი, მათ შორის, სამი მონოგრაფია. პროფესორი გივი გავარდაშვილი დღეს მეცნიერებაში მიმდინარე რეფორმების ფონზე წარმატებით ართმევს თავს კოლექტივისა და პირადად მის – როგორც დირექტორის წინაშე არსებულ პრობლემებს.

როგორია ქართველ მეცნიერთა ციტირების ინდექსი? როგორია საქართველოში გამოცემული ჟურნალების „იმფაქტ-ფაქტორი“? რამდენადაც ჩვენთვის ცნობილია, ამგვარი ანალიზი საქართველოში ჯერ არ ჩატარებულა.

კვლევის საწყის ეტაპზე შემოვიფარგლეთ საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წევრებისა და წევრ-კორესპონდენტების იმ სიით, რომელიც გამოქვეყნებული იყო მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის WEB-გვერდზე 2004 წელს. ამ სიაში 70 აკადემიკოსისა და 69 აკადემიის წევრ-კორესპონდენტის გვარია დაფიქსირებული. მოპოვებული მონაცემები შედგენილია საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის სამეცნიერო განყოფილებებისათვის. 2004 წელს მოპოვებული მასალა გაანალიზებულია და მოცემულია დიაგრამების სახით (დიაგრამები 1, 2).



დიაგრამა 1. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის განყოფილებების წევრების ჯამური ციტირება



დიაგრამა 2. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის სამეცნიერო განყოფილებების ერთ წევრზე ციტირება

დიაგრამებზე პირობითი აღნიშვნებია: 1 – მათემატიკისა და ფიზიკის განყოფილება; 2 – დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებათა განყოფილება; 3 –გამოყენებითი მექანიკის, მანქანათმშენებლობისა და მართვის პროცესების განყოფილება; 4 – ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიების განყოფილება; 5 – ბიოლოგიურ მეცნიერებათა განყოფილება; 6 – ფიზიოლოგიისა და მედიცინის განყოფილება; 7 – სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა განყოფილება; 8 – საზოგადოებრივ მეცნიერებათა განყოფილება; 9 – ენის, ლიტერატურისა და ხელოვნების განყოფილება.

როგორც მოყვანილი დიაგრამებიდან ჩანს, წინა თაობის ქართველ მეცნიერთა

ნაშრომების ციტირების ინდექსი გაცილებით მაღალია. კერძოდ, *აკად. ალექსანდრე ფრანგიშვილის* (1909-1991) ციტირების ინდექსმა შეადგინა 88! ეს მნიშვნელოვნად აღემატება საზოგადოებრივ მეცნიერებათა განყოფილების ციტირების დღევანდელ საშუალო მაჩვენებელს, რომელიც 8-ს შეადგენს. სამეცნიერო კოლექტივისა და თითოეული მეცნიერის სარეიტინგო შეფასებები უნდა ხორციელდებოდეს უფრო დიფერენცირებულად, რათა მაქსიმალურად ობიექტური იყოს მათი მოღვაწეობის შეფასება.

კერძოდ, ციტირების ინდექსის შესახებ არასამართლიანად უნდა იქნეს მიჩნეული „ციტირების ინდექსის“ დადგენის დროს მხოლოდ ციტირების მითითება. ციტირება შეიძლება განხორციელდეს ადგილობრივი, მცირე რეიტინგის მქონე კოლეგის მიერ, რაც ყველაზე დაბალი მაჩვენებლით უნდა ფასდებოდეს.

ორგანიზაციის გარეთ, ქვეყნის ფარგლებში მოღვაწე კოლეგის მიერ ციტირება უნდა იმსახურებდეს უფრო მაღალ შეფასებას, ხოლო საზღვარგარეთ მოღვაწე კოლეგის მიერ ციტირება საერთაშორისო მასშტაბის და „იმფაქტ-ფაქტორის“ მქონე სამეცნიერო ჟურნალში, კიდევ უფრო მაღალ შეფასებას უნდა იმსახურებდეს. გასათვალისწინებელია ისიც, თუ რომელ და რა პერიოდულობის ჟურნალში ხდება ციტირება.

ქართველ მეცნიერთა გარკვეული ნაწილი ვერ იხდის გადასახადებს მაღალი რეიტინგის და „იმფაქტ-ფაქტორის“ ჟურნალებში ნაშრომების გამოსაქვეყნებლად. ამიტომ, მისასალმებელი იქნება თუ მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია თავის თავზე აიღებს დარგობრივი ჟურნალების გამოცემის დაფინანსებას, რაც გაუადვილებს მეცნიერებს სტატიების გამოქვეყნებას.

ყოველივე ამან განაპირობა ქართული მეცნიერული პროდუქციის სარეიტინგო მაჩვენებლების გამოთვლის მეთოდის განახლებისა და მისი სრულყოფის აუცილებლობა, რაც საშუალებას მისცემს ქართველ მეცნიერებს და მთლიანად ქართულ მეცნიერებას, ღირსეულად წარმოაჩინონ თავისი ნამოღვაწარი მსოფლიო სამეცნიერო საზოგადოების წინაშე.

დადგა დრო, როდესაც საქართველოში უნდა შეიქმნას სამეცნიერო გაერთიანება, რომლის დანიშნულება იქნება ეროვნული სამეცნიერო და პუბლიკაციური შემოქმედების გაანალიზება და შეფასება ისე, როგორც ეს ხდება აშშ-ში, რუსეთში, საფრანგეთში, ინგლისში, ჩინეთში, იაპონიაში და სხვა ქვეყნებში ფუნქციონირებად სამეცნიერო-საინფორმაციო ორგანიზაციებში.

დასკვნა

დასმული ამოცანის გადაწყვეტა ხელს შეუწყობს საქართველოს მეცნიერების განვითარების გზების დასახვას და მეცნიერული პროდუქციის ღირსეულ შეფასებას.

ლიტერატურა

1. **Джгереная Э., Сичинава С.** Грузия остается без докторов наук, кто препятствует развитию науки //მაკრო, მიკრო ეკონომიკა, №9(70), 2003.
2. **თევზაძე ვ., იორდანიშვილი ი. , ჭარბაძე ზ., ხოსროშვილი ე.** სამეცნიერო ინსტიტუტების სარეიტინგო მაჩვენებლების შესახებ //„მეცნიერება და ტექნოლოგიები“ №10-12, თბილისი, 2005, გვ. 11-15.
3. **Иорданишвили И.К.** К вопросу рейтинговой оценки наукометрии. //Институт водного хозяйства и инженерной экологии АН Грузии, Тбилиси, 2004. 28 с.
4. **Маркусова В.А.** Кто и как измеряет науку, //Независимая газета, №275 (2929),2002.
5. **Маркусова В.А.** Сверим оттиски. Легко ли дается цитирование. //Поиск, ВИНИТИ, 2003.
6. **ონოფრიშვილი ი., ბერიძე ო., ჯაფარიძე გ.** ქართველ მეცნიერთა ნაშრომების ციტირების შესახებ. //ნიუ-იორკის სამედიცინო უნივერსიტეტის ცენტრი, ს. დურმიშიძის სახელობის ბიოქიმიისა და ბიოტექნოლოგიის ინსტიტუტის სწავლულ ექსპერტთა საბჭო.
7. **Пудовкин А.** Ссылка за качество. Почему редко цитируют статьи Российских ученых. //Просве-

щенное мнение. №43 (753), 2003.
8. **Савельев С.** Примитивное западничество. Не оценивайте нашу науку по-американски. //“Огонек “, №10, 2005.
9. Сайт института научной информации в США http//www.isinet.com база данных Essential Science Indicators.
10. **Wu Y., Pan Y., Zhang Y., Maz., Pang I., Guo H., Xu B., Yang Z.** China Scientific and Technical Papers and Citations (CSTPC): History, impact and outlook //Scient Ometrics. 2004 .vol. 60., Iss. 3. P. 385. 397.
11. **Negishi M., Sun Y., Shigi K.** Citation Database for Japanese. A new bibliometric tool for Japanese academic Society //Scientometrics. 2004 .vol. 60., Iss.3. p.333-351.
12. **Rousseau R.L.** Journal Evaluation: Technical and Practical Issues //Libraru Trends. 2002. vol. 50. Iss. 3. p.418-439 (Pdf).

უაკ 06.03.04.04.00.24

ბორჯომის რაიონის სოფლების – წაღვერისა და დაბის მიმდებარე ნახანძრალი ტერიტორიების გეოეკოლოგიური გამოკვლევა

თარხან თევზაძე, ვლადიმერ შურღაია, მარინა შავლაყაძე, დავით ფოცხვერია

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

2008 წლის აგვისტოში რუსეთის აგრესიის პერიოდში ბორჯომის ხეობის სხვადასხვა უბნებზე წარმოქმნილმა ხანძრებმა უაღრესად ნეგატიური ზეგავლენა მოახდინა საკურორტო ზონის ბუნებრივ პირობებზე.

ნახანძრალი ტერიტორიების პირველივე დათვალიერებამ გვიჩვენა, რომ რუსეთის აგრესიის შედეგები უნდა განვიხილოთ არა მარტო როგორც ეკოციდი, არამედ როგორც ქვეყნის ბუნებრივი, დემოგრაფიული და სოციალური გარემოსადმი მიყენებული სინერგეტიკული კატასტროფის ტოლფასი მოვლენა [1].

ქვეყნისათვის მიყენებული ზარალი მრავალკომპონენტიანია. ამიტომ მისი შეფასება და ამ შეფასების საფუძველზე დამცავი და დამცველი ღონისძიებების შემუშავება უნდა განხორციელდეს მრავალი დარგის სპეციალისტების მიერ.

ძირითადი ნაწილი

ჩვენ მიერ შესრულებული გეოეკოლოგიური კვლევები ასახავს ნახანძრალი ტერიტორიების გეოგარემოს შეუქცევად, სინერგეტიკულ ცვლილებებს, რომლებმაც, დროული დამცავი ღონისძიებების განუხორციელებლობის შემთხვევაში, შესაძლებელია კიდევ უფრო ნეგატიური ხასიათი მიიღოს და უარყოფითი ეროზიული პროცესების (ჩამოშლა-ჩამოშავება, დახრამვა და ა.შ.) განვითარებას დაუდოს სათავე [2, 3].

გეოეკოლოგიური კვლევების განხორციელების მიზნით, ნახანძრალ ტერიტორიებზე ჩვენ მიერ გამოყოფილ იქნა სამი დამახასიათებელი უბანი: ნაღვარევის ღელე – სოფელ დაბასთან ჩრდილოეთით 1-2 კმ მანძილზე, ფართობით 95 ჰა; მანქანა-ტრაქტორების სადგურის (მტს-ის) ღელეს უბანი, სოფ. წაღვერის მტს-ის დასახლების ჩრდილოეთით 1-1,5 კმ მანძილზე, ფართობით 45 ჰა და ე.წ. რუსის ღელეს უბანი, სოფ. წაღვერიდან ჩრდილოეთით 4,5-5,0 კმ მანძილზე, ფართობით 56 ჰა (ნახ. 1 და ფოტოები 1÷6).

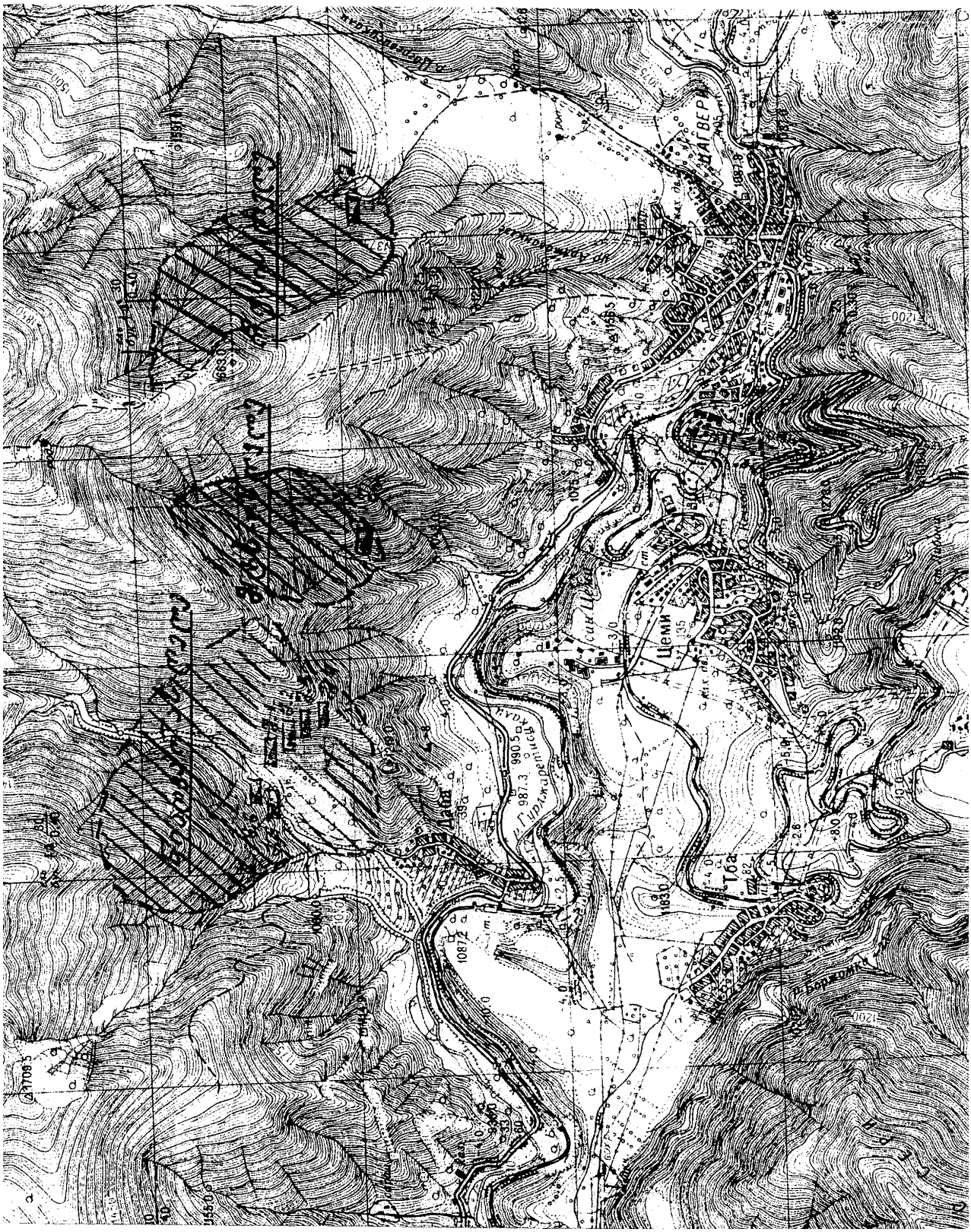
ნაღვარევის ხევის ხეობა ნახანძრალ ტერიტორიაზე ასიმეტრიულია. მისი მარცხენა სანაპიროს ფერდობის დახრილობა 30-35°-ს აღემატება, ხოლო მარჯვენა სანაპირო 50-65° გრადუსს აღწევს. აქვე, მარცხენა სანაპიროზე, 100 მ სიგანის ზოლში, შეინიშნება ფერდობის ჩამონგრევითი ხასიათის პროცესები, სადაც ფერდობის თხემიდან მის ძირამდე გაშიშვლებულია ე.წ. „ბორჯომის ფლიშის“ ძირითადი ქანები.

ხეობის დანარჩენი ნაწილი, როგორც მარცხენა, ისე მარჯვენა სანაპირო დაფარულია გადამწვარი ტყით.

მტს-ის და რუსის ღელეს ხეობები V-სებრია, რომელთა ფერდობების დახრილობა 35-40°-ს შეადგენს. ხეობების ორივე ფერდობზე შეინიშნება გადამწვარი ტყის ნარჩენები.

საინჟინრო-გეოლოგიური გამოკვლევების მიზნით, ნაღვარევის ღელეს ტერიტორიაზე გაყვანილ იქნა 6 შურფი სიღრმით 0,7 მ-მდე; ამათგან 4 – მარჯვენა სანაპიროს, ხოლო 2 – მარცხენა სანაპიროს ფერდზე; მტს-ის და რუსის ღელეს ხეობებზე გაყვანილ იქნა თითო-თითო შურფი სიღრმით 0,3 მეტრამდე.

გაყვანილი შურფებიდან ლაბორატორიული გეოტექნიკური გამოკვლევების მიზნით აღებულ იქნა 10 დარღვეული და 48 დაურღვეველი სტრუქტურის ნიმუში.



ნახ. 1. ნახანძრალი ტერიტორიების განლაგების სქემა

ფოტო 1. სოფ. დაბა. ნაღვარევის ღელე, მარცხენა სანაპირო

ფოტო 2. სოფ. დაბა. ნაღვარევის ღელე, მარჯვენა სანაპირო

ფოტო 3. სოფ წაღვერი. მტს-ის ღელე

ფოტო 4. სოფ წაღვერი. მტს-ის ღელე

ფოტო 5. სოფ. წაღვერი. რუსის ღელე

ფოტო 6. სოფ. წაღვერი. რუსის ღელე

შურფების ლითოლოგიური ჭრილები გვიჩვენებს, რომ სამივე ნახანძრალი უბნის ტერიტორიაზე, სახელმწიფო სტანდარტის ГОСТ 20522-75 მიხედვით შესაძლებელია გამოვყოთ სამი საინჟინრო-გეოლოგიური ელემენტი (სგე):

სგე-1 – შავი ფერის დამწვარი ან ნაწილობრივ დამწვარი ჰუმუსირებული შრე, დიდი რაოდენობით მცენარეების ფესვებით, ხვინჭას და ღორღის ჩანართებით; მისი

სიმძლავრე 0,03-0,1 მ-ს შეადგენს.

სგე-2 – მოყავისფრო ან მოყვითალო-მოყავისფრო თიხნარის ფესვებით, ხვინჭნარის და ღორღის ჩანართებით; მისი სიმძლავრე გამოკვლეულ ტერიტორიაზე 0,2-0,3 მ-ს აღემატება.

სგე-3 – „ბორჯომის ფლიშის“ კლდოვანი ქანების (ქვიშაქვები, თიხაფიქლები) ზედა დანაწევრებული, გამოფიტული ნაწილი.

2008 წლის 12-14 ოქტომბერს განხორციელდა ნაღვარევის, მტს-ს და რუსის ღელეს წყლის ზედაპირული ხარჯის გაზომვა, რომლის თანახმადაც ის შეადგენს:

ნაღვარევის ხევი – 10÷12 ლ/წმ;

მტს-ის ღელე – 7÷8 ლ/წმ;

რუსის ღელე – 12÷15 ლ/წმ.

ყველა მათგანიდან აღებულ იქნა წყლის სინჯები ქიმიური ანალიზისათვის.

შედარების მიზნით, მდ. გუჯარეთის წყლიდან, რომელსაც აღნიშნული ღელეები უერთდება მარჯვენა სანაპიროს (ჩრდილოეთის) მხრიდან, აგრეთვე აღებულ იქნა წყლის სინჯი მდინარის იმ ზონაში, რომელზეც ნახანძრალ ტერიტორიებს გავლენის მოხდენა არ შეუძლია.

სგე-1 წარმოადგენს დამწვარ და ნაწილობრივ დამწვარ, შავი ფერის ჰუმუსირებულ შრეს, რომელიც შეიცავს დიდი რაოდენობით მცენარეების ფესვებს, ხვინჭას და ღორღის ჩანართებს; მისი სისქე სხვადასხვა უბნებზე 0,03-0,1 მ ფარგლებში იცვლება.

გრანულომეტრული შემადგენლობის ანალიზის შედეგები გვიჩვენებს, რომ თიხოვანი ფრაქციის შემცველობა შეადგენს 11,4%, მტვრის – 35,42%-ს. 2 მმ-ზე მეტი დიამეტრის ფრაქცია აქ ძირითადად წარმოდგენილია დამწვარი ორგანული ნარჩენებით, ხვინჭას თანაზომადი ფრაქცია d = 2÷10 მ – 27,8%, ხოლო ღორღის თანაზომადი ფრაქცია d > 2 მმ-ზე – 14,76%; მათი საერთო რაოდენობა 42,58%-ია.

ტენიანობა 9,2-15,0%-ის საზღვრებში იცვლება და საშუალოდ შეადგენს W =11,06%, მინერალური და ორგანული ნაწილაკების სიმკვრივე ρ_s=2,13 გ/სმ^3, ბუნებრივი სიმკვრივე ρ = 1,09–1,17 (საშ. 1,12) გ/სმ^3, ჩონჩხის სიმკვრივე ρ_d = 1,00–1,02 (საშ. 1,01) გ/სმ^3, ფორიანობა n = 52,1–53,0 (საშ. 52,6)%. ფორიანობის კოეფიციენტი e =1,088–1,130 (საშ. 1,109). წყალშემცველობის ხარისხი S_z = 0,17 – 0,29 (საშ. 0,21).

სიმტკიცის მახასიათებლების გაზომვა განხორციელდა როგორც ბუნებრივი სტრუქტურისა და შემადგენლობის, ისე იმ ნიმუშებისათვისაც, რომლებიდანაც მოცილებულ იქნა მცენარეთა ფესვები, ღორღისა და ხვინჭას ფრაქციების თანაზომადი ორგანული ნარჩენები. ექსპერიმენტების შედეგები გვიჩვენებს, რომ ბუნებრივი გრუნტების შიგა ხახუნის კუთხე ბუნებრივი ტენიანობის პირობებში შეადგენს φ = 33°–40°, ხოლო შეჭიდულობა c = 50-60 კპა, წყალგაჯერებულ მდგომარეობაში კი შესაბამისად φ_w = 21°–37°30′, c_w = 40-50 კპა.

ფესვებისა და ორგანული ნარჩენებისაგან გათავისუფლებული ნიმუშებისათვის კი აღნიშნული პარამეტრები შეადგენს:

ა) ბუნებრივი ტენიანობის პირობებში, φ = 11°–12°, c = 20–25 კპა;

ბ) წყალგაჯერებულ პირობებში, φ_w = 7°–8°, c_w = 20–25 კპა.

როგორც მოყვანილი მაგალითებიდან ჩანს, ზედაპირულ ჰუმუსირებულ შრეში მცენარეების (როგორც ერთწლიანის, ისე მრავალწლიანის) ფესვთა სისტემა ასრულებს მაარმირებელ ეფექტს და ამუხრუჭებს ნეგატიური ფერდობული პროცესების განვითარებას. აღნიშნული აუცილებლად გათვალისწინებულ უნდა იქნეს დამცავი და დამცველი ღონისძიებების შემუშავებისას.

სგე-2 გრუნტების ექსპერიმენტული მონაცემები დამუშავდა ვარიაციული სტატისტიკის მეთოდით სახელმწიფო სტანდარტის ГОСТ 20522-75-ის მიხედვით, რომლის საფუძველზეც ნორმატიული სიდიდეები შეადგენს: ჩონჩხის სიმკვრივე ρ_w^σ=1,28 გ/სმ^3, ფორიანობის კოეფიციენტი e^σ=1,088, ბუნებრივი ტენიანობა W^σ =21,0%.

მათი საანგარიშო სიდიდეები, შესაბამისად, α უზრუნველყოფის პირობებში, შეადგენს:

α = 0,85 $\rho_d^{\text{ს}}$ = 1,014–1,006 გ/სმ^3

α = 0,99 $e^{\text{ს}}$ = 1,129–1,047 გ/სმ^3

α = 0,95 $\rho_d^{\text{ს}}$ = 1,017–1,003 გ/სმ^3

α = 0,85 $W^{ს}$ = 12,1–10,02 გ/სმ³

α = 0,99 $\rho_d^{ს}$ = 1,022–0,998 გ/სმ³

α = 0,95 $W^{ს}$ = 12,87–9,25 გ/სმ³

α = 0,85 $e^{ს}$ = 1,102–1,074 გ/სმ³

α = 0,99 $W^{ს}$ = 14,09–8,03 გ/სმ³

α = 0,95 $e^{ს}$ = 1,113–1,06 გ/სმ³.

შიგა ხახუნის კუთხისა და შეჭიდულობის სიდიდეების საანგარიშო პარამეტრები სგე-1 გრუნტებისათვის, შეადგენს:

ა) ბუნებრივი სიმკვრივე-ტენიანობის პირობებში: $\varphi^{ს}$ = 34°32′, $c^{ს}$ = 29,5 კპა;

ბ) წყალგაჯერებულ მდგომარეობაში:

$\varphi_w^{ს}$= 26°32′, $c_w^{ს}$ =28,3 კპა.

იგივე პარამეტრები ფესვებისა და ორგანული ნარჩენებისაგან გათავისუფლებული ნიმუშებისათვის, შესაბამისად უდრის:

ა) ბუნებრივი ტენიანობა-სიმკვრივის პირობებში: $\varphi^{ს}$= 10°22′, $c^{ს}$=15,0 კპა;

ბ) წყალგაჯერებულ მდგომარეობაში:

$\varphi_w^{ს}$= 6°33′, $c_w^{ს}$ =12,2 კპა.

სგე-2 წარმოადგენს მოყავისფრო ან მოყვითალო-მოყავისფრო თიხნარს მცენარეების ფესვებით, ხვინჭისა და ღორღის ჩანართებით. მისი სიმძლავრე, ჩვენ მიერ დაძიებულ ტერიტორიაზე 0,2-0,3 მ-ს არ აღემატება.

თიხნარის ნიმუშების გრანულომეტრული შემადგენლობის ანალიზის მონაცემების თანახმად, თიხის ფრაქცია შეადგენს 15,3%, მტვრის – 14,76%, ქვიშის – 22,64%, ხვინჭის – 21,72%, ღორღის – 25,8%-ს; მთლიანად წვრილდისპერსიული ფრაქცია (d < 2 მმ-ზე) შეადგენს 52,7%, ხოლო მსხვილი მონატეხოვანი ჩანართები (ხვინჭა, ღორღი) – 25,58%-ს.

ბუნებრივი ტენიანობა იცვლება 15,8-25,73% ფარგლებში და საშუალოდ W = 21,30%, მინერალური ნაწილაკების სიმკვრივე ρ_s = 2,66 გ/სმ³, ბუნებრივი სიმკვრივე – 1,49÷1,63 (საშ. 1,55) გ/სმ³, ჩონჩხის სიმკვრივე – ρ_d= 1,22÷1,32 (საშ. 1,28) გ/სმ³, ფორიანობა n = 50,40 ÷ 54,1 (საშ. 51,9)%, ფორიანობის კოეფიციენტი e = 1,015 – 1,111 (საშ. 1,078). წყალშემცველობის ხარისხი S_z =0,39 – 0,67 (საშ. 0,52), პლასტიკურობის ზედა ზღვარი უდრის W_L = 29–32 (საშ. 30), ქვედა ზღვარი W_ρ = 18–20 (საშ. 19), პლასტიკურობის რიცხვი I_ρ = 10–12 (საშ. 11).

გრუნტების კონსისტენცია სხვადასხვა უბანსა და სიღრმეზე სხვადასხვაგვარია და გვხვდება როგორც მაგარი, ძნელად პლასტიკური და ნახევრად მაგარი ნიმუშები.

სგე-1-თან შედარებით, სგე-2 გრუნტებში ორგანული ნაერთებისა და ფესვების შემცველობა შესამჩნევად მცირეა, ამიტომ სიმტკიცის მახასიათებლების სიდიდეების განსხვავებაც ბუნებრივი სტრუქტურის ნიმუშებსა და ხელოვნურად მომზადებულ (უფესვო) ნიმუშებს შორის შედარებით ნაკლებია.

ბუნებრივი ტენიანობისა და სტრუქტურის ნიმუშების შიგა ხახუნის კუთხე შეადგენს φ = 21°30′÷31°, შეჭიდულობა C = 55÷105 კპა. წყალგაჯერებულ მდგომარეობაში კი, შესაბამისად, φ_w= 16°30′÷21°30′, C = 25÷35 კპა.

ხელოვნურად დამზადებულ, ანალოგიური ბუნებრივი ტენიანობა-სიმკვრივის ნიმუშებისთვის შიგა ხახუნის კუთხე შეადგენს φ = 14°÷17°, ხოლო C = 30÷40 კპა. წყალგაჯერებულ მდგომარეობაში ეს სიდიდე შედარებით მცირდება და შეადგენს φ_w = 9°÷10°, C = 20÷30 კპა.

სგე-2 ექსპერიმენტული მონაცემები, ნორმატიული და საანგარიშო პარამეტრების დასადგენად, დამუშავდა ვარიაციული სტატისტიკის მეთოდით სახელმწიფო სტანდარტის ГОСТ 20522-75-ის მიხედვით. აღნიშნული სტანდარტის მიხედვით ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავების შედეგად დადგენილ იქნა, რომ სგე-1 გრუნტის ჩონჩხის სიმკვრივის ნორმატიული სიდიდეა ρ_w^σ=1,01 გ/სმ³, ფორიანობის კოეფიციენტი e^σ=1,088, W^σ=11,06%.

საანგარიშო სიდიდეები კი, შესაბამისი α უზრუნველყოფის პირობებში შეადგენს:

α = 0,85 $\rho_d^{ს}$ = 1,29–1,27 გ/სმ³

α = 0,99 $e^{ს}$ = 1,136–1,020 გ/სმ³

α = 0,95 $\rho_d^{ს}$ = 1,30–1,26 გ/სმ³

α = 0,85 $W^{ს}$ = 22,32–19,68 გ/სმ³

α = 0,99 $\rho_d^{ს}$ = 1,31–1,25 გ/სმ³

α = 0,95 $W^{ს}$ = 23,25–18,75 გ/სმ³

α = 0,85 $e^{ს}$ = 1,100–1,056 გ/სმ³

α = 0,99 $W^{ს}$ = 24,57–17,43 გ/სმ³

α = 0,95 $e^{ს}$ = 1,115–1,041 გ/სმ³.

შიგა ხახუნის კუთხისა და შეჭიდულობის სიდიდეების საანგარიშო პარამეტრები სგე-2 გრუნტებისათვის შეადგენს:

ა) ბუნებრივი სიმკვრივე-ტენიანობის პირობებში: $\varphi^{ს}$ = 22°48′, $c^{ს}$ =46,6 კპა;

ბ. წყალგაჯერებულ მდგომარეობაში:

$\varphi_w^{ს}$= 16°48′, $c_w^{ს}$ =18,6 კპა.

იგივე პარამეტრები ფესვებისა და ორგანული ნარჩენებისაგან გათავისუფლებული ნიმუშებისათვის უდრის:

ა) ბუნებრივი ტენიანობა-სიმკვრივის პირობებში: $\varphi^{ს}$= 15°6′, $c^{ს}$=26,2 კპა;

ბ. წყალგაჯერებულ მდგომარეობაში:

$\varphi_w^{ს}$= 13°48′, $c_w^{ს}$ =5,7 კპა.

სგე-3-ს, რომელიც საკვლევ ტერიტორიაზეა გავრცელებული, შეგნებულად არ განვიხილავთ, ვინაიდან ის ჩვენი კვლევის სფეროს სცილდება.

მდინარეული ჩამონადენის წყლის ქიმიური შედგენილობის შესაძლო ცვლილებათა დასადგენად აღებულ იქნა სინჯები წყლის ქიმიური ანალიზისათვის უშუალოდ ნახანძრალი ტერიტორიების სიახლოვეს, გამდინარე წყლის ნაკადულებიდან: ნაღვარევის ღელე, მტს-ის ღელე, რუსის ღელე და აგრეთვე მდ. გუჯარეთისწყლის იმ მონაკვეთიდან (სოფელ კიმოთესუბნის დასავლეთით, 2 კმ-ის დაშორებით), რომელიც მნიშვნელოვნადაა დაცილებული ნახანძრალ ტერიტორიებს. რაც იმის საშუალებას გვაძლევს, რომ ზემოხსენებული მდინარის ქიმიური შედგენილობის მონაცემები გამოვიყენოთ ფონურ მაჩვენებლად. ქიმიური ანალიზის შედეგები მოყვანილია ცხრილში 1.

როგორც ცხრილი 1-დან ჩანს, ფონურ მონაცემებთან შედარებით (4,19 მგ ეკვივალენტი % – (მდ. გუჯარეთისწყალი) ადგილი აქვს $Na^{\vee}$+ $K^{\vee}$ იონების მკვეთრ ზრდას ნაღვარევის ღელეში – 36,13 მგ.ეკვ.%, მტს-ის ღელეში – 60,44 მგ.ეკვ.% და რუსის ღელეში – 52,13 მგ.ეკვ.%. ამავე დროს, აღინიშნება *Cl* - იონის მკვეთრი ზრდა 24,5 მგ.ეკვ.% რუსის ღელეში.

ჰუმუსის შემცველობისა და ქიმიური შედგენილობის ანალიზის განსაზღვრა განხორციელდა ნიაღვარას ხევის, მტს-ის ხევის და რუსის ღელეს საკვლევი უბნების ტერიტორიიდან აღებული გრუნტის ნიმუშებისათვის. ანალიზის შედეგები გვიჩვენებს, რომ ჰუმუსის შემცველობა ზედა 0,0-0,1 მ ინტერვალში იცვლება 21,7-51%-ის ფარგლებში და საშუალოდ შეადგენს 30,3%-ს, მინერალური ნაწილაკების – 48,9-78,30 (საშუალოდ 69,62)%.

აღვილად ხსნადი მარილების შემცველობა არაა მაღალი და საშუალოდ შეადგენს 1,5098 გ/ლ-ს.

ცხრილი 1

წყლის ქიმიური ანალიზის შედეგები

იონები	ნიმუშის აღების ადგილი			
	მდ. გუჯარეთის წყალი	ნაღვარევის ღელე	მტს-ის ღელე	რუსის ღელე
	მილიგრამ-ეკვივალენტი, %			
ანიონები				
Cl^{I}	4,61	7,66	7,98	24,50
SO_4^{II}	1,16	2,11	2,65	3,49
HCO_3^{I}	94,23	90,23	89,38	72,62
ჯამი	100	100	100	100
კათიონები				
$Na^{\vee}$+ $K^{\vee}$	4,19	36,13	60,44	52,13
$Ca^{\vee\vee}$	63,87	63,87	32,62	38,72
$Mg^{\vee\vee}$	31,94	–	6,94	9,15
ჯამი	100	100	100	100

ცხრილი 2

ნიადაგიდან წყლის გამონაწურის ქიმიური ანალიზის შედეგები

№	ნიმუშის აღების ადგილი	სიღრმე (მ)	ლაბორატორიის №	ჰუმუსის შემც.%	მინ.ნივთ. რაოდ-ბა %	მშრალი ნაშთი	იონების შემადგენლობა გ/ლ %				
							HCO_3	Ca	Mg	Na+K	pH
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	დაბა ნაღვარევის ხევი შურფი №1	0.0-0.05	401	22.2	77.8	0.9244	0.056 36.13	0.027 17.42	0.011 7.09	0.007 4.52	7.3
2	დაბა ნაღვარევის ხევი შურფი №2	0.0-0.05	403	21.7	78.30	0.9035	0.342 63.93	0.029 5.42	0.006 1.12	0.145 27.10	7.4
3	დაბა ნაღვარევის ხევი შურფი №5	0.0-0.05	404	27.4	72.60	1.0513	0.073 35.61	0.029 14.15	0.006 2.93	0.037 18.05	7.2
4	წაღვერი მტს ღელე შურფი №1	0.0-0.10	405	29.5	70.50	2.9669	0.109 43.08	0.029 11.46	0.011 4.35	0.057 22.53	6.8
5	დაბა ნაღვარევის ხევი შურფი №1	0.0-0.03	406	51.1	48.90	1.7028	0.044 30.77	0.025 17.48	0.003 2.09	0.024 16.78	7.3
	საშუალო			30.38	69.62	1.5098	0.123 41.9	0.028 13.19	0.007 3.52	0.054 17.79	
6	რუსის ღელე შურფი №1	0.05-0.10	407	23.3	76.7	0.9465	0.071 42.26	0.017 10.12	0.013 7.74	0.020 11.90	7.3
7	დაბა ნაღვარევის ხევი შურფი №1	0.10-0.20	408	19.45	80.55	0.8103	0.044 26.67	0.036 21.82	0.006 3.64	0.012 7.27	6.8
8	დაბა ნაღვარევის ხევი შურფი №2	0.05-0.15	409	11.2	88.80	0.5095	0.195 66.55	0.021 7.17	0.004 1.37	0.066 22.53	7.5
9	დაბა ნაღვარევის ხევი შურფი №5	0.05-0.10	410	28.6	71.4	1.0986	0.171 58.96	0.025 8.62	0.017 5.86	0.043 14.83	7.3
	საშუალო			20.6	79.3	6.84	0.120 48.61	0.025 11.93	0.10 4.65	0.035 14.13	

ნიადაგიდან წყლის გამონაწურის ქიმიური ანალიზის თანახმად (ცხრ. 2), ანიონებიდან უფრო ჭარბი შემცველობისაა ჰიდროკარბონატ-იონი HCO_3^I – 0,123 მგ/ეკვივალენტი, კათიონებიდან: კალციუმ-იონი შეადგენს Ca^{VV}= 0,028 მგ/ეკვ., მაგნიუმ-იონი – Mg^{VV}= 0,007 მგ/ეკვ., ნატრიუმ-კალიუმი – Na^{V}+ K^{V}კი – 0,054 მგ/ეკვ-ს.

ქვედა 0,05-0,2 მ სიღრმის ინტერვალში განლაგებულ გრუნტებში ჰუმუსის შემცველობა შედარებით ნაკლებია – 11,2-28,6 (საშუალოდ 20,6)%, მინერალური ნაწილაკების შემცველობა აქ შეადგენს 71,4-88,8 (საშუალოდ 79,3)%, ასევე მცირეა ადვილად ხსნადი მარილების შემცველობა 0,5-1,09 (საშუალოდ 0,84) გ/ლ.

წყლის გამონაწურის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ანიონებიდან უფრო მეტი გავრცელებით სარგებლობს ჰიდროკარბონატის იონი HCO_3^I=0,12 მგ/ეკვ, კათიონებიდან:

კალციუმ-იონის Ca^{++} შემცველობამ შეადგინა 0,025 მგ/ეკვ., მაგნიუმ-იონი – Mg^{++}= 0,010 მგ/ეკვ., ნატრიუმ-კალიუმის Na^{+}+ K^{+} – 0,035 მგ/ეკვ.

გრუნტის წყლის გამონაწურის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ხანძრის შედეგად დაზიანებულ ტერიტორიაზე გამოიყოფა ორი განსხვავებული შრე: ზედა, 0,0-0,1 მ-ის სიღრმეზე 30% ჰუმუსის შემცველი დამწვარი შრე და ქვედა, 0,05-0,7 მ სიღრმეზე გავრცელებული მინერალური გრუნტის შრე, სადაც მინერალური ნაწილის შემცველობა 79,3%-ს შეადგენს. ის ძლუვიონისა და ალუვიონის ფერდობული წარმონაქმნებითაა წარმოდგენილი.

დასკვნა

- აგრესიის პერიოდში, ომის შედეგად გადამწვარ ტერიტორიაზე გამოიყოფა ორი საინჟინრო-გეოლოგიური ელემენტი: ძლიერ ან ნაწილობრივ დამწვარი ჰუმუსირებული ფენა (სგე-1) სისქით 0,03-0,13 და თიხნარი, ღორღისა და ხვინჭის ჩანართებით (სგე-2), სისქით 0,04-0,7 მ;
- გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ ფესვთა სისტემა, რომელიც განვითარებულია ორივე სგე-ში, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ფერდობის მდგომარეობის შენარჩუნებაში, ხოლო ხანძრის შედეგად განადგურებამ გაწყლოვანების შემთხვევაში შესაძლებელია უაღრესად ნეგატიური გავლენა მოახდინოს ფერდობული პროცესების განვითარებაზე;
- განსაკუთრებით უარყოფითი შედეგი აღინიშნება ნაღვარევის ღელეს მარჯვენა ფერდობზე, სადაც სგე-1 თითქმის მთლიანად ჩამორეცხილია და ფერდობის ძირშია შეგროვილი;
- მნიშვნელოვანი ცვლილებებია სამივე ღელეს ზედაპირული ჩამონადენის ქიმიურ შედგენილობაში. აქ Na^{+}+ K^{+} იონის შემცველობის მატება ფონურთან შედარებით (4,19 მგ.ეკვ% – 8,6-14,4-ჯერ, ხოლო Cl^{-} იონის შემცველობა ფონურთან (4,61 მგ.ეკვ%) შედარებით რუსის ღელეში 5,3-ჯერაა მომატებული, რაც გამოწვეულია ხანძრის შედეგად დიოქსინების წარმოქმნით;
- ხანძრის შედეგად დაზიანებულ ტერიტორიაზე გამოიყოფა ორი შრე: ზედა, 0,0-0,1 მ-ის ინტერვალში, დამწვარი შრე, ჰუმუსის შემცველობით 30% და ქვედა შრე, 0,04-0,7 მ-ს ინტერვალში ძირითადად მინერალური გრუნტის შრე, რომელიც ფერდობული დელუვიონითა და ელუვიონითაა წარმოდგენილი.
- ეკოციდის შედეგად ბორჯომის ხეობისადმი მიყენებული ზარალი უნდა განიხილებოდეს, როგორც დემოგრაფიული და სოციალური გარემოსადმი მიყენებული სინერგეტიკული კატასტროფა.

რეკომენდაციები

- ეკოსისტემის, დემოგრაფიული და სოციალური გარემოს შეფასება უნდა განხორციელდეს პროგნოსტიკური ნიშნების დადგენის საფუძველზე, ხოლო დამცავი და დამცველი ღონისძიებების შეფასება სისტემური ანალიზის შესრულების გათვალისწინებით;
- დროის მიხედვით მიყენებული ზარალის რეაბილიტაციისათვის საჭიროა „სასწრაფო“ და „ნაკლებ სასწრაფო“ დამცავი და დამცველი ღონისძიებების შემუშავება. „სასწრაფო“ ღონისძიებებს განეკუთვნება კატასტროფის ზონების: გეოლოგიური, გეომორფოლოგიური, ჰიდროგრაფიულ-ოროგრაფიული, ნიადაგებისა და გრუნტების საინჟინრო-გეოლოგიური და გეოტექნიკური დეტალური გამოკვლევა, აგრეთვე ფერდობის ეროზიული პროცესებისა და ღვარცოფწარმომშობი კერების დაფიქსირება, სინერგეტიკული პროცესებისადმი მიდრეკილების ზონების გამოყოფა.
- დამცავი და დამცველი ღონისძიებების შერჩევა და შემუშავება უნდა განხორციელდეს ეროზიულ უბნებზე, რომელთა შორის უპირველესია:

ა) ზედაპირული წყლების ნაკადწარმომშობი ხევების და ფერდობული დაქანების რელიეფური ფარვატერების ბარაჟირება;

ბ) დაცურება და ჩამოშვავებასაშიში დელუვიური მასების დატერასება, მობელტვა ან სწრაფმზარდი ბალახის (უმჯობესია ადგილობრივი ჯიშები) დათესვა, მათი გახარებისათვის აუცილებელი მინიმალური რაოდენობის სარწყავი წყლით (უმჯობესია დაწვიმება) უზრუნველყოფა.

- „ნაკლებ სასწრაფო" ღონისძიებებს განეკუთვნება:

ა) ნებისმიერი დამცველი ღონისძიებების შემუშავება და განხორციელება, როგორიცაა მრავალწლიანი ხეებისა და ბუჩქების დარგვა ფერდობის დატერასებულ ზედაპირზე და მორწყვის მიზნით, მათი წყლის მინიმალური რაოდენობით უზრუნველყოფა.

ბ) ტექნიკური ხერხების შემუშავება ეროზირებულ კლდოვან ფერდობებზე მრავალწლიანი ნარგავების მოსაწყობად გეოლოგიური პირობების (ტექსტურა, სტრუქტურა, ქანის დაქანება, მიმართება და ა.შ.) გათვალისწინებით.

გ) გეოტექნიკური გამოკვლევები გვიჩვენებს, რომ (ცხრ. 2) სგე-1 გრუნტების წყალშემცველობის ხარისხი საშუალოდ მხოლოდ Sz = 0,21 შეადგენს, რაც არასაკმარისია ნათესი ბალახის გახარებისათვის. ეს მოითხოვს თითოეულ ღელეზე (ნიაღვარა, მტს-ი, რუსის) მცირე ზომის კაშხლის (დამბის) აგებას ადგილობრივი გრუნტებისაგან და მცირე ფართობის წყალსაცავის მოწყობას, რათა ფიტომელიორაციული ღონისძიებები უზრუნველყოფილ იქნეს სარწყავი წყლით. ასეთი მცირე ზომის წყალსაცავების გამოყენება შეიძლება როგორც სხვადასხვა დანიშნულების სამეურნეო წყალმოხმარებისათვის, ისე წყალაღებისათვის ექსტრემალურ სიტუაციაში ხანძრის ჩასაქრობად.

დ) მუდმივმოქმედი პოსტის მოწყობა, რომელიც განახორციელებს დაკვირვებებს ფერდობული პროცესების განვითარებაზე, ნეგატიური პროცესებისადმი მიდრეკილების კერების ჩასახვაზე, ფიტოღონისძიებების სრულფასოვან განხორციელებაზე. პოსტი სისტემატურად უნდა აწვდიდეს ცნობებს შესაბამის სამსახურებს, თვალყურს ადევნებდეს და აკონტროლებდეს ნეგატიური მოვლენების აღმოფხვრის პროცესს.

ე) მოწყობილ იქნეს ადგილობრივი მეტეოსადგური (წაღვერში ან დაბაში), რომელიც განახორციელებს სისტემურ და საინსპექციო კონტროლს ჰაერის ტემპერატურაზე, ნალექებზე, ქარების მიმართულებაზე, მზის რადიაციაზე, ჰიდროგრაფიულ ქსელსა და წყლის ხარისხზე.

ლიტერატურა

1. **ვარაზაშვილი ნ., თევზაძე თ.** რისკის ფაქტორთა ანალიზის გეოეკოლოგიური პოზიცია მთიან რეგიონებში ჰიდრომელიორაციული სისტემების შექმნის პირობებში. //ჟურნ. მეცნიერება და ტექნიკა, თბილისი, 1999, №1–3, გვ. 73–80.
2. **თევზაძე თ., კანდელაკი ს., ფოცხვერია დ., ლორთქიფანიძე დ.** ბუნებრივ-ტექნოგენური კომპლექსის ბუჟუაჰესის გეოლოგიური მდგომარეობის გამოკვლევა. //წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №63, თბილისი, 2007, გვ. 77–90.
3. **თევზაძე თ., კანდელაკი ს., ფოცხვერია დ.** გეოეკოლოგიური კვლევების საფუძველში სხვადასხვა დანიშნულების მილსადენების განლაგება ტერიტორიაზე. //საქ. მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, XV, თბილისი, 2005, გვ. 207–116.

УДК 556.5.06

ОБОБЩЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ И СТОКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАСУХИ НА РЕКАХ МАЛОГО КАВКАЗА

Иманов Ф.А., Гулиева А.А.

Бакинский Государственный Университет,
г. Баку, Азербайджан

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы вопросы гидрологической засухи в связи с повышением уровня научных разработок и возросшими требованиями экономики к гидрологическим данным начали привлекать к себе все большее внимание. Сведения о продолжительности гидрологической засухи необходимы при разработке проектов орошения и осушения, водоснабжения, энергетики, оценки качества воды и пр.

В гидрологической литературе под понятием гидрологической засухи понимается период, во время которого естественные расходы реки бывают ниже тех, которые необходимы для водоснабжения и других отраслей хозяйства, связанных с потреблением воды [6].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Водные ресурсы Малого Кавказа ограничены и распределены в течение года неравномерно. В годовом цикле водного режима рек Малого Кавказа выделяются летне-осенние и зимние меженные периоды, которые могут иметь общую продолжительность до 5-6 месяцев. Водность рек в эти периоды невелики и чаще всего составляет 20-30 % годового стока. В формировании меженного стока могут принимать частичное участие (до 10-15%) и поверхностные воды, за счет включения незначительных паводков [3].

Для анализа характеристик меженных периодов на реках изучаемого региона были отобраны пункты, имеющие период наблюдения 10 лет и более.

Для 29 рек были построены комплексные графики, бассейны которых расположены в различных районах и высотных зонах Малого Кавказа. Количество таких пунктов составляет 34. Гидрографы строились для водохозяйственного года, поскольку полностью включались летне-осенние и зимние меженные периоды изучаемых рек. При этом использована методика, разработанная А.М.Владимировым и Ф.А.Имановым [2]. Пример комплексного графика приведен на рис. 1.

Дата начала летне-осенней и зимней межени определялась по комплексным графиком. Было установлено, что средняя продолжительность летне-осеннего меженного периода составляет 72-151 дней, а зимнего – 110-158 дней [5].

Выявление закономерностей пространственного изменения для всех трех временных показателей межени (время начала, конца, продолжительность) были получены и проанализированы в зависимости этих показателей от средней высоты водосбора.

Статистический анализ и обобщение данных о меженных летне-осенних и зимних расходах воды рек Малого Кавказа производился по 42 пунктам, имеющими непрерывный период наблюдений (1925-2007 гг.). Статистический анализ однородности рядов выполнен с помощью критериев Фишера и Стьюдента. Установлено, что 30,5-39,3 % всех исследуемых рядов являются неоднородными по среднему значению [5].

Причиной нарушения однородности по дисперсиям является попадание в один из полупериодов исследуемых рядов нескольких экстремальных величин минимальных расходов воды. Нарушению однородности исследуемых рядов, помимо вполне определенных физических факторов, способствует и хозяйственная деятельность.

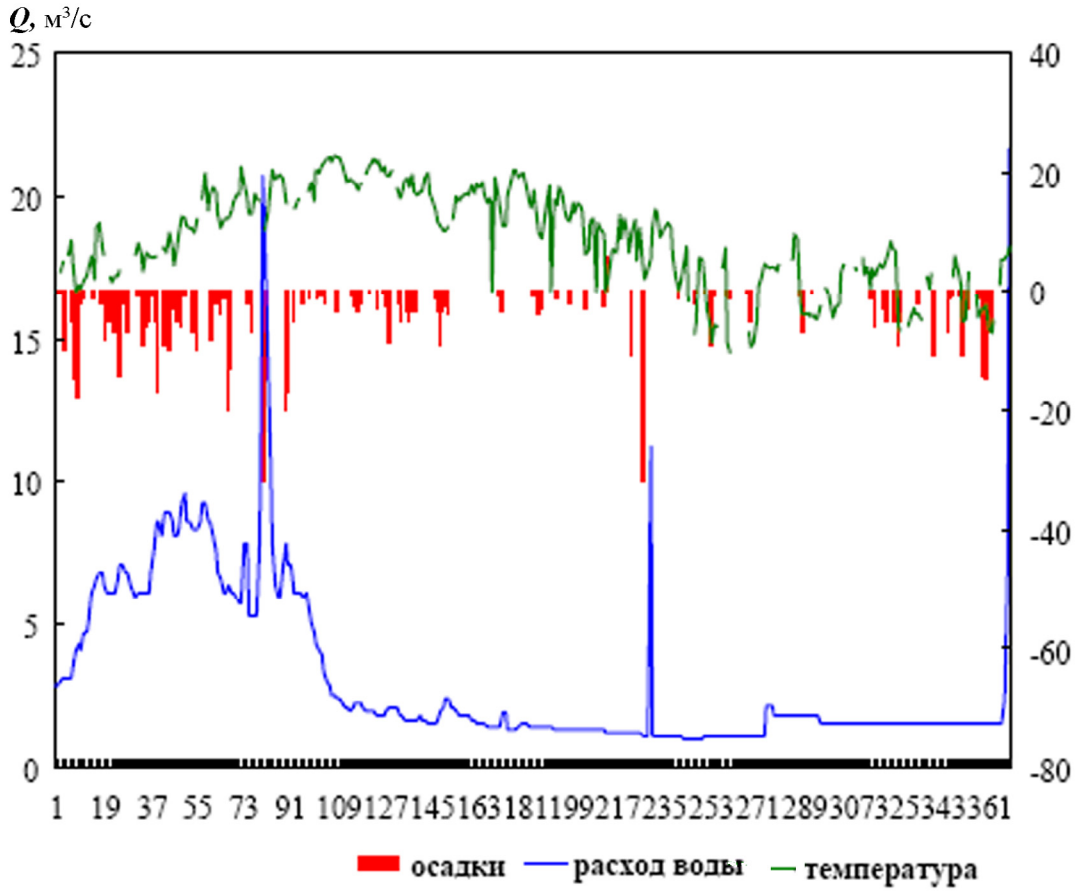


Рис. 1. Комплексный график реки Гянджачай в створе Зурнабад

Таким образом, выполненный анализ статистической структуры многолетних рядов меженного летне-осеннего и зимнего стока горных рек Малого Кавказа показал, что для части рядов гипотеза случайности и стационарности опровергается и они характеризуются значимыми внутрирядными связями. Это обстоятельство должно быть учтено при оценке параметров функций распределения вероятностей минимального стока рек.

Также исследованы цикличность и синхронность многолетних колебаний стоковых характеристик маловодных сезонов. С помощью разностно-интегральных кривых установлено, что анализируемые ряды содержат 35-40 летние циклические составляющие. Анализ синхронности выполнен с помощью корреляционных матриц. Оказалось, что из 45 коэффициентов корреляции лишь один имеет значение больше чем 0,7. Поэтому сделан вывод о невозможности восстановления пропусков в рядах минимального стока рек Малого Кавказа и их удлинения методом гидрологической аналогии [5].

Методом линейного тренда установлено что, характеристики летне-осеннего меженного стока уменьшаются, а зимнего, наоборот, увеличиваются.

Расчет стоковых характеристик гидрологической засухи выполнен для трех случаев: при наличии, недостаточности и отсутствии данных наблюдений.

При наличии данных наблюдений строились эмпирические кривые обеспеченности (ЭКО). Установлено, что ЭКО большинства (около 70%) рек увлажненных районов Малого Кавказа достаточно удовлетворительно согласуются с кривыми трехпараметрического гамма распределения Крицкого и Менкеля.

Статистические параметры рядов летне-осенних и зимних расходов воды рек оценены методом маментов. Для всех рядов были определены обеспеченные значения расходов воды.

При недостаточности данных наблюдений были рассмотрены методы расчета для двух

случаев гидрологической изученности:

1. Продолжительность гидрометрических наблюдений меньше 6 лет;

2. Продолжительность наблюдений 6 лет и более

При недостаточной длине многолетнего ряда определение параметров кривых распределения вероятностей производились стандартными методами гидрологической аналогии, с применением парной и множественной регрессии.

Для расчета стока при недостаточности данных наблюдений был использован метод эпизодических гидрометрических наблюдений. Для анализа было отобрано 10 пунктов, с параллельным периодом наблюдения за минимальными зимними расходами воды с продолжительностью 30 лет. Получены зависимости нормы зимнего минимального стока от модуля зимнего минимального расхода за конкретные годы. Коэффициенты корреляции этих связей достаточно высокие ($r > 0{,}7$). Для каждого створа по величине минимального расхода воды конкретного года были определены значения среднемноголетней величины стока и были рассчитаны нормы минимального стока.

Аналогичные расчеты были выполнены при наличии кратковременных данных наблюдений последовательно за 2, 3, 4, 5 лет. С увеличением числа лет наблюдений средняя квадратическая погрешность расчета нормы минимального стока уменьшается

Возможность этого метода – расчета нормы минимального стока рек, была оценена и на независимом материале. Для реки Тутхун – устье по данным 5-ти лет было определено значение нормы стока по рассмотренной связи и рассчитаны относительные погрешности. Средняя погрешность расчета многолетних значений минимального стока по данным эпизодических измерений расходов воды для данного пункта составляет меньше 15% (таб. 1). Подобные погрешности вполне приемлемы для практических гидрологических расчетов.

Таблица 1

Оценка точности расчета нормы зимнего минимального стока реки Тутхун в устье по зависимости вида $\overline{q} = f(q_i)$ на независимом материале (F = 522 км^2)

Годы	н = 1 год				
	$Q_{\text{год, м}^3/\text{с}}$	$\overline{q}_i$	$\overline{q}$	$\overline{q}_{\text{наб.}}$	δ, %
1964	1,21	2,32	2,91		8,6
1969	1,53	2,93	2,89	2,68	7,8
1974	1,66	3,13	3,12		16,4
н = 2 года					
1964	1,49	2,85	2,85		6,3
1969	1,34	2,57	2,83		5,6
1974	1,80	3,45	3,44		23,4
н = 3 года					
1964	1,52	2,91	2,90		11,6
1969	1,23	2,36	2,85		6,3
1974	1,54	2,95	3,10		15,7
н = 4 года					
1964	1,53	2,93	2,77		3,4
1969	1,41	2,70	3,10		15,7
1974	1,37	2,62	2,93		9,3
н = 5 года					
1964	1,56	2,99	2,88		7,5
1969	1,44	2,76	3,10		15,7
1974	1,24	2,38	2,65		1,1

Для расчета характеристик меженного стока неизученных рек Малого Кавказа получены расчетные зависимости, одновременно учитывающие влияние на величину стока площади водосбора и его средней высоты.

Для расчета характеристик меженного периода неизученных рек Малого Кавказа были выделены 6 гидрологических районов [3].

Анализ зависимости $q = f(H)$ показал, что для некоторых районов, выделенных на территории Малого Кавказа, установлены достаточно тесные связи ($r > 0{,}7$). Для остальных районов $q = f(H)$ эта связь не выявлена. Причина – может быть небольшой диапазон изменения средних высот в гидрологических районах.

Практически для всех районов зависимость $Q = F(H)$ выделяется наиболее отчетливо. Физическое обоснование зависимости минимальных расходов воды от площади водосбора дано А.М. Владимировым и ее аналитическое выражение имеет следующий вид [1]:

$$Q = a \cdot F^n \qquad (1)$$

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

Из-за многофакторности процесса формирования минимального стока использование лишь одного фактора не всегда обеспечивает необходимую точность расходов. Для всех пунктов, выделенных на территории Малого Кавказа, были рассчитаны значения параметра “а” из формулы (1) и для каждого района установлены связи $a = f(H)$.

Зависимость описывается уравнением:

$$a = b \cdot H^m, \qquad (2)$$

где a и m являются районными параметрами.

Для расчета стоковых характеристик гидрологической засухи неизученных рек этих районов рекомендованы формулы вида:

$$Q = b \cdot H^m \cdot F^n. \qquad (3)$$

Таким образом, использование зависимостей (3), одновременно учитывающих влияние средней высоты водосбора и его площади на величину стока, повышает точность расчетов до 10%.

Выполнено также обобщение коэффициента вариации и отношения коэффициентов вариации и асимметрии.

Оценка водных ресурсов рек Малого Кавказа в период гидрологической засухи был произведена по способу суммарного расхода воды [4]. Установлено, что общие водные ресурсы рек Малого Кавказа в период гидрологической засухи составляют 316,7 м^3/с (3,58 км^3). Из-них 205,5 м^3/с (2,72 км^3) приходится на летне-осенний и 111,2 м^3/с (0,86 км^3) на зимний периоды.

Были предложены рекомендации по их рациональному использованию и охране водных ресурсов исследуемого региона.

ВЫВОДЫ

1. Средняя продолжительность летне-осенней гидрологической засухи составляет 72-151 дней, а зимней 110-158 дней;
2. Показано, что для расчета стоковых характеристик гидрологической засухи при недостаточности данных наблюдений с успехом может быть применен метод эпизодических измерений;
3. Предложена расчетная схема для оценки характеристик гидрологической засухи при недостаточности данных наблюдений;
4. Установлено, что общие водные ресурсы рек Малого Кавказа в период гидрологической засухи составляют 316,7 м^3/с (3,58 км^3). Из них 205,5 м^3/с (2,72 км^3) приходится на летне-осенний и 111,2 м^3/с (0,86 км^3) на зимний периоды.

Литература

1. **Владимиров А.М.** Сток рек в маловодный период года. Л.: Гидрометеоиздат, 1976, 295 с.
2. **Владимиров А.М., Иманов Ф.А.** Методика выделения меженных периодов на реках //Вопросы экологии и гидрологические расчеты. С.-Петербург, изд. РГГМИ, 1994-с.71-74.
3. **Иманов Ф.А.** Минимальный сток рек Кавказа. Баку, Изд-во «Нафта-пресс», 2000, 298с.
4. Водные ресурсы Закавказья. Под ред. *Сванидзе Г.Г. и Цомая В.Ш.* Л.: Гидрометеоиздат, 1988, 264 с.
5. **Иманов Ф.А., Гулиева А.А.** Комплексный анализ меженных периодов на реках Малого Кавказа. //Научная конференция “175 лет Гидрометслужбе России – научные проблемы и пути их решения” с участием НГМС стран СНГ. 26-27 мая 2009 г. г. Москва.
6. **Imanov F., Guliyeva A., Rəʒabov R.** Hydrological drought in Azerbaıjan //Natural cataclysms and global problems of the modern cıvılızatıon, Baku-Innsbruck-2007, p. 220-223.

უაკ 551.466

კოლხეთის შელფურ ზონაში სეისმური წარმოშობის ერთეული ტალღების ტრანსფორმაცია

ირინა იორდანიშვილი, კონსტანტინე იორდანიშვილი, ელენე ხოსროშვილი, იაგორ მახარაძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

შავ ზღვაში მიწისძვრების შესახებ პუბლიკაციების განზოგადების საფუძველზე დადგინდა, რომ მიწისძვრებს თან ახლდა ზღვის ერთეული ტალღები – ცუნამი [1]. ცუნამი იაპონური სიტყვაა და ნიშნავს „განსაკუთრებით დიდი ტალღა ნავსადგურში“. ღელვის კერაში წარმოქმნილი ასეთი ტალღა წყლის ზედაპირზე გარდაიქმნება და ვრცელდება დაბალი სიხშირის გრძელი გრავიტაციული ერთი ტალღის სახით, რაც იწვევს დამანგრეველ შედეგებს და ადამიანთა მსხვერპლს.

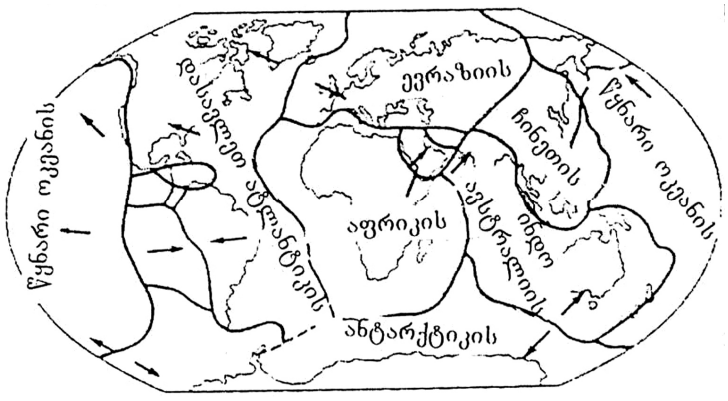
ძირითადი ნაწილი

შავი ზღვის აუზი მდებარეობს დედამიწის ლითოსფერული ფილების შეერთების ადგილზე. ამასთან, მათი სტრუქტურები განიცდის სხვადასხვა მიმართულების ტექტონიკურ მოძრაობას: აქ ასევე ვლინდება გასწვრივი გადანატეხები, რაც ხელს უწყობს თანამედროვე გეოლოგიური პროცესების განვითარებას და სეისმურ აქტივობას (ნახ. 1).

მიწისძვრების შედეგად აღნიშნული იყო შელფის უბნების აწევა 15 მ-მდე. ამჟამად, შავი ზღვის აუზის სეისმურობა 7-8 ბალს აღწევს.

სანაპირო ზონაში შეინიშნება ცუნამის სხვადასხვა ტიპის ტალღები: ერთეული ან განცალკევებული ტალღები, რომლებიც მიწისძვრის კერაში შეიძლება გამოხატულ იქნეს დონის მკვეთრი აწევის ან დაწევის, ან ნაპირთან დადებითი, ან უარყოფითი ფაზით გამოსული ერთი ტალღის სახით. შავ ზღვაზე ცუნამის ტალღების მონაცემები სუსტად არის შესწავლილი და შემოიფარგლება რამდენიმე დაკვირვებით, როდესაც ცუნამის სიმაღლე სანაპირო ზონაში აღწევდა 6,5 მ-მდე (ცხრ. 1) [1, 2, 4].

საზღვაო ჰიდროტექნიკური ნაგებობების დაპროექტებისას არ არის გათვალისწინებული შავი ზღვის აუზში ცუნამის საშიშროება. არსებული ნორმატიული დოკუმენტების შესაბამისად, დატვირთვა ნაპირდამცავ ნაგებობაზე გამოითვლება ქარისმიერი ტალღების ზემოქმედებისაგან, რომელთა მაქსიმალური პარამეტრები შავი ზღვის აღმოსავლეთ სანაპირო ზონაში შეადგენს: ერთპროცენტიანი უზრუნველყოფის ტალღის სიმაღლე – 6,0 მ, საშუალო სიგრძე – 150 მ.



ნახ. 1. დედამიწის ლითოსფერული ფილები

ცხრილი 1

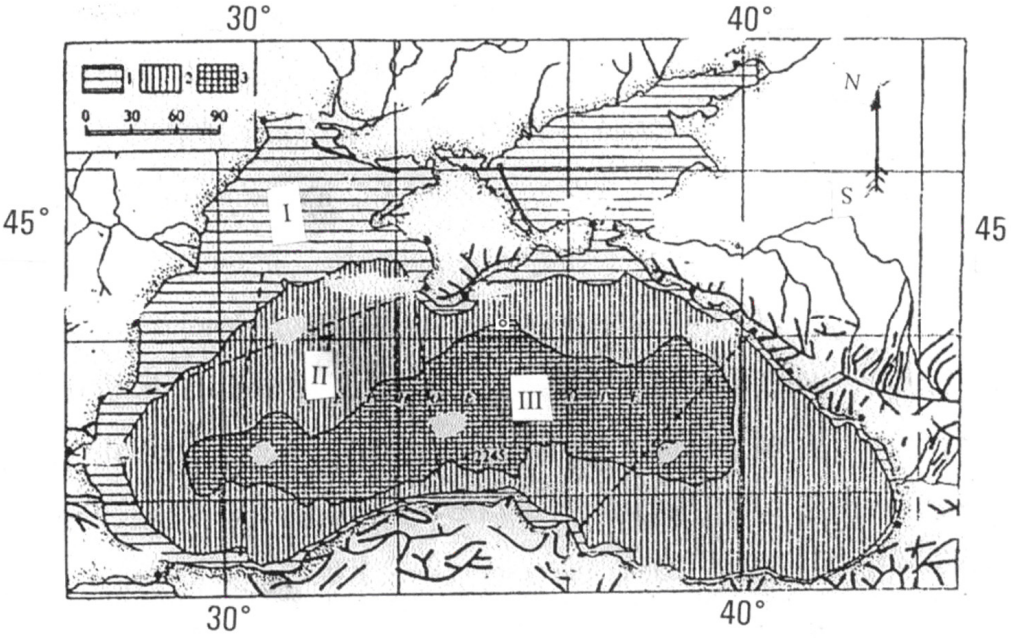
ცუნამის ტალღებზე დაკვირვება შავი ზღვის სანაპიროსთან

№	ცუნამის ტალღის სიმაღლე, მ	დაკვირვების პუნქტი	რეგისტრაციის თარიღი
1	2	3	4
1	4,0 – 5,0	იდიოკოპასის კონცხი (რუსეთი)	08.04.1909 წ.
2	3,0	იალტა	1927 წ.
3	1,0	ფათსის ყურე (თურქეთი)	29.12.1939 წ.
4	6,0	კოლხეთის სანაპირო ზონა (საქართველო)	08.2004 წ.
5	7,0	კოლხეთის სანაპირო ზონა (საქართველო)	08.09.2006 წ.

საზღვაო ჰიდროტექნიკური ნაგებობების დაპროექტებისას არ არის გათვალისწინებული შავი ზღვის აუზში ცუნამის საშიშროება. არსებული ნორმატიული დოკუმენტების შესაბამისად, დატვირთვა ნაპირდამცავ ნაგებობაზე გამოითვლება ქარისმიერი ტალღების ზემოქმედებისაგან, რომელთა მაქსიმალური პარამეტრები შავი ზღვის აღმოსავლეთ სანაპირო ზონაში შეადგენს: ერთპროცენტიანი უზრუნველყოფის ტალღის სიმაღლე – 6,0 მ, საშუალო სიგრძე – 150 მ.

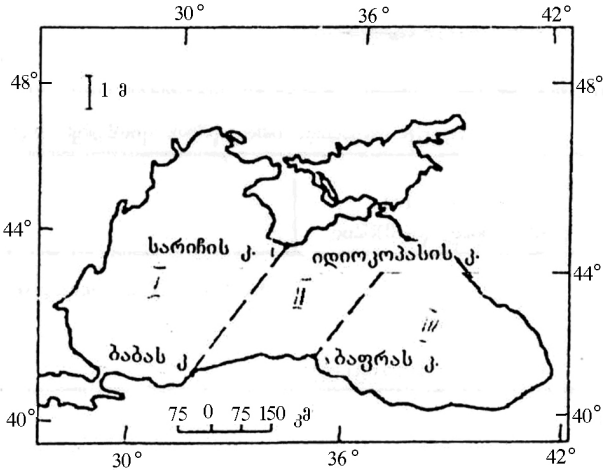
ცუნამის ტალღების სიმაღლე ქარისმიერი ტალღების გამოთვლილი სიმაღლის თანაზომადია, მაგრამ ამ ტალღების სიგრძე, პერიოდი და გავრცელების სიჩქარე რამდენიმე რიგით მაღალია, ვიდრე ქარისმიერი ტალღების ანალოგიური მახასიათებლები [6,7]. სიგრძეთა მნიშვნელოვანი სიდიდეები და ცუნამის სწრაფი გავრცელება განაპირობებს მის დამანგრეველ ზემოქმედებას სანაპირო ზონაზე. შავი ზღვის სანაპირო ზოლში ტალღებზე დაკვირვების შეფასებით, მათ პარამეტრებს ჰქონდა შემდეგი მნიშვნელობები: სიმაღლე – 7,0 მ-მდე, სიგრძე – 45-110 კმ ცუნამის გავრცელების 120-400 კმ/სთ სიჩქარისას. ცუნამის ყველაზე მეტი საშიშროების ადგილად ითვლება აღმოსავლეთ სანაპირო – რუსეთისა და საქართველოს ნავსადგურების განლაგების რაიონები (ნახ. 2).

იმის გათვალისწინებით, რომ როგორც არსებული, ისე დაპროექტების სტადიაში საზღვაო პორტების ტერიტორიის ნიშნული არ აღემატება 2,8-3 მ-ს, 3 მ-ზე მეტი სიმაღლის ცუნამის ზემოქმედება შეიძლება კატასტროფული აღმოჩნდეს. კოლხეთთან კატასტროფული ცუნამის წარმოქმნის ალბათობის



ნახ. 2. შავი ზღვის მორფოლოგიური დახასიათება. I – კონტინენტური მეჩეჩი (შელფი); II – კონტინენტური ფერდი; III – ქვაბულის ტაფობი

დასაბუთებული განსაზღვრის საკითხი მეტად აქტუალურია, რადგან შავი ზღვა მდებარეობს აქტიურ სეისმურ ზონაში, დედამიწის ქერქის ტექტონიკური გადანატეხების ხაზთან ახლოს. შავი ზღვის აკვატორიაში შეიძლება გამოიყოს სეისმურად საშიში სამი რაიონი: დასავლეთი (I), ცენტრალური (II) და აღმოსავლეთი ნაწილი (III) (ნახ. 3). ამ ზონებში ძლიერი მიწისძვრების ინტენსივობა აღემატება 6,5 ბალს რიხტერის სკალით, ხოლო კატასტროფულის ტოლია ან აღემატება 7,5 ბალს.



ნახ. 3. შავი ზღვის აკვატორიის დარაიონება ტექტონიკური ზონების და ფსკერის რელიეფის გათვალისწინებით

კავკასიის სანაპიროზე, შლამიანი დანალექით დაფარულ წყალქვეშა კანიონების ფერდებზე 6,5 ბალზე ნაკლები ინტენსივობის საშუალო და სუსტი ბიძგების დროსაც კი წარმოიქმნება მეწყრები, რის შედეგად ასევე შეიძლება წარმოიქმნას ცუნამის ტალღები.

ცუნამის ტალღების ელემენტების გაანგარიშებისას ძალიან ძნელია მათი განსაზღვრა მიწისძვრების კერებში. იშვიათი განმეორებადობის ცუნამის საიმედო მოსალოდნელი (რეჟიმული) მახასიათებლების მისაღებად აუცილებელია ხელთ გვქონდეს საკმაოდ ხანგრძლივი, ათასწლეულობით დაგროვილი სტატისტიკური რიგი. შავ ზღვაში ცუნამის სისტემატური დაკვირვებები დაიწყო იალტის მიწისძვრის შემდეგ, 1927 წელს. შავი ზღვის აკვატორიისათვის დამახასიათებელია ორი ტიპის ცუნამი: მიწისძვრის კერაში და მის მახლობლად, მიწისძვრის კერიდან მოშორებით.

პირველი ტიპის ცუნამის შემთხვევაში, ადგილი აქვს დონის მკვეთრ ცვლილებას; კერის რაიონში დროის მცირე მონაკვეთში (1-2 წთ) წარმოიქმნება ერთეული ტალღა, რომლის მაქსიმალურმა სიმაღლემ შეიძლება 3-5 მ-ს მიაღწიოს. ამ სახის მოვლენის განმეორებადობის პერიოდი შეადგენს დაახლოებით 1000 წელს. მეორე ტიპის ცუნამის დროს, კერიდან დაშორებასთან ერთად წარმოიქმნება ტალღების ჯგუფი, რომელიც წარმოადგენს ერთეული ტალღის ტრანსფორმაციის შედეგს პროცესის დისიპაციური თვისებების გამო. ცუნამის მაქსიმალური შესაძლო სიმაღლეების გაანგარიშების შედეგების შედარება საკმაოდ იდენტურია [2]. შავი ზღვის ფიზიკურ-გეოგრაფიული თავისებურებანი აშკარად განაპირობებს ცუნამის ტალღების წარმოქმნასა და განვითარებას. შავი ზღვა შეადგენს ხმელთაშუა ზღვის რომანულ ნაწილს და აქვს მასთან საერთო წარმოშობა. მისი ყველაზე დიდი სიღრმე 2245 მ-ია, ხოლო საშუალო სიღრმე სხვადასხვა ავტორების მონაცემებით, 1271-დან 1301 მ-მდეა. შავი ზღვის წყალშემკრები აუზის ფართობი ორი კონტინენტის – ევროპის და აზიის მდინარეებით – დაახლოებით 2 500 000 კმ^2-ია. შავი ზღვის წინამორბედი აუზების მოხაზულობის მრავალჯერადი ცვლილება, სხვა აუზებთან კავშირის წარმოქმნა და შეწყვეტა აისახა დღევანდელი სანაპირო ზოლის გეომორფოლოგიაზე და ფსკერის რელიეფზე, წყლების თანმიმდევრულ დამარილიანებასა და გამტკნარებაზე.

შავი ზღვის სანაპიროს კლიმატი ხასიათდება არცთუ ისე ცივი ზამთრით და შედარებით ცხელი ზაფხულით. კლიმატის ფორმირებაზე უშუალოდ ზღვაზე არსებით გავლენას ახდენს ატმოსფერული ცირკულაცია.

მაშინ როდესაც ყველა ოკეანეს და ზღვების უმრავლესობას აქვს თითქმის ერთნაირი და ძალიან მაღალი მარილიანობა (35%), შავ ზღვაში ის ორჯერ დაბალია (18%). ეს აიხსნება წყალსატევის ჰიდროლოგიური თავისებურებებით, და ყველაზე უფრო მისი წყლის მასის ფორმირებით, მისი სტრუქტურით და დინამიკით. შავი ზღვის წყლების დაბალი მარილიანობა განაპირობებს ცუნამის ტალღის წყლის მასის გადასატანად საჭირო ენერგიის უფრო ნაკლებ რაოდენობას,

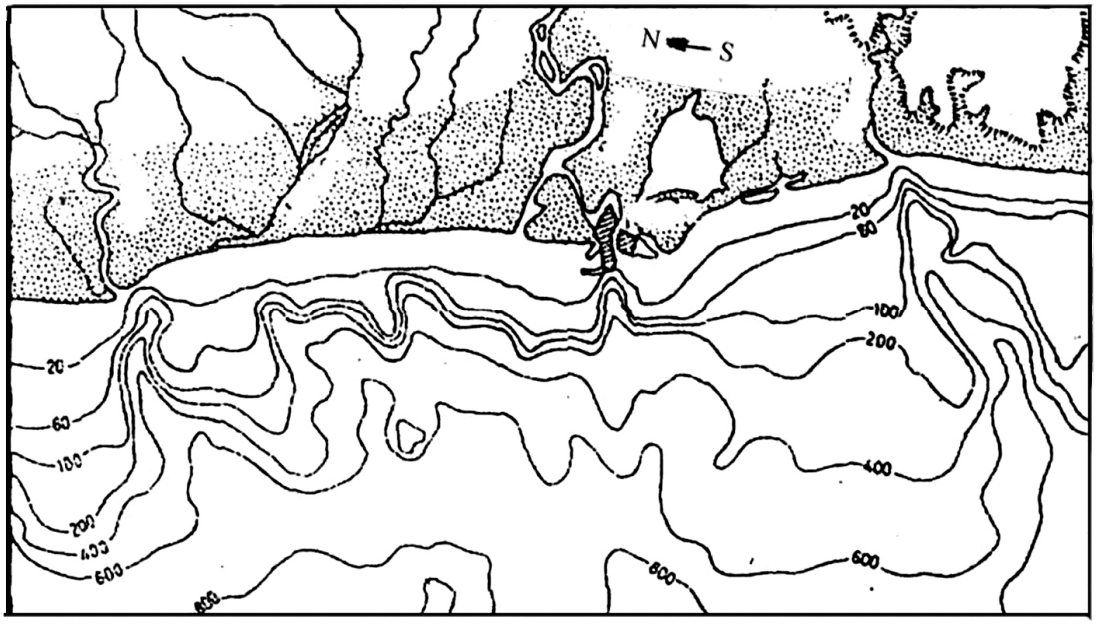
ვიდრე ოკეანეში. წყლის მოქცევა და უკუქცევა შავ ზღვაზე მცირეა – იგი რეგისტრირდება მხოლოდ ხელსაწყოებით.

ვერტიკალზე მარილიანობისა და წყლის ტემპერატურის თავისებური განაწილების შედეგად წყლის სიზრქეს შავ ზღვაში აქვს განსაკუთრებული სტრუქტურა: მისი ზედა ფენა – ზედაპირიდან 200 მ-მდე – შეიცავს ჟანგბადს, ქვედა ფენაში – 200 მ-ზე მეტ სიღრმეზე – ჟანგბადი ქრება და წარმოიქმნება გოგირდწყალბადი. წყლის განშრევება მკვეთრად აისახება სხვა ჰიდროლოგიურ მაჩვენებლებზე, ვერტიკალზე პლანქტონისა და ბენტოსის განლაგებაზე. დედამიწაზე არ არსებობს სხვა ზღვა წყლის ასეთივე განშრევებით. კოლხეთის ნაპირების გასწვრივ შელფის ცალკეული უფრო ფართო უბნები დასერილია წყალქვეშა ხევებით (ნახ. 4).

კავკასიის ნაპირთან შელფი წარმოდგენილია ვიწრო წყვეტილი ზოლით, რომელიც უახლოეს გეოლოგიურ წარსულში ვაკე იყო. ამას ადასტურებს დაბლობები, რომლებიც წარმოადგენს თანამედროვე მდინარეების ხეობების გაგრძელებას. კოლხეთის შელფის თავისებურება აშკარად ახდენს გავლენას ცუნამის განვითარებაზე. შელფის ვიწრო თავთხელ უბანზე გამოსვლისას, ცუნამის ტალღა „შეიგრძნობს ფსკერს“, ამუხრუჭებს თავის მოძრაობას, რის შედეგადაც მისი სიმაღლე მკვეთრად იზრდება. თურქეთის შელფთან მიწისძვრით გამოწვეული ასეთი ტალღა გავრცელდა კოლხეთის სანაპიროსკენ და დაფიქსირდა კოლხეთის სანაპიროზე 2006 წლის აგვისტოში და 2007 წლის სექტემბერში. ცუნამს ჰქონდა ტალღების ჯგუფის სახე, რომლებიც პროცესის დისიპაციური თვისების გამო წარმოადგენდა ერთეული ტალღის ტრანსფორმაციის შედეგს, რომელთა შორის პირველ ტალღას ჰქონდა 6 მ-მდე სიმაღლის ერთეული ტალღის სახე, და მას ნაპირზე გამოჩენამდე თან ახლდა ზღვის დონის მკვეთრად დაწევა 2,5÷3 მ-ით. ამ მოვლენამ, რომელიც შუაგულ საბანაო სეზონში მოხდა, იმსხვერპლა რამდენიმე ადამიანის სიცოცხლე, მომსკდარმა ტალღამ დატბორა სანაპირო ზოლი, მწყობრიდან გამოიყვანა რიგი კომუნიკაციები და სხვადასხვა დანიშნულების ნაგებობები. ცუნამის ტალღების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ნაპირთან ახლოს ტალღების მკვეთრი გაძლიერება ხდება, როდესაც ტალღის სიმაღლე (h) იზრდება სიღრმის (d) შემცირებასთან ერთად სწრაფად, ვიდრე **გრინის** კანონით

$$h \sim d^{-1/4}. \qquad (1)$$

ასეთი სიტუაცია რეალიზდება ერთეული ტალღის – სოლიტონის ტიპის არაწრფივი ტალღებისათვის, რომლებისთვისაც $h \sim d^{-1}$ [5]. ეს შედეგი, მიღებული **კორტევეგ-დე-ვრიზის** განტოლების ჩარჩოებში, მართებულია მხოლოდ მცირე ამპლიტუდის შემთხვევაში



ნახ. 4. შავი ზღვის კავკასიის სანაპიროს სქემა

($h << d$); ამიტომ აუცილებელია მისი დაზუსტება ტალღებისათვის სანაპირო ზონაში, სადაც ტალღის სიმაღლე მნიშვნელოვანია. ენერგეტიკული ბალანსის განტოლების საფუძველზე გამოვთვალოთ: 1) თავისუფალი ამპლიტუდის ერთეული ტალღის სიმაღლის ცვლილება (მაგრამ უფრო ნაკლები, ვიდრე კრიტიკული, რომლის დროსაც ტალღა ჩამოიქცევა) ფერდზე სიღრმის მდორე ცვლილებით; 2) ზღვის სიღრმე და ტალღის სიმაღლე, რომლის დროსაც ის ჩამოიქცევა.

ცხადია, კოლხეთის სანაპირო ზონაში ტალღის ყველაზე უფრო მეტად გაძლიერებას უნდა ველოდოთ სიღრმის საკმაოდ მდორე ცვლილებისას, როდესაც შელფიდან უკუგდება შეიძლება უგულებელვყოთ (ვთვლით, რომ წყლის სიმკვრივე მუდმივია). ამჟამად მსგავსი მეთოდები გავრცელებულია არაწრფივ თეორიაში, იგი გამოიყენება გრძელი ტალღების ანალიზის დროს და გამოსახულია **კორტევეგ-დე-ვრიზის** განტოლებით [3, 5]. ცუნამის ტალღებისათვის მთლიანი ენერგიის მუდმივობის განტოლებას ექნება სახე

$$E = \frac{1}{2}\rho \int_{-\infty}^{\infty} dx \left[g\eta^2 + \int_{-d}^{\eta} U^2 dz \right] = const , \qquad (2)$$

სადაც η არის თავისუფალი ზედაპირის ამაღლება; ρ – წყლის სიმკვრივე; g – სიმძიმის ძალის აჩქარება; x – ჰორიზონტალური და z – ვერტიკალური კოორდინატი.

(2)-ის გამოყენებისას ძირითადი სირთულე მდგომარეობს კავშირის დამყარებაში ტალღის ენერგიასა (E) და მის სიმაღლეს (h) შორის (d) სიღრმის დროს. კერძოდ, გრძელი ტალღების წრფივ თეორიაში

$$\eta = h \cdot f(x/\lambda); \quad U_x = \sqrt{\frac{g}{d}}\,\eta;$$

$$U_z << U_x; \quad \lambda = \sqrt{gd}\;T , \qquad (3)$$

სადაც f ნებისმიერი უგანზომილებო ფუნქციაა, რომელიც გამოსახავს ტალღის ფორმას მისი შეშფოთებისას;
T – პერიოდი.

(3)-ის (2)-ში ჩასმით, ენერგიისათვის ვღებულობთ

$$E = \rho g h \sqrt{gd}\;T \int_{-\infty}^{\infty} f^2(\xi) d\xi \sim h d^{\frac{1}{2}} , \qquad (4)$$

ერთეული ტალღისათვის

$$\eta = h \cdot \sec h^2 \frac{x}{\lambda_c}; \quad U_x \approx \sqrt{\frac{g}{d}}\,\eta;$$

$$U_z << U_x; \quad \lambda_c = d\sqrt{d/h} . \qquad (5)$$

მაშინ ერთეული ტალღის ენერგია იქნება:

$$E = \frac{8}{3\sqrt{3}} \rho g h^{3/2}\, d^{3/2} \sim (h \cdot d)^{3/2} , \qquad (6)$$

საიდანაც ვღებულობთ გრინის „არაწრფივ“ კანონს [5]:

$$h = h_0 (d/d_0)^{-1} , \qquad (7)$$

სადაც h_0 ტალღის საწყისი სიმაღლეა d_0 სიღრმეზე.

ნებისმიერი ამპლიტუდის განცალკევებული ტალღის, კერძოდ ცუნამის ტალღის, ტრანსფორმაციის გამოკვლევისათვის აუცილებელია ვიცოდეთ კავშირი ტალღის ენერგიასა და მის სიმაღლეს შორის. ამ კავშირს ვიპოვით მეთოდით, რომელიც დამყარებულია გამწკრივებაზე პარამეტრის მიხედვით $\varepsilon = h/d$ და შემდგომ შეჯამებაზე [8].

$\widetilde{E} = E/\rho g d^3$ დამოკიდებულება (ε)-სგან მოცემულია მე-5 ნახაზზე.

$0{,}1 < \varepsilon < 0{,}57$ დიაპაზონში ეს დამოკიდებულება შეიძლება წარმოვადგინოთ მარტივი ინტერპოლირებადი ფუნქციის სახით

$$\widetilde{E} = (1{,}86 \pm 0{,}04)\,\varepsilon^{(1{,}5 \pm 0{,}01)} . \qquad (8)$$

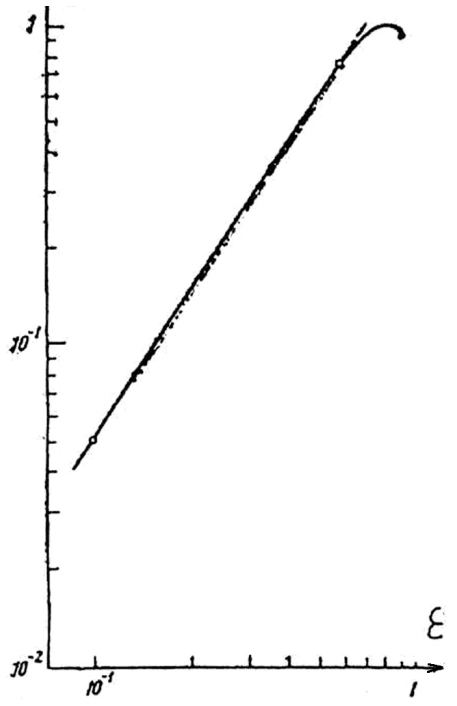
მცირე ამპლიტუდის ტალღებისათვის (6)-დან, ვღებულობთ

$$\widetilde{E} = \frac{8}{3\sqrt{3}} \varepsilon^{1,5} = 1{,}54\,\varepsilon^{1,5} . \qquad (9)$$

მაშასადამე, (ε)-ს ხარისხები ნაკლებად განსხვავდება ერთმანეთისგან, რაც მიუთითებს გრინის არაწრფივი კანონის შესაძლო გამოყენებაზე მნიშვნელოვანი სიმაღლის ტალღებისათვის. სიღრმის ცვლილებით ტალღის ტრანსფორმირებადი სიმაღლე გამოითვლება ფორმულით, რომელიც მიიღება (2)-დან და ($\widetilde{E}$) და (ε)-ის გამოსახულებიდან

$$\widetilde{E}(\varepsilon) = E_0 / \rho g d^3; \quad \varepsilon = \frac{h}{d} , \qquad (10)$$

სადაც E_0 ტალღის საწყისი ენერგიაა.



ნახ. 5. ცუნამის ტალღის ენერგიის დამოკიდებულება ტალღის სიმაღლეზე, უგანზომილებო ერთეულებში

გამოთვლების შედეგები მოცემულია ნახ. 6-ზე.

$1 - h/h_0 = (d/d_0)^{-1}$ კანონის მიხედვით;

2 – (11) ფორმულით, $h_0/d_0 = 0{,}1$ დროს;

3 – (11) ფორმულით, $h_0/d_0 = 0{,}43$ დროს.

თუ (ε) მცირე მნიშვნელობებისათვის ტალღის სიმაღლე (h) კარგად გამოიხატება (7) ფორმულით, დიდი მნიშვნელობებისათვის ($0{,}1 < \varepsilon < 0{,}57$) (10)-ის ჩასმით (8)-ში, ვღებულობთ ფორმულას

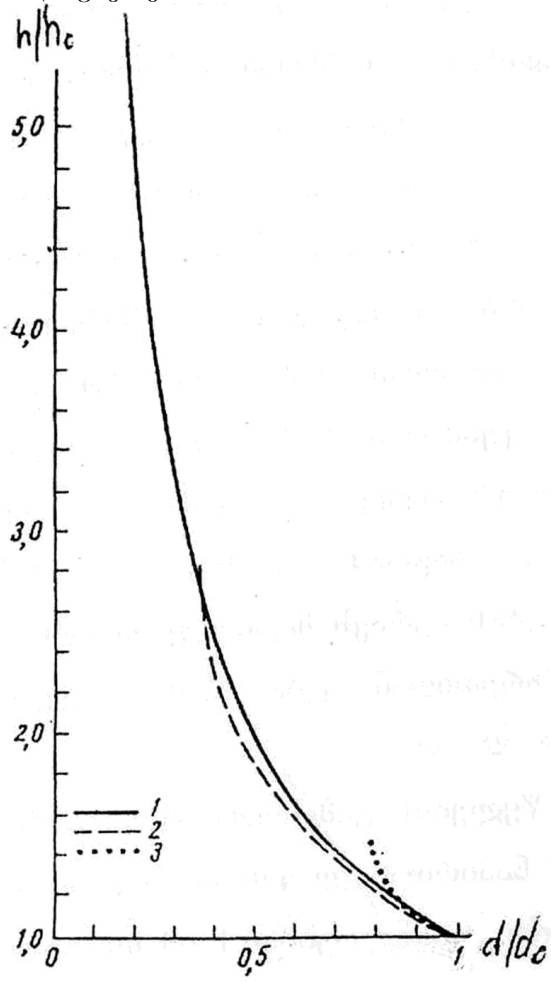
$$h = h_0 (h/d_0)^{-(0{,}91\pm 0.01)}. \qquad (11)$$

როდესაც $\varepsilon < 0{,}1$, $h = f(d)$ დამოკიდებულება შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$E(\varepsilon) = \left(\frac{d}{d_0}\right)^{-2} \frac{E(\varepsilon_0)}{\varepsilon_0^2}; \qquad (12)$$

$$E(\varepsilon) = \varepsilon + 0{,}35\varepsilon^2 - 0{,}294\varepsilon^3$$

დამოკიდებულება მიღებულია (E)-ში $/\varepsilon^3/$-ზე ნაკლები წევრების დატოვებით, თუმცა ფორმულა შეიძლება მართებული იყოს (ε)-ის დიდი მნიშვნელობების დროსაც 0,3-მდე; მაგრამ მის მიხედვით გართულებულია გამოთვლა, რადგან ($E(\varepsilon)$) მესამე ხარისხის პოლინომია. როდესაც $\varepsilon > 0{,}57$, ტალღის სიმაღლე სწრაფად იზრდება და ტალღა ჩამოიქცევა. ამასთან, ტალღის სიმაღლის ცვლილება შეადგენს 30%-ზე ნაკლებს. მე-6 ნახაზიდან ჩანს, რომ $0{,}1 < \varepsilon < 0{,}57$ დროს, ცვლილება ნელია და ამიტომ ერთეული ტალღის სიმაღლის ტრანსფორმაცია სიღრმის ცვლილებისას ახლოსაა **გრინის** „არაწრფივ“ კანონთან.



ნახ. 6. ტალღის სიმაღლის ცვლილება წყლის სიღრმეზე დამოკიდებულებით

1 – $h/h_0 = (d/d_0)^{-1}$ კანონის მიხედვით;

2 – (11) ფორმულით, $h/d_0 = 0{,}1$ დროს;

3 – (11) ფორმულით, $h/d_0 = 0{,}43$ დროს

ერთეული ტალღის ჩამოქცევის დაწყების სიღრმეს ($d_{კრ}$) და მის სიმაღლეს ($h_{კრ}$) ვიპოვით (10)-დან

$$d_{კრ} = \sqrt[3]{\frac{E_0}{\rho g \tilde{E}(\varepsilon_{კრ})}} \sim E_0^{1/3}; \quad h_{კრ} = \varepsilon_{კრ} \cdot d_{კრ}. \qquad (13)$$

თუ დავუშვებთ, რომ მიწისძვრის კერასთან ახლოს ცუნამის ტალღის სიმაღლე $h_0 \sim 1 \div 2$ მ-ია, სიღრმე $d_0 \sim 100 \div 1000$ მ, $\varepsilon_0 \sim 10^{-3} \div 10^{-2}$, საწყის სტადიაში (დიდ სიღრმეებზე) შეიძლება ვისარგებლოთ (5) ფორმულით. მაშინ E_0-ს გამოთვლით (6)-ის მიხედვით, ($d_{კრ}$) და ($h_{კრ}$)-სთვის მივიღებთ შემდეგ გამოსახულებებს:

$$d_{კრ} = \sqrt{d_0}\, h_0 \left[\frac{4}{3\tilde{E}(\varepsilon_0)}\right]^{1/3} = 1{,}15\sqrt{h_0 / d_0}\,. \quad (14)$$
$$h_{კრ} = \varepsilon_{კრ} h_{კრ} = 0{,}9\sqrt{h_0}\, d_0$$

გრინის „არაწრფივი“ კანონის შეზღუდვისას ჩამოქცევის პირობით $\varepsilon = \varepsilon_{კრ}$, მივიღებთ $d_{კრ} = \sqrt{d_0 \cdot h} \approx 1/\sqrt{\varepsilon_{კრ}} \approx 1{,}13$, რაც ემთხვევა (14)-ს.

მაგალითი. თუ $d_0 = 50$ მ სიღრმეზე ტალღას ჰქონდა სიმაღლე $h_0 = 1{,}0$ მ, მაშინ (14) ფორმულის მიხედვით, სანაპიროზე $d_{კრ} = 8{,}0$ მ სიღრმეზე $h_{კრ} = 6{,}3$ მ; რაც სავსებით შეესაბამება ქობულეთის რაიონში სანაპიროზე დაფიქსირებულ ტალღას (2006 წ.), რომელსაც 6 მ სიმაღლე ჰქონდა. აქვე აუცილებელია აღინიშნოს, რომ **გრინის** „არაწრფივი“ კანონის მიხედვით გაანგარიშებები ნაკლებად განსხვავდება: $d_{კრ} = 7{,}8$ მ; $h_{კრ} = 6{,}0$ მ.

დასკვნა

ამგვარად, პრაქტიკული ანგარიშებისათვის $h \sim d^{-1}$ დამოკიდებულებით შეიძლება ვისარგებლოთ ტალღების მნიშვნელოვანი სიმაღლეების დროს, კერძოდ, ცუნამის ტალღების გაანგარიშებისას.

ლიტერატურა

1. **Григораш З.К., Корнеева Л.А.** Волны цунами, сопровождающие Анапское землетрясение, 12 июня 1966. //Океанология. Вып. 6. М.,1969
2. **Григораш З.К., Корнеева Л.А.** Карты волнового поля и энергия цунами в Черном море. //Изв. АН СССР, т. 8, вып. 5. М., ФАО, 1972.
3. **Доценко С.Ф.** Оценка уровня цунамоопасности Черного моря. //Вестник Московского Университета. Сер. 3. Физика. Астрономия. №4, М., 1998.
4. **Иорданишвили И.К., Надибаидзе В.Ш.** Деливеляционные явления у Колхидского побережья Черного моря. //Экологическая устойчивость, безопасность, надежность. Сб.научн.ых трудов института Грузгидроэкология. Тбилиси, 2003. с. 61-65.
5. **Иорданишвили И.К.** Прогноз волнения на акватории Черноморского порта. //Экологическая безопасность, устойчивость и надежность водохозяйственных и гидромелиоративных объектов. Сб.научных трудов института Грузгидроэкология. Тбилиси, 2005, с. 69-78.
6. **Литвиненко Г.И., Стрекалов А.А.** Параметры и характеристики низкочастотных волн сеисмического происхождения на Черном море. //Гидротехническое строительство, №7, М., 2001.
7. **Николаев А.А.** Цунами на берегах Черного и Азовского морей. //Физика земли, №1, М., 1997.
8. **Lonquett-Higgins M.S.** On the mass, momentum, energy and circulation of a solitary wave. P. 2. Proc. Roy. Soc. London, A, 337. 1974.

უაკ 624.137.5

ეროზირებული ფერდობის გასამაგრებელი საინჟინრო ღონისძიებების შემუშავება

ინგა ირემაშვილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

საქართველოს ტერიტორია ხასიათდება რთული საინჟინრო-გეოლოგიური და გეომორფოლოგიური პირობებით, მრავალგვარი ნიადაგმცენარეული საფარით, ცვალებადი კლიმატური ზონებით, 8-9 ბალიანი სეისმურობით.

მშენებლობის დამთავრების შემდეგ მიწის საფარის ეროზიისგან დაცვა წარმოადგენს სამშენებლო სამუშაოთა დამამთავრებელ ეტაპს, განსაკუთრებით მთისა და მთისწინა რეგიონებისათვის. ეროზიისაგან დამცავი ღონისძიებების ჩაუტარებლობამ მოშანდაკებულ ტერიტორიაზე შეიძლება გამოიწვიოს გრუნტის გალბობა და ჯდენა, ნიადაგის ნაყოფიერების დაკარგვა და სხვა მავნე ეკოლოგიური პროცესები. დიდ ფართობზე ან გავრცობად ტერიტორიაზე მშენებლობისას (გზების მშენებლობა) კი შეიძლება გამოიწვიოს ეკოლოგიური ბალანსის საგრძნობი დარღვევა.

განსაკუთრებით დიდია ეროზიის ინტენსივობა ყრილისა და ქვაბულების ფერდოებზე წვიმის დროს ზედაპირული წყლის დინების დიდი სიჩქარისა და ქარის ზემოქმედების გამო.

ძირითადი ნაწილი

ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებების შერჩევა უნდა მოხდეს ადგილმდებარეობის პირობების, მდგომარეობისა და ეროზიის ხარისხის გათვალისწინებით. ჩატარებული ღონისძიებები არ უნდა იწვევდეს არსებული ეკოლოგიური პირობების შეცვლას.

ფერდობების ადგილობრივი მდგრადობის შენარჩუნების მხრივ ძირითად სამოქმედო ღონისძიებად შეიძლება ჩაითვალოს მათი ზედაპირების გამაგრება. არჩეულმა და გატარებულმა ღონისძიებებმა უნდა შეაჩეროს ან შეწყვიტოს (ან ჰქონდეს ორმაგი ეფექტი) დეფორმაციის, ლოკალური ჩამოხეთქვა-მოხლეჩვის, ჩამოცოცება-ჩამოწოლის და ეროზიის განვითარების პროცესები.

შესრულებულმა დამცავმა და საიზოლაციო სამუშაოებმა უნდა უზრუნველყოს ფერდობის ზედაპირული ფენის იზოლირება ტემპერატურული და ატმოსფერული ზემოქმედების მავნე მოვლენებისგან დასაცავად. 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 იყოს გამოფიტვის და ეროზიის გამოსარიცხი პირობების შესაქმნელად.

იმ შემთხვევებში, როდესაც საავტომობილო გზა გადის მდგრადი ფერდობის ფარგლებში, დამცავი და გამამაგრებელი ღონისძიებების მიზანია არ დავუშვათ ეროზიის განვითარება საავტომობილო გზის მიწის საფარისა და უბნის დახრის ურთიერთქმედების სფეროს საზღვრებში. ამისათვის განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ფერდობის ქვედა ნაწილისა და მიწის საფარის ზედა ფერდის შეუღლების ადგილს.

პროექტი განხორციელდა საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის (**გრანტი №GNSF/ST07/8-275**) ფინანსური მხარდაჭერით. წინამდებარე პუბლიკაციაში გამოქვეყნებული ნებისმიერი მოსაზრება ეკუთვნის ავტორს და შესაძლოა არ ასახავდეს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ინტერესებს. ავტორი მადლობას უხდის გრანტის შემსრულებლებს დაუღალავი შრომისა და დახმარებისთვის.

ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებების დაპროექტებას საფუძვლად უნდა დაედოს:

– იმ კონკრეტული მასივების ნიადაგ-ლითოლოგიური, კლიმატური და გეომორფოლოგიური მახასიათებლები, სადაც ჩატარდა სამშენებლო სამუშაოები ან ტერიტორია იკვეთება ხაზოვან-გრძივი ობიექტებით;

– შერჩეული ღონისძიებების მახასიათებლები – მეთოდი, ტიპი, სამშენებლო პროცესების თანმიმდევრობა, ექსპლუატაციის პირობები და სხვ.;

– შერჩეული ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშება.

ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებების დაპროექტებისას მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული ის, რომ მშენებლობის შედეგად შექმნილი შეყურსული ან გრძივი ნაგებობები – გზები, გაზ-, ნავთობ-, წყალსადენები, საკომუნიკაციო და ელექტრომომარაგების სისტემები მშენებლობის დამთავრების შემდეგ შეადგენს ათვისებული ტერიტორიის შემადგენელ ნაწილს, რამაც ადგილობრივი პირობების თავისებურებებიდან გამომდინარე, დიდი გავლენა უნდა იქონიოს ეკოლოგიურ ბალანსზე.

ერთ-ერთი ძირითადი ღონისძიება, რომელიც საიმედოდ უზრუნველყოფს საავტომობილო გზებზე ფერდოსა და ფერდობებზე ინტენსიური წყლისა და ქარის ეროზიისაგან დაცვას, არის ბეტონის ან რკინა-ბეტონის დამცავი საფარის მოწყობა, რომელიც შეიძლება განხორციელდეს ტორკრეტირებით.

ეფექტურია აგრეთვე ფერდოს გრუნტის ზედაპირების ცემენტაცია, ცემენტის ხსნარების ინექციით ფერდოების გამაგრება. ცემენტაცია ეფექტურია როგორც ფხვიერი, ასევე დაბზარული კლდოვანი ჯიშის გრუნტების გამაგრებისათვის, ვინაიდან ცემენტის გამყარების პროცესში მიიღება მასივების მონოლითი.

ლიტერატურული მონაცემების ანალიზი და ადგილობრივი საგზაო-სამშენებლო ორგანიზაციების შესაძლებლობები – დამცავი საფარის სახით ფერდოსა და ფერდობების გამაგრებისათვის იძლევა ტორკრეტირების ან ცემენტაციის მეთოდების გამოყენების რეკომენდაციას. ტექნოლოგიური სიმარტივე და მობილურობა როგორც მექანიზმების, ისე მასალების ტექნიკური ხელმისაწვდომობა შესაძლებლობას იძლევა მთელ ტრასაზე გამოყენებულ იქნეს მექანიზმების ერთგვარი კომპლექტი, ნებისმიერი სახის გასამაგრებელი და გამოქარული კლდოვანი ჯიშის გრუნტების გამაგრებისათვის.

კვლევების ჩატარება დაიგეგმა შემდეგი თანმიმდევრობით:

1. მშენებარე საავტომობილო ტრასის ფერდოსა და ფერდობების კლდოვან და არაკლდოვან გრუნტებზე ეროზიული პროცესების მაღალი ინტენსივობით გამორჩეული იმ მონაკვეთების დადგენა, რომლებიც საჭიროებს ტორკრეტბეტონის საფარის დამცავი ზედაპირის მოწყობას;

2. გრუნტის მასების გეოლოგიური მახასიათებლების დადგენა შერჩეულ უბნებზე. ამ უბნებზე ფერდობის ზედაპირის მდგომარეობის ცვლილებაზე პერიოდული დაკვირვება;

3. შერჩეული ფერდობისათვის დამცავი ტორკრეტბეტონის საფარის კონსტრუქციის დამუშავება. ტორკრეტბეტონის დამცავი საფარის მოსაწყობად ტექნოლოგიური სამუშაოების დაგეგმვა;

4. შერჩეულ უბნებზე ტორკრეტირებით ბეტონის დამცავი საფარის მოწყობა, ბეტონის მოვლა;

5. პერიოდული დაკვირვება დამცავი ბეტონის საფარის მდგომარეობაზე; დაკვირვების შედეგების ანალიზი;

6. საფარის მდგომარეობაზე დაკვირვების საფუძველზე დასკვნების და რეკომენდაციების შემუშავება.

ტრასეკას საავტომობილო დერეფნის მე-8 კილომეტრზე, მტკვრის წყალშემკრები აუზის მარცხენა მხარეს, სოფ. გლდანის ტერიტორიაზე არსებული ეროზირებული ფერდობის მდგრადობის შენარჩუნებისა და ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებების ჩატარების მიზნით, შერჩეულ იქნა შედარებით უფრო მოწყვლადი (სამხრეთის ექსპოზიცია) უბნები, სადაც მთის ფერდობების ეროზია საშიშროებას უქმნის ავტომაგისტრალის ნორმალურ ფუნქციონირებას და ავტოტრანსპორტის უსაფრთხოებას (საავტომობილო გზის სავალი ნაწილის გამართულ მდგომარეობაში ყოფნის და საავტომობილო მიმოსვლის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა).

აღნიშნული ფერდობი წარმოადგენს როგორც, ეროზირებული თაბაშიროვან-თიხნარი გრუნტის ზედაპირს მცენარეული საფარის

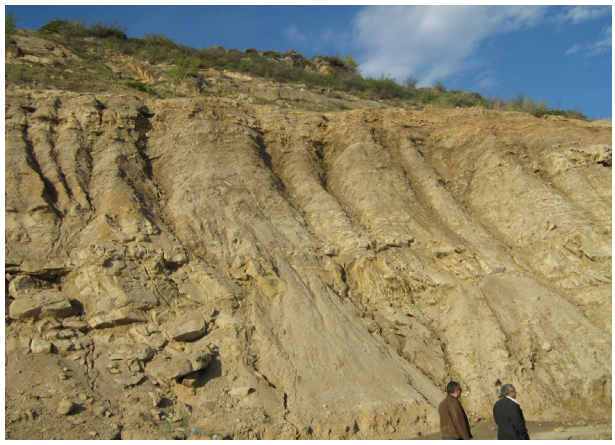
გარეშე, სადაც უკვე შეიმჩნევა წვიმების შედეგად წარმოშობილი მცირე ნაკადულების მიერ შექმნილი ღარები (ფოტო 1), ასევე, ცოტა მოშორებით (ტრასეკას საავტომობილო დერეფნის მე-9 კილომეტრზე) ეროზირებულ კლდოვან ფერდობებს (ფოტო 2).

უშუალოდ ტყეკაფვითი სამუშაოების ჩასატარებლად გამოიყენება კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემები, რომლებიც აადვილებს ადამიანის შრომას [2].

ეროზირებული ნაყარი გრუნტის ზედაპირი არის ნეოგენური ასაკის დანალექი, ოლიგოცენ-ქვედა მიოცენის (მაიკოპის სერია) ზღვიური მოლასა: ქვიშაქვები, გრაველიტები, სუსტადკარბონატული თიხები მერგელების განფენებით, ადგილობრივი თაბაშირიანი თიხები და ქვიშაქვები (მოცულობითი მასით 1,4 ტ/მ^3), ხოლო ეროზირებული კლდოვანი ფერდობების ზედაპირი – სახეზეა წყლისმიერი და ქარისმიერი ეროზიის ტიპური მაგალითი – ნეოგენური ასაკის დანალექი (როგორც ამორფული, ისე წვრილი კრისტალების სახით), გამოფიტული, დანაპრალებული ქანები წარმოდგენილი ასევე თაბაშირის შემცველი ალევროლითებითა და არგილითებით.

ფოტომასალებიდან მკაფიოდ ჩანს წამოჭრილი საკითხის აქტუალობა და პრობლემა – არხების გაღრმავების სწრაფი დინამიკა (ფოტო 3, 4), რამდენადაც დროთა განმავლობაში მოსალოდნელია წვიმისგან შექმნილი არსებული ღარების გაღრმავება-გაფართოება და ნაშალის ტრასაზე ჩამოტანა, რაც (კლდოვანი გრუნტის შემთხვევაში) შემდგომში ახალ, უკვე სხვა სახის პრობლემებს წამოჭრის (ფოტო 5, 6).

ფოტო 1. თაბაშიროვან-თიხნარი გრუნტი



ფოტო 2. კლდოვანი გრუნტი

ფოტო 3. პირველი საკვლევი თაბაშიროვან-თიხნარი უბანი – გადაღებული 7.03.2008

ფოტო 4. იგივე - გადაღებული 28.03.2008 (3 კვირის შემდეგ)

ფოტო 5. მეორე საკვლევი კლდოვანი უბანი

ფოტო 6. მოწყვეტილი ქვის ქანი

ფოტო 7. გამწმენდი სამუშაოები თაბაშიროვან-თიხნარ უბანზე

ფოტო 8. გამწმენდი სამუშაოები კლდოვან უბანზე

აღნიშნული ფერდობების დახრა 30-40°-მდე აღწევს, რაც ქმნის იმის წინაპირობას, რომ წვიმების დროს ამ ზედაპირზე ინტენსიურად განვითარდეს ეროზიული პროცესები.

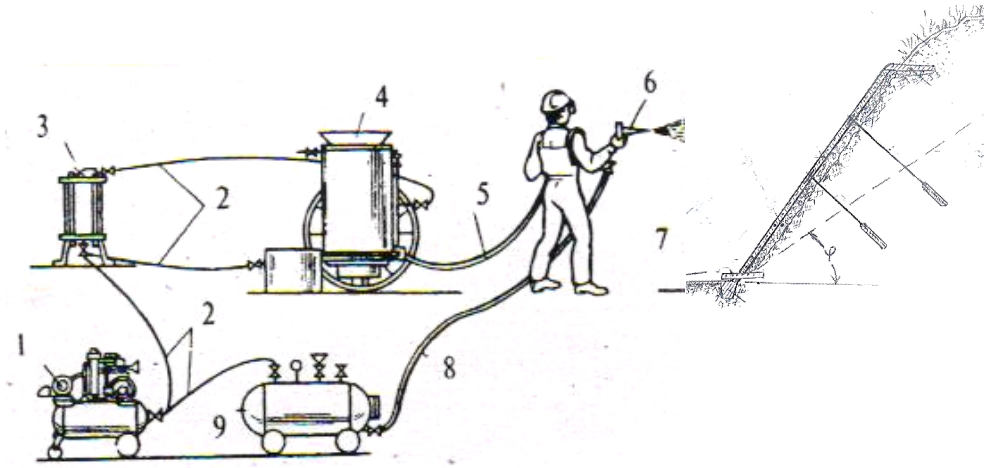
ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებების ჩატარების მიზნით, შერჩეულ მონაკვეთებზე შესრულდა ეროზირებული გრუნტის, ნატანის, ქვიშისა და ქვებისაგან გამწმენდი სამუშაოები, უბანი დაყვანილ იქნა მყარ ფუძეზე და მომზადდა დასაბეტონებლად (ფოტო 7,8).

ფერდობების დაცვის უფრო პერსპექტიული და რაციონალური მეთოდია დამცავი ფენის მოწყობა ან კონსტრუქცია, შესრულებული პნევმონაშხეფი მასალისგან, მაგალითად, ტორკრეტბეტონით ან შპრიცბეტონით.

ზედაპირზე დატანილი ტორკრეტის შრე ხასიათდება მაღალი სიმკვრივით, მექანიკური სიმტკიცით, წყალგაუმტარობით, ყინვამედეგობით, შეჭიდულობით ფუძესთან.

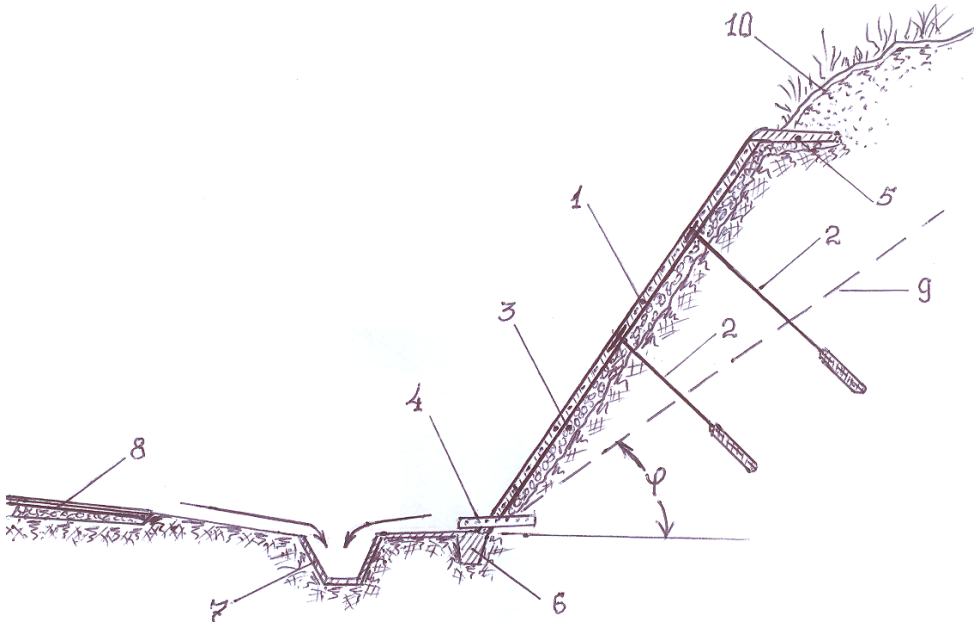
ტორკრეტის ნარევში, დაარმატურებულ ზედაპირზე დასატანად, გამოყენებულ იქნა 400 მარკის პორტლანდცემენტი და მაღალეფექტური ქიმიური დანამატი C-3 – ცემენტის მასის 0,2%-ის რაოდენობით, რომელიც უზრუნველყოფს ბეტონის ნარევის მაღალ პლასტიკურობას. პლასტიფიცირებული ბეტონი ხასიათდება მაღალი სიმტკიცის მაჩვენებლებით და შეჭიდულობით არმატურასთან, ამცირებს მტვერწარმოქმნას და აჩქარებს ბეტონის სიმტკიცის ზრდის დინამიკას. სუპერპლასტიფიკატორ C-3-ის გამოყენება იზოთერმული დაყოვნების ტემპერატურას 40-60°C-მდე ამცირებს, რაც საშუალებას იძლევა უმზეო დღეებშიც ბეტონის ნაკეთობამ აკრიფოს საპროექტო სიმტკიცე 2 დღე-ღამეში.

ტორკრეტირების სქემა



1. კომპრესორი; 2. ჰაერის შლანგები; 3. ჰაერგამწმენდი; 4. ცემენტ-ქვემეხი; 5. მშრალი ნარევის მისაწოდებელი შლანგი; 6. საქშენი; 7. ტორკრეტირების ზედაპირი; 8. წყლის შლანგი; 9. წყლის ავზი

ტორკრეტირებით გამაგრებული მიწის ფერდობის კონსტრუქციული სქემა



1. ტორკრეტის საფარველი ლითონის ბადეზე; 2. ანკერის ღეროები; 3. ფერდოს ქერქქვეშა დრენაჟი წვრილი შემვსებით; 4. დრენაჟის გამომყვანი მილი; 5. უკუსაჭეხი; 6. ბეტონის საყრდენი კბილი; 7. კიუვეტი; 8. გზის საფარი; 9. წანაცვლების სიბრტყე; 10. მცენარეული საფარი

ჩატარებული სამუშაოების მიხედვით, ტორკრეტბეტონის მთლიანი საფარის ქერქი (1) შედგება ლითონის ბადით დაარმატურებული წვრილმარცვლოვანი ბეტონისაგან. კონსტრუქციის მდგრადობის უზრუნველსაყოფად ლითონის ბადე ანკერებით (2) დამაგრდა გრუნტში წანაცვლების სიბრტყის ქვემოთ (9). ქერქის ზედა ნაწილში მოეწყო გრუნტში შეჭრილი ბეტონის უკუსაჭეხი (5), რომლის ზედაპირი დაცულია მცენარეული საფარით (10). უკუსაჭეხის დანიშნულებაა არ დაუშვას ნალექების მოხვედრა ქერქის ქვეშ. მთლიანი, მასიური ტორკრეტბეტონის საფარის ქვეშ მოეწყო ქერქქვეშა ფერდოს დრენაჟი წვრილი შემვსებით (3). ქვედა ნაწილში ტორკრეტბეტონის ქერქი ეყრდნობა ბეტონის

საყრდენ კბილს (6). ფერდოს ძირის გასწვრივ დაეწყო ქერქქვეშა დრენირებული წყლის სადრენაჟო გამშვები მილები (4), რომლითაც ნალექის წყალი გზისპირა კიუვეტებში (7) ჩაედინება.

45°-იანი დახრის ზედაპირზე ბეტონის საფარის სისქე 50-70 მმ-ია. ფერდობის ნათხარისაგან გაწმენდის შემდეგ გაიბურღა შპურები სიღრმით 0,5-1,5 მ-მდე გამოქარული ფენის სისქესთან დამოკიდებულებით ბიჯით ყოველ 0,7-1,0 მ-ში. მასში ჩაისვა ანკერები – პერიოდული პროფილის არმატურის ფოლადისაგან ϕ 16-18 მმ.

ანკერებზე ხისტად დამაგრდა ლითონის ბადე (ფოტო 9, 10) 4 მმ არმატურის 100×100 ზომის უჯრედით.

სამუშაოს წარმოებისათვის შერჩეული გერმანული წარმოების ტორკრეტმანქანის ძირითადი უპირატესობაა: მობილურობა და კომპაქტურობა, მაღალი საიმედოობა, ხანგრძლივი მუშაობის შესაძლებლობა, ადვილი წმენდა, გრძელვადიანი ექსპლუატაციის ვადა. მისი ტექნიკური მახასიათებლები ხასიათდება შემდეგი მონაცემებით: ჰაერის წნევა – 0,5-0,6 მპა, დოლის ტევადობა – 3 დმ^3, მწარმოებლურობა – 0,5-2,5 მ^3/სთ, ტორკრეტბეტონის შემვსების მაქსიმალური სიმსხო – 8 მმ (ფოტო 11, 12).

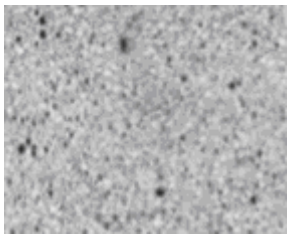
ფოტო 9. თაბაშირიან-თიხნარი გრუნტის ფენაზე არმატურის ბადის დამაგრება ანკერებით

ფოტო 10. იგივე - კლდოვან ზედაპირზე. სურათებზე შავ წერტილებად ჩანს ანკერები

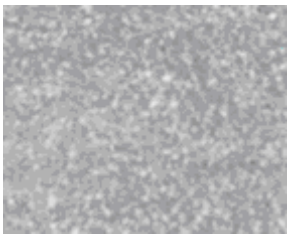
ფოტო 11. ტორკრეტმანქანა DP125GRC

ფოტო 12. დასაბეტონებელ ზედაპირზე ბეტონის წნევით დატანა

13, 14 ფოტოებზე მკაფიოდ ჩანს ხელით და ტორკრეტმანქანით დატანილი ბეტონის ფენების სტრუქტურა.



ფოტო 13. ხელით დატანილი ბეტონის ფენის სტრუქტურა



ფოტო 14. მექანიზებულად დატანილი ბეტონის ფენის

ბეტონი დამზადდა ბეტონის ქარხანაში, მზა ბეტონი შემოიზიდა მიქსერით და მომზადებულ ზედაპირზე ტორკრეტმანქანით დატანილ იქნა 50-70 მმ სისქის ფენად (ფოტო 15, 16).

ფოტო 15. თაბაშირიან-თიხნარი გრუნტის ფენაზე დატანილი ბეტონის დამცავი საფარი

ფოტო 16. იგივე – კლდოვან ზედაპირზე

სამუშაოები შესრულდა სხვადასხვა უბნებზე აგვისტოსა და ნოემბრის თვეებში. ბეტონის გამყარების დაჩქარების მიზნით დაბეტონებულ ზედაპირზე მოეწყო მარტივი ჰელიომოწყობილობა – გადაფარებულ იქნა პოლიეთილენის აფსკი (ფოტო 17, 18), რომელიც საშუალებას იძლევა მთელი დღე-ღამის განმავლობაში (მზიან და უმზეო დღეებშიც) ვაწარმოოთ ბეტონის საფარველის თბური დამუშავება.

ფოტო 17. თაბაშირიან-თიხნარი გრუნტის ფენაზე

ფოტო 18. იგივე - კლდოვან ზედაპირზე

მოწყობილობა ხასიათდება მაღალი ეფექტით, ვინაიდან ბუნებრივ პირობებში მხოლოდ მზის ენერგიის გამოყენებით იზრდება ნაკეთობების გამყარების ტემპი და ხარისხი. რადგან შერჩეული ადგილები ინტენსიური ქარის ზემოქმედების ქვეშ იმყოფება, მარტივი ჰელიომოწყობილობა აჩქარებს იზოთერმულ პროცესს, ინახავს შიგა ტემპერატურას,

აგრეთვე იცავს ბეტონის ზედაპირს გამოშრობისა და შემდგომ ბზარების გაჩენისაგან. ჰელიომოწყობილობა მოხსნილ იქნა 24 სთ-ში (ბეტონის გამყარების შემდეგ).

ჰელიომოწყობილობის მოხსნის შემდეგ, გაგრძელდა ბეტონის მოვლა: მორწყულ იქნა ბეტონის ზედაპირი სწრაფი გამოშრობისა და სტრუქტურული ცვლილებების თავიდან აცილების მიზნით (ფოტო 19).

ფოტო 19. ბეტონის მოვლა

დაკვირვებებმა ცხადყო, რომ დაბეტონებულ მონაზომზე (ფოტო 20) წყლის ჩადინების მიმართულება დარჩა იგივე, მაგრამ შეჩერებულია ეროზიული პროცესები. გარდა ამისა, მუდმივად ხორციელდება დაბეტონებული უბნის (ბეტონის) ვიზუალური დათვალიერება (ბზარები, რღვევა), რომლის შედეგადაც დადგინდა, რომ არ არის წარმოქმნილი არანაირი სტრუქტურული ცვლილება და ბზარები, ბეტონის საფარი მყარად დგას ფუძეზე. შესადარებლად – დაბეტონებულ და მის გვერდზე დაუბეტონებელ ადგილებს შორის ჩაღრმავება მნიშვნელოვნად გაიზარდა (ფოტო 21); ამ მონაკვეთზე ეროზია მიმდინარეობს ინტენსიურად.

ფოტო 20. წყლის ჩადინების მიმართულება

ფოტო 21. დაბეტონებულ და მის გვერდზე, დაუბეტონებელ ადგილებს შორის განსხვავება

დასკვნა

1. ჩატარებულმა სამუშაოებმა გვიჩვენა, რომ საავტომობილო გზის ტრასაზე (ტრასეკას საავტომობილო დერეფნის მე-8 და მე-9 კილომეტრებზე, მტკვრის წყალშემკრები აუზის მარცხენა მხარეს, სოფ. გლდანის ტერიტორიაზე) ფერდოსა და ფერდობებზე მიმდინარეობს ინტენსიური ეროზიული პროცესები, რომლებიც ეკოლოგიური სტაბილურობის აღდგენისა და შენარჩუნებისათვის ითხოვს ანტიეროზიული დამცავი ღონისძიებების განხორციელებას;
2. ექსპერიმენტების საფუძველზე დადგინდა, რომ ავტოტრასის ინტენსიურად განვითარებადი ეროზიული პროცესების პირობებისათვის ეფექტური და ეკონომიკურია ეროზიის საწინააღმდეგო დამცავი ტორკრეტბეტონის საფარის მოწყობა;
3. ამჟამად საქართველოში ეკონომიკური პირობების და მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის გათვალისწინებით, სამუშაოთა წარმოებისას, ტექნოლოგიური ოპერაციების სიმარტივის თვალსაზრისით ტორკ-

რეტბეტონის დამცავი საფარის გამოყენება ხასიათდება მაღალი ეფექტურობით, ეკონომიკური (1 კვ.მ-ის თვითღირებულება ობიექტის სირთულის მიხედვით – 50 ლარამდე) და ტექნიკური ხელმისაწვდომობით, საწარმოო ტექნიკური კომპლექსების მაღალი მობილურობით.

ლიტერატურა

1. **ჟორდანია თ., ლოლაძე ვ. და სხვ.** მშენებლობის შედეგად წარმოქმნილი თხრილებისა და ნაყარი მიწის ფერდოების და მოშანდაკებული ტერიტორიის ეროზიისგან დაცვა ეკოლოგიური სტაბილურობის აღსადგენად. მეთოდ. მითით. სტუ, თბილისი, 2001.
2. **ირემაშვილი ი., ჟორდანია თ., მონიავა ა.** „მზის ენერგიის გამოყენება ბეტონის გამყარების დასაჩქარებლად მარტივი ტექნოლოგიების მეშვეობით". სტუ, თბილისი, 2005.
3. **ჟორდანია თ. და სხვ.** სამშენებლო წარმოების ტექნოლოგია. სტუ, თბილისი, 2006.
4. **Подгорнов Н.** "Использование солнечной энергии при изготовлении бетонных изделии". М., 1989.

უაკ 624.138(07)

გრუნტების თვისებების მართვის მეთოდების კლასიფიკაცია

ლევან იტრიაშვილი, ნინო ნიბლაძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

ნიადაგ-გრუნტების თვისებების მიზნობრივი რეგულირების კლასიფიკაციების შემუშავებას დიდი ყურადღება ექცეოდა მრავალი მკვლევარის მიერ. მათგან განსაკუთრებით აღსანიშნავია ვ. ბეზრუკი, ბ. რჟანიცინი, ს. მოროზოვი, თ. ჟორდანია, ვ. პრიკლონსკი, ნ. ციტოვიჩი, ე. სერგეევი, ვ. ასკალონოვი, ლ. გონჩაროვა, ა. ლარიონოვი, ა. ლისიხინა, ვ. ანანიევი და სხვები, რომლებსაც შედგენილი აქვთ როგორც კერძო, ისე ზოგადი ხასიათის კლასიფიკაციები [1÷5].

ძირითადი ნაწილი

კერძო კლასიფიკაციებს საფუძვლად, ძირითადად. უდევს შემდეგი მიდგომები: ცალკეულ ნიადაგ-გრუნტების საინჟინრო-გეოლოგიური თვისებების ხელოვნური შეცვლა, ნიადაგ-გრუნტების თვისებების შეცვლა მშენებლობის კერძო სახეებისთვის, ნიადაგ-გრუნტებზე ზემოქმედების მეთოდების კერძო მიმართულებები და ა.შ. კერძო კლასიფიკაციებს აგრეთვე მიეკუთვნება ლიოსური გრუნტების მელიორაციის ხერხების, საგზაო მშენებლობისათვის განკუთვნილი მეთოდების, სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობაში გამოყენებული მეთოდების კლასიფიკაციები.

ა. ლარიონოვი, ვ. პრიკლონსკი და ვ. ანანიევი ლიოსური გრუნტების გამაგრების ხერხებს ყოფენ ორ ჯგუფად: ფიზიკურ-ქიმიური – სილიკატიზაცია, ბიტუმიზაცია, ელექტრო-ქიმიური გამაგრება, თერმული დამუშავება, გამლაშება და ფიზიკურ-მექანიკური – დატკეპნა, გამკვრივება და ა.შ.

ბ. რჟანიცინის მიერ შემოთავაზებულია ნიადაგ-გრუნტების გამაგრების ფიზიკურ-ქიმიური ხერხების კლასიფიკაცია, რომელსაც საფუძვლად უდევს გრუნტების ლითოლოგიური შემადგენლობა და ძირითადი რეაგენტები.

მ. ნეკლიუდოვის კლასიფიკაციაში გრუნტების გრანულომეტრული შემადგენლობის და ფილტრაციის კოეფიციენტის მიხედვით განლაგებულია ძირითადი რეაგენტები: თიხა, ცემენტი, ფისები, თხევადი მინა.

ვ. ბაბკოვას და ა. გერბერტ-გეიბოვიჩის საგზაო მშენებლობისათვის შედგენილი კლასიფიკაციის მიხედვით გამოყოფილია ზედაპირული (გრუნტების ბუნებრივი სტრუქტურის დარღვევით) და სიღრმისეული (გრუნტების ბუნებრივი სტრუქტურის შენარჩუნებით) მეთოდები.

არსებობს კლასიფიკაცია, რომლის მიხედვით გრუნტების თვისებების ხელოვნური გაუმჯობესების მეთოდები იყოფა სამ ჯგუფად: გრუნტების ფიზიკური მდგომარეობის და განლაგების პირობების რეგულირება (წყლისა და თბორეჟიმის რეგულირება, გამკვრივება); გრუნტების შემადგენლობის შეცვლა დანამატების შეტანით (გრანულომეტრული დანამატები – მყარი ფაზის შეცვლა, ადვილად ხსნადი მარილები – თხევადი ფაზის შეცვლა, ჰიდროფობური ნივთიერებები და სინთეტიკური ფისები – სტრუქტურის შეცვლა); გრუნტების ტექნოლოგიური დამუშავება (თერმომეთოდები – გამოწვა, გახურება).

ი. აბელევი, ბ. ბახოლდინი, ვ. ბერეზანცევი სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის თვალსაზრისით გამოყოფენ ორ ძირითად მიმართულებას: ფუძეების მომზადება

(ზედაპირული და სიღრმული გამკვრივება, თერმული განმტკიცება, დრენაჟი, ქვიშის ბალიშების და ხიმინჯების მოწყობა); ფუძეების და საძირკვლების გაძლიერება (გრუნტების ქიმიური და თერმული გამაგრება).

ვ. ბეზრუკის მიხედვით, ნიადაგ-გრუნტების გამაგრების მეთოდები კლასიფიცირდება გრუნტზე სხვადასხვა ნივთიერებების ზემოქმედების პრინციპით, რაც მისი აზრით განსაზღვრავს აგრეთვე გამაგრებული გრუნტების გამოყენების არესაც. აქედან გამომდინარე, გამოყოფილია გრუნტების გამაგრება ორგანული შემკვრელი მასალებით, არაორგანული შემკვრელი ნივთიერებებით, მაღალმოლეკულური შენაერთებით და კომპლექსური გამაგრება.

იმის მიუხედავად, რომ კერძო კლასიფიკაციები გამოირჩევა მიზანმიმართულებით და ასახავს მათ პრაქტიკულ მნიშვნელობას ცალკეულ კონკრეტული მიზნებისათვის, მათ საფუძველზე არ შეიძლება რაიმე განზოგადების გაკეთება, ვინაიდან იზღუდება ან მშენებლობის, ან გრუნტის კონკრეტული სახეობებით.

ზოგად კლასიფიკაციებში გრუნტის თვისებების რეგულირების მეთოდები, ძირითადად, მშენებლობის სახეებისაგან დამოუკიდებლად განხილულია მისი ლითოლოგიური თავისებურებების და მიმდინარე პროცესების გათვალისწინებით.

ე. სერგეევი გრუნტების საინჟინრო-გეოლოგიური თვისებების გაუმჯობესების მეთოდებს ყოფს სამ ჯგუფად: გრუნტების თვისებების ხელოვნური გაუმჯობესება მათი დისპერსიული ბუნების არსებითი შეცვლის გარეშე; თერმული დამუშავების მეთოდები და ხელოვნური ცემენტაციის მეთოდები.

აღნიშნულ კლასიფიკაციაში არ არის შესული გრუნტების პოლიმერებით გაუმჯობესების მეთოდები.

ვ. პრიკლონსკის კლასიფიკაციაში მეთოდები დაყოფილია გრუნტების ლითოლოგიური თვისებების მიხედვით: ნაპრალოვანი მაგმატური, მეტამორფული და მყარი დანალექი: ცემენტაცია და ბიტუმიზაცია; დაუცემენტებელი ნატეხოვანი და ქვიშა გრუნტები: ბიტუმიზაცია, სილიკატიზაცია და ვიბროდატკეპნა; თიხოვანი გრუნტები: ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები; ლიოსები: სილიკატიზაცია და ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები. ცალკე გამოყოფილია საგზაო-სამშენებლო მიმართულება: გრანულომეტრული დანამატები, ორგანული და არაორგანული შემკვრელები, მარილხსნარები, გამკვრივება.

გრუნტების გამაგრების ტექნოლოგიური თავისებურების გათვალისწინებით, ს. მოროზოვი გამოყოფს ორ მიმართულებას: სიღრმული – გრუნტების ბუნებრივი განლაგების დარღვევის გარეშე (მონოლითური ქანები), და ზედაპირული – გრუნტების ბუნებრივი განლაგების სტრუქტურის დარღვევით (დისპერსიული გრუნტები).

კლასიფიკაციის ამ მიმართულებას იზიარებენ ვ. ბეზრუკი და ბ. რჟანიცინი.

ს. ვორონკევიჩმა, ს. მოროზოვამ და ე. სერგეევმა გრუნტების საინჟინრო-გეოლოგიური თვისებების გაუმჯობესების მიმართულების განვითარების შედეგების შეჯამების შედეგად შეიმუშავეს კლასიფიკაცია, რომელიც შეიცავს გრუნტების ტიპებს, საინჟინრო-გეოლოგიურ თვისებებს და დატკეპნის, გამაგრებისა და ქიმიური მოდიფიკაციების მეთოდებს.

ფ. კოტლოვის კლასიფიკაციაში მთავარი მეთოდები დაჯგუფებულია გრუნტებზე მელიორაციული ზემოქმედების მიხედვით, მითითებულია მათი დანიშნულება და გამოყენების სფეროები.

თ. ჟორდანიას კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს მეთოდების დაყოფა გრუნტებზე მოქმედების ხერხების მიხედვით: მექანიკური, ფიზიკური, ფიზიკურ-ქიმიური და ქიმიური, რომლებსაც დამატებული აქვს ბიოლოგიური მეთოდი.

არსებული კლასიფიკაციების უმეტესობის არასაკმარისი სისრულე, მათში გაერთიანებული შემადგენლების მრავალსახეობა და გრუნტების თვისებების რეგულირების პრობლემის განვითარების თანამედროვე დონე მოითხოვს ამ საკითხის შემდგომ დახვეწას, დაზუსტებას და გაფართოებას.

როგორც აღნიშნავს პ. რებინდერი: „გრუნტების სტრუქტურები წარმოადგენს სპეციფიკური მექანიკური თვისებების მატარებელს – საკმარისად მაღალი მოკლევადიანი და გრძელვადიანი სიმტკიცის და წყალმდგრადობის, ანუ სიმტკიცეს ზღვრული ტენიანობის მდგომარეობაში“.

ცნობილია ასეთი სტუქტურების სამი ტიპი: კოაგულაციური, კონდენსაციური და კრისტალიზაციური. ამ ტიპებით შემოიფარგლება გრუნტების ყველა სივრცობრივი სტრუქტურა; გრუნტის თვისებების რეგულირების პრობლემას მთლიანად მოიცავს ეს სტრუქტურები. ამიტომ კლასიფიკაცია, როგორც გრუნტების თვისებების რეგულირების მთავარ შედეგს, უნდა შეიცავდეს მათი დამუშავების შემდეგ წარმოქმნილ სტრუქტურებს.

გრუნტებზე ხელოვნური ზემოქმედების მთავარი მიზანია მისი სიმტკიცის, წყალმდგრადობისა და წყალგაუმტარობის მიღწევა როგორც მასივში, ისე მის ცალკეულ აგრეგატებში.

აგრეგატულ წყალმდგრადობას და სიმტკიცეს გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ისეთი დიდმნიშვნელოვანი დარგისათვის, როგორიცაა სოფლის მეურნეობა, ვინაიდან ის განაპირობებს ნიადაგების ნაყოფიერების ძირითად ფაქტორს – ოპტიმალურ წყალ-ჰაერის შემცველობას. დღემდე ნიადაგ-გრუნტების თვისებების რეგულირება – მათი გასტრუქტურება მდგრადი აგრეგატული შემადგენლობის მიღების მიზნით, არ იყო ასახული არც ერთ კლასიფიკაციაში; აგრეთვე ცალკე არ იყო ასახული ისეთი მნიშვნელოვანი და დღეისათვის ფართოდ გავრცელებული მიმართულება, როგორიცაა გრუნტების ჰიდროფობიზაცია, ანუ მათთვის წყალგანზიდვის უნარის მინიჭება.

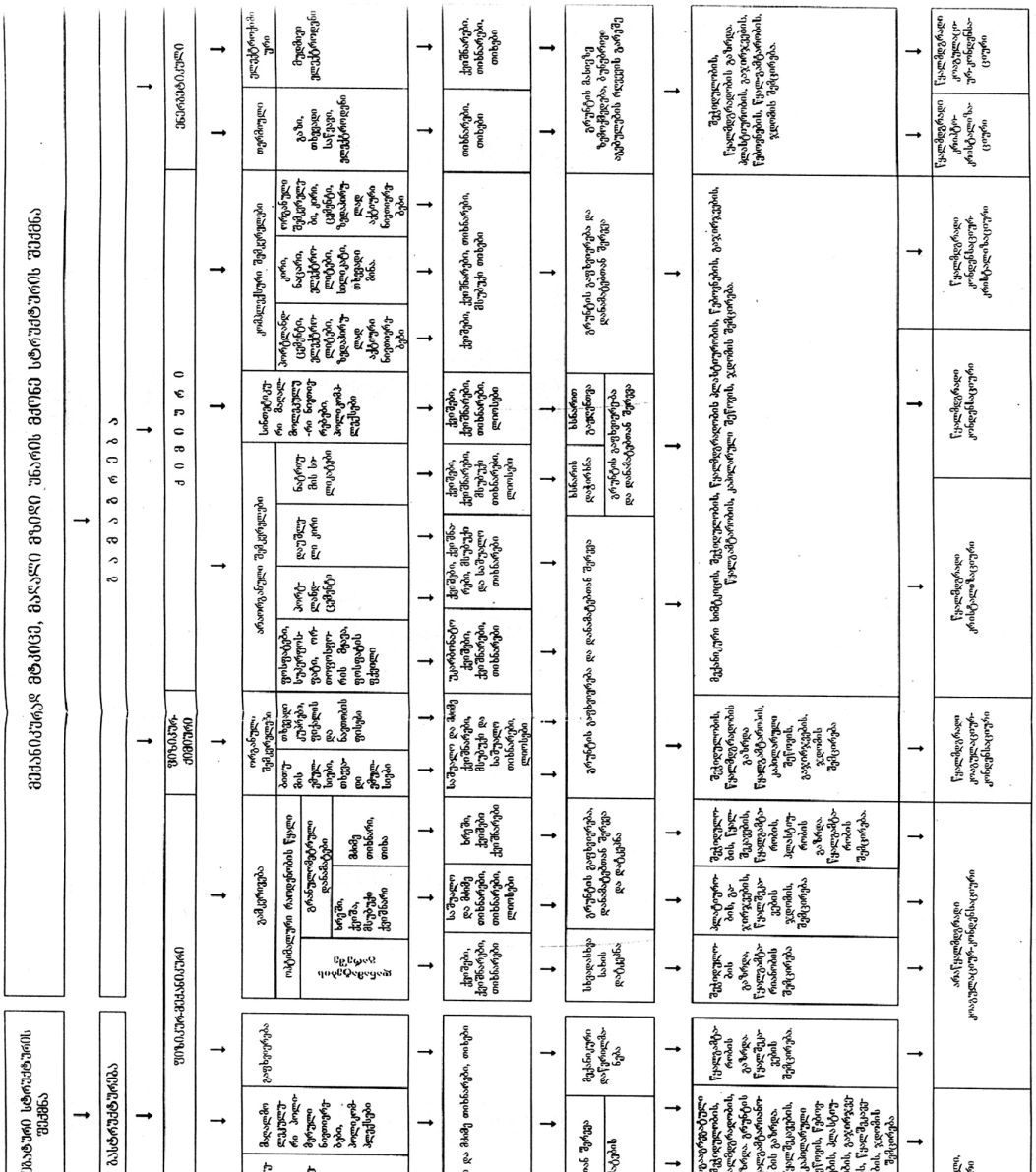
გრუნტებში ძირითადი პროცესები მიმდინარეობს მათი ელემენტარული ნაწილაკების ზედაპირებზე ფიზიკური, ფიზიკურ-ქიმიური და ქიმიური (ქემოსორბციული) სახით; გრუნტების სტრუქტურების ფორმირება კი მიმდინარეობს მყარი და თხევადი ფაზების გაყოფის საზღვარზე და განპირობებულია მყარი და თხევადი ფაზების კონცენტრაციებით, რის შედეგადაც დაბალი კონცენტრაციის პირობებში მიმდინარეობს გრუნტების ნაწილაკების ზედაპირებზე მონოადსორბცია (ჰიდროფობიზაცია), კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად წარმოებს კოაგულაცია (აგრეგატის ჩამოყალიბება) და შემდგომ, მაღალი კონცენტრაციების პირობებში შერწყმული სტრუქტურის ფორმირება, რაც აგრეთვე უნდა იყოს ასახული კლასიფიკაციაში, როგორც ერთ-ერთი ძირითადი შემადგენელი.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, შევადგინეთ გრუნტების თვისებების რეგულირების მეთოდების მაქსიმალურად სრული კლასიფიკაცია, რომელშიც თანმიმდევრული განლაგებით შესულია ყველა აუცილებელი მახასიათებელი [6].

წარმოდგენილ კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს შემდეგი ძირითადი შემადგენლები: 1. გრუნტების თვისებების რეგულირების ძირითადი მიზნები: წყალგანზიდვის თვისებების მინიჭება, აგრეგატული სტრუქტურის შექმნა და მექანიკური სიმტკიცის გაზრდა; 2. მიზნების მიღწევის მიმართულებები: ჰიდროფობიზაცია, გასტრუქტურება და გამაგრება; 3. მიმართულების განხორციელების მექანიზმი: ფიზიკური, ფიზიკურ-ქიმიური, ქიმიური და ენერგეტიკული; 4. რეკომენდებული დანამატები: ზედაპირულად აქტიური და სინთეტიკური პოლიმერული ნივთიერებები, პოლიკომპლექსები, გრანულომეტრული დანამატები, არაორგანული შემკვრელები, ორგანული შემკვრელები, საწვავი, ელექტროდენი და სხვ.; 5. რეკომენდებული გრუნტები: ქვიშა, ქვიშნარი, თიხნარი, თიხა, ლიოსი; 6. ძირითადი ტექნოლოგიური ოპერაციები: გაფხვიერება, დატკეპნა, შერევა, დაჭირხნა, გაჟღენთვა და სხვ.; 7. რეგულირების შედეგად შეძენილი თვისებების კომპლექსი; 8. რეგულირების შედეგად წარმოშობილი სტრუქტურები: კოაგულაციური, კოაგულაციურ-კონდესაციური, კონდენსაციური, კონდენსაციურ-კრისტალიზაციური, რისტალიზაციური და კრიპტოკრისტალიზაციური.

დასკვნა

ჩვენი აზრით, გარდა თეორიული და მეთოდოლოგიური მნიშვნელობისა, წარმოდგენილი კლასიფიკაცია გაუადვილებს პრაქტიკოსებს (დამპროექტებლებს და მშენებლებს) სწორად შეარჩიონ გრუნტების თვისებების რეგულირების ოპტიმალური მეთოდები კონკრეტული ამოცანების გადაწყვეტის მიზნით.



ლიტერატურა

1. **Безрук В.М.** Укрепление грунтов. М.: Транспорт, 1965, с. 340.
2. **Приклонский В.А.** Грунтоведение, ч. 1. Госгеолиздат, 1955, с. 243.
3. **Сергеев Е.М.** Грунтоведение. М.: Изд-во МГУ, 1968, 323 с.
4. **Банник Г.И.** Основы технической мелиорации грунтов. Киев: Вища школа, 1972, с.203.
5. **Гончарова Л.В.** Основы искусственного укрепления грунтов. Из-во МГУ, 1973, с.235.
6. **ოტრიაშვილი ლ.** ნიადაგ-გრუნტების თვისებების მიზნობრივი მართვა. მონოგრაფია. თბილისი: მეცნიერება, 2005, გვ. 52-60.

უაკ 628.113

ევტროფიკაციული პროცესები ტბებსა და წყალსაცავებში

დავით კერესელიძე, ვაჟა ტრაპაიძე,
მერაბ ალავერდაშვილი, გიორგი ბრეგვაძე

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

ტერმინი „ევტროფიკაცია“ ნიშნავს წყალსატევების დაბერებას. იგი არის როგორც ბუნებრივი ისე ანთროპოგენური. ბუნებრივი ევტროფიკაცია ვითარდება დროის გეოლოგიურ პერიოდებში. „ახალგაზრდა“ წყალსატევი, ძირითადად, წარმოადგენს ოლიგოტროფიულს, იგი შეიცავს ბიოლოგიური ნივთიერებების ცოტა რაოდენობას, რომელიც ხელს უწყობს ბიომასის სიმცირეს. ისეთი ბუნებრივი პროცესები, როგორიც არის ქარისმიერი ეროზია და წვიმის წყლებით ქანების გამორეცხვა, უზრუნველყოფს ბიოგენური ნივთიერებების გამოტანას წყლის გარემოში, რაც, თავის მხრივ, განაპირობებს წყალმცენარეებისა და ცხოველების განვითარებას.

ბოლო საუკუნეებში ადამიანი სულ უფრო ზრდიდა ბიოგენური ნივთიერების გამოყენებას სოფლის მეურნეობაში, ბიოგენური ნივთიერების უმეტესობა მოხვდა წყალსატევებში, დააჩქარა მათი ევტროფიცირების პროცესი და ამიტომ ადგილი აქვს ანთროპოგენურ ევტროფიკაციას.

მართალია ტბებში და წყალსაცავებში ევტროფიკაციული პროცესები ერთნაირად მიმდინარეობს, მაგრამ ისინი მაინც განსხვავდება მათი გამომწვევი ფაქტორებისა და დროში ცვალებადობის თვალსაზრისით. ჩვენს მიერ შესწავლილია საქართველოს ზოგიერთი ტბისა და წყალსაცავის ევტროფიკაციული პროცესები.

ძირითადი ნაწილი

წყალსატევებში ევტროფიკაციული პროცესების შეფასების ინდიკატორები

მსოფლიოში, ევტროფიკაციის პროცესის შესაფასებლად ძირითადად მიღებულია აშშ გარემოს დაცვის სააგენტოს მახასიათებლები, რომელიც მდგომარეობს შემდეგში: მატულობს ფსკერული ნალექები (ანუ მცირდება სიღრმე); მომატებულია მწვანე და ლურჯ-მწვანე მცენარეები; გაზრდილია ორგანული წარმოშობის შეტივნარებული ნაწილაკების კონცენტრაცია; წყალში გახსნილი ჟანგბადის კონცენტრაცია დაბალი ან ნულის ტოლია; სინათლის შეღწევადობა დაბალია; არ არის ან ნაკლებად გამდინარეა და ა.შ.

წყალსატევების ევტროფული მდგომარეობის უამრავი ინდიკატორიდან გამოსაყენებელია შემდეგი:

– **ბიოგენური (ფოსფორისა და აზოტის) ნივთიერებების კონცენტრაცია**. ფოსფორის კონცენტრაციაში იგულისხმება საერთო ფოსფორისა და ორთოფოსფატების ჯამური კონცენტრაცია, რომლის ზღვრული დასაშვები მნიშვნელობა არ უნდა აღემატებოდეს 0,01 მგ/ლ, აზოტის კონცენტრაცია კი აზოტის ამონიუმის, ნიტრიტებისა და ნიტრატების ჯამური კონცენტრაციაა, რომლის ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციაა 0,3 მგ/ლ;

– **წყალში გახსნილი ჟანგბადის კონცენტრაცია**. წყალი, რომელშიც დიდი რაოდენობით არის გახსნილი ჟანგბადი, ითვლება კარგი ხარისხის წყლად, რადგან ჟანგბადი ხელს უწყობს აერობული პროცესების განვითარებას. გახსნილი ჟანგბადის მცირე რაოდენობა ან საერთოდ არ არსებობა, პირიქით, ხელს უწყობს ანაერობული პროცესების განვითარებას, ე.ი. წყალში ისეთი გაზების წარმოქმნას, როგორიცაა მეთანი, გოგირდწყალბადი და ამიაკი, ეს გაზები არა მარტო ტბის გემოს და სუნს აუარესებს, არამედ მომწამვლელებიცაა, განსაკუთრებით გოგირდწყალბადი.

– **წყალში გახსნილი ბიოქიმიური მოთხოვნა**. ევტროფიკაციის პროპორციულად იზრდება ჟანგბადის კარგვა ჰიპოლიმნიონში. სწორედ ჟანგბადის კარგვის სიჩქარე წარმოადგენს წყალსატევის (ტბის) ევტროფიულობის ინდიკატორს. მიღებულია, რომ თუ ჟანგბადის კარგვის სიჩქარე დღე-ღამეში 550 მგ/ლ და მეტია, მაშინ ტბა ევტროფულ მდგომარეობაშია. ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნის *ბდკ* კი 20°C ტემპერატურაზე არ უნდა აღემატებოდეს 6 მგ/ლ-ს.

– **პლანქტონის წლიური პირველადი პროდუქცია**. წყალმცენარეების პოპულაცია სწრაფად რეაგირებს ბიოგენური ნივთიერებების კონცენტრაციის ცვალებადობაზე. პირველადი პოპულაცია ფასდება რამდენიმე მეთოდით. ნახშირორჟანგის ასიმილაციით, ქლოროფილ "*A*" კონცენტრაციით, წყალმცენარეების სიმკვრივით:

1. წყალში ნახშირორჟანგის ასიმილაციის სიჩქარე დაკავშირებულია წყალსატევის ევტროფულ მდგომარეობაზე. თუ ასიმილაციის სიჩქარე 300-3000 მგ/მ3დღე დიაპაზონში ცვალებადობს, მაშინ შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ იგი ევტროფულია.

2. ქლოროფილი "*A*" წარმოადგენს ძირითად ფოტოსინთეზურ პიგმენტს, ამიტომ მის კონცენტრაციას წარმოადგენს ბიომასის რეპრეზენტატულ ინდიკატორს. თუ ქლოროფილ "*A*"-ს კონცენტრაცია მერყეობს 10 მგ/ლ-დან 100 მგ/ლ-მდე, მაშინ წყალსაცავი ევტროფულია;

3. წყალმცენარეების სიმკვრივე განისაზღვრება სეკის დისკის საშუალებით, რადგან მისი მხედველობის სიღრმე განსაზღვრავს მის განათებულობას. ეს მეთოდი იძლევა წყალსაცავის ევტროფულობის მიახლოებით შეფასებას. ამ ინდიკატორების გამოყენებისას აუცილებელია გავითვალისწინოთ წყალსატევების მორფოლოგიური და ჰიდროლოგიური მახასიათებლები.

ევტროფიკაციული პროცესების შეფასება ტბებში

ევტროფიკაციული პროცესები საკმაოდ ინტენსიურად მიმდინარეობს ტბებში, ამასთან, გამდინარე ტბებში ეს პროცესი უფრო ნაკლებ ინტენსიურია, ვიდრე გაუმდინარში.

გაუმდინარ ტბებში ბიოგენური ნივთიერებების შემოდინება გაცილებით აჭარბებს ტბებიდან მათ გადინებას, ამიტომ ადგილი აქვს ტბებში მათ დაგროვებას. ევტროფულ ტბებში წყალი ცუდი ხარისხისაა, წყალში გახსნილი ჟანგბადის კონცენტრაცია დაბალია, დიდია ბიომასის რაოდენობა.

წყალსატევების დაყოფა ევტროფულ, მეზოტროფულ და ოლიგოტროფულ წყალსატევებად ერთდროულად სუბიექტურიც არის და შეფარდებითიც, რადგან სხვადასხვა სპეციალისტები სხვადასხვანაირად აფასებენ ამ დაყოფას.

ჩვენს მიერ 2010 წლის ზაფხულში მოწყობილი ექსპედიციის დროს შესწავლილ იქნა ჯავახეთის ტბებში ევტროფიკაციის პროცესები, კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ ევტროფიკაციის პროცესები მიმდინარეობს მადათაფას, ბუღდაშენის და ხანჩალის ტბებზე. მათი შესწავლა მიმდინარეობდა ზემოთ აღნიშნული ინდიკატორებით, რის შედეგადაც მივიღეთ შემდეგი შედეგები:

ტბა მადათაფას წყალში გახსნილი ჟანგბადის კონცენტრაცია ტოლია 2,6 მგ/ლ-ს, წყალბადიონების (*PH*) – 6,6 მგ/ლ, ჯამური ფოსფორის კონცენტრაცია – 0,22 მგ/ლ, ჯამური აზოტის – 1,8 მგ/ლ. ქლოროფილ "*A*"-ს – 80 მგ/ლ, სინათლის შეღწევადობა ძალიან მცირეა. საკის დისკის გამოყენება შეუძლებელია მცირე სიღრმეების გამო. ტბის წყალი მოლურჯო-მოყავისფროა.

ტბა ბუღდაშენის წყალში გახსნილი ჟანგბადის კონცენტრაცია ტოლია 3,2 მგ/ლ-ს, წყალბადიონების (*PH*) – 5.7 მგ/ლ, ჯამური ფოსფორის – 0,34 მგ/ლ, აზოტის – 3.7 მგ/ლ, ქლოროფილ "*A*"-ს – 60 მგ/ლ. წყლის ფერი მოლურჯო-მომწვანოა. წყლის სიღრმის განათებულობა თითქმის ნულია. ყოველივე აქედან კი შეიძლება დავასკვნათ, რომ ტბა ევტროფირებულია.

ტბა ხანჩალის აღმოსავლეთ და სამხრეთ-აღმოსავლეთ სანაპირო ზოლი დაჭაობებულია. წყალში მრავლადაა წყალმცენარეები, წყალი მცირედ მინერალიზებულია (110 მგ/ლ). წყალში გახსნილი იონების კონცენტრაციებია: კალციუმი – 6.2 მგ/ლ, მაგნიუმი – 4.37 მგ/ლ, ჰიდროკარბონატები – 37.2 მგ/ლ.

წყალი ბაქტერიოლოგიურად ძლიერ დაბინძურებულია, ტბაში coli-ინდექსის რაოდენობა 340 000-ია, ხოლო coli-ტიტრის – 0,003.

წყალში გახსნილი ჟანგბადის კონცენტრაცია ძალზედ დაბალია – 0,2 მგ/ლ, ფოსფორის – 0,34 მგ/ლ, აზოტის – 5,0 მგ/ლ, ქლოროფილ "*A*"-ს – 75 მგ/ლ. წყლის ფერი მოლურჯო-მომწვანოა. აქვს არასასიამოვნო სუნი, სინათლის შეღწევადობა მცირეა. ტბა ევტროფირებულია, მისი ეკოლოგიური მდგომარეობა საგანგაშოა.

ევტროფიკაციული პროცესების შეფასება წყალსაცავებში

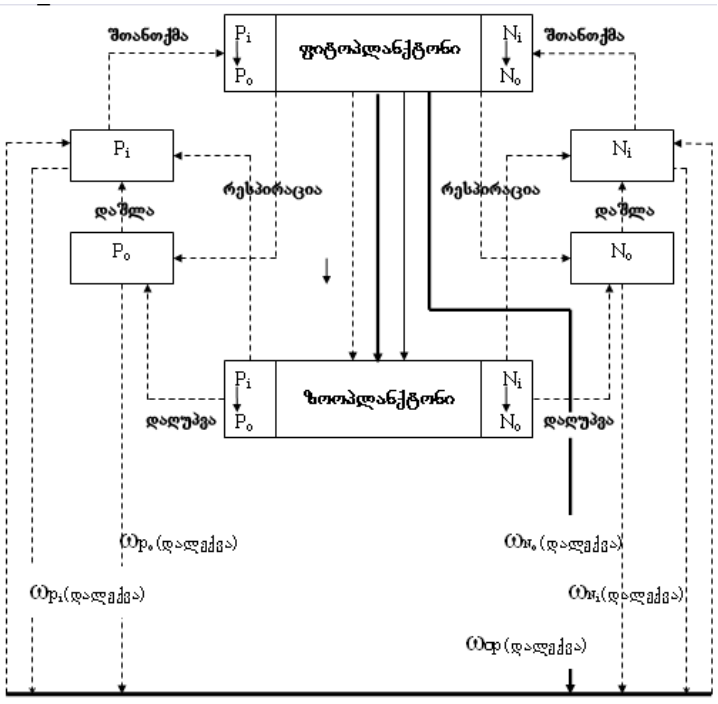
წყალსაცავების გაჭუჭყიანება ძირითადად დამოკიდებულია მასში საწარმოო, სასოფლო-სამეურნეო და საყოფაცხოვრებო წყლების ჩაშვებაზე, ატმოსფეროდან გაჭუჭყიანება ნივთიერებების მოხვედრა და თვით წყალსაცავში ადამიანის საქმიანობისა. ბევრად წყალსაცავი იმდენად გაჭუჭყიანებულია, რომ მათი გამოყენება წყალმომარაგების, თევზის მოშენების, რეკრეაციისა და სხვა დანიშნულებით შეუძლებელია.

წყალსაცავების ევტროფიკაციის ხარისხის დასადგენად გამოიყენება ბიოლოგიური, ფიზიკური და ქიმიური მაჩვენებლები. სხვადასხვა ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლებისათვის სტატისტიკურ ანალიზზე დაყრდნობით და წყალში საერთო ფოსფორის, აზოტისა და ქლოროფილ "*A*"-ს შემცველობის მიხედვით ევტროფიკაციის სქემა შეიმუშავა რ. ფოლენვაიერმა [1].

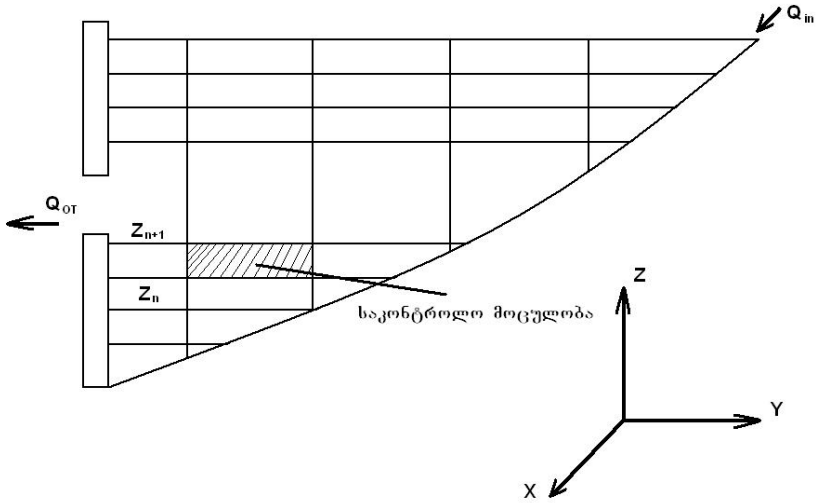
ეს სქემა საშუალებას იძლევა პირველი მიახლოებით დადგინდეს ფოსფორის ზღვრული დასაშვები დატვირთვები სხვადასხვა მორფოლოგიური მახასიათებლების წყალსაცავებზე. ამასთან, იგი არ ითვალისწინებს ისეთ მნიშვნელოვან ფაქტორებს, როგორიცაა წყალცვლისა და ბიოგენური ელემენტების ბრუნვის სიჩქარეები, რომლებიც ძალზე დიდ როლს ასრულებს წყალსაცავთა წყლის ევტროფიკაციაზე.

წყალსაცავებისათვის უფრო მისაღებია იაპონელი მეცნიერის ი. სამუეს [2,5] ევტროფიკაციის სქემა (ნახ. 1) ამ სქემაზე ნაჩვენებია ევტროფიკაციის ინდექსების ცვალებადობის მექანიზმი წყალსაცავის საკონტროლო მოცულობაში, ფიტოპლანქტონის პოპულაციის დინამიკის ასპექტში. ამ სქემის გამოყენებით ჩვენს მიერ შედგენილია წყალსაცავში ევტროფიკაციული პროცესების პროგნოზირების ალგორითმი.

ალგორითმის შესადგენად საჭიროა წყალსაცავის გეომეტრიული სქემატიზაცია, რომელიც მოყვანილია ნახ. 2-ზე. გაანგარიშება წარმოებს ზედაპირული და სიღრმითი ბლოკებისათვის ცალ-ცალკე.



ნახ. 1. ევტროფიკაციის ინდექსების ცვალებადობა



ნახ. 2. წყალსაცავის დაყოფა ელემენტარულ ბლოკებად

ძირითად განტოლებებს აქვს შემდეგი სახე:

1. ინერციის განტოლებები დროით გასაშუალოებული ჰორიზონტალური ნაკადისათვის:

$$X \text{ ღერძზე } L(u) = -\frac{1}{\delta}\frac{\partial P}{\partial X} \qquad (1)$$

$$Y \text{ ღერძზე } L(v) = -\frac{1}{\delta}\frac{\partial P}{\partial Y} \qquad (2)$$

$$Z \text{ ღერძზე } 0 = g - \frac{1}{\delta}\frac{\partial P}{\partial Z} \qquad (3)$$

2. უწყვეტობის განტოლება

$$\frac{\partial U}{\partial X} + \frac{\partial X}{\partial Y} + \frac{\partial W}{\partial Z} = 0 \qquad (4)$$

3. სითბოს შენახვის (კონსერვაციის) განტოლება:

$$L(T) = \frac{1}{\delta C_X} H^1 \qquad (5)$$

სადაც L ოპერატორი განისაზღვრება ფორმულით:

$$L(\varphi) = \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial X}(u \cdot \varphi) + \frac{\partial}{\partial Y}(W \cdot \varphi) + \frac{\partial}{\partial Z}(W \cdot \varphi) + \\ + \frac{\partial}{\partial X}(u^1 \cdot \varphi^1) + \frac{\partial}{\partial Y}(v^1 \cdot \varphi^1) + \frac{\partial}{\partial Z}(W^1 \cdot \varphi^1) \qquad (6)$$

სადაც H^1 – წყლის ზედაპირის მიერ შთანთქმული სითბოს რაოდენობა, რომელიც, ბიოლამბერტის კანონის გათვალისწინებით, იანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$H^1 = (1-\alpha_v)(1-\beta)F_s \exp\{-\eta(h-z)\} \qquad (7)$$

სადაც F_s მზის მოკლეტალღიანი რადიაციაა, კკალ/მ^2; β – წყლის ზედაპირის მიერ სითბური ენერგიის შთანთქმის კოეფიციენტი ($\beta = 0{,}5$); η – წყლის სიღრმეში სითბური ენერგიის განაწილების კოეფიციენტია ($\eta = 0{,}3$); h – წყლის ზედაპირის სიმაღლე მეტრებში, $Z - i$ – ბლოკის სიმაღლე მეტრებში.

4. მდგომარეობის განტოლება:

$$\delta = \delta(T, C) \qquad (8)$$

5. მასის შენახვის (კონსერვაციის) განტოლება:

$$L(C_i) = f(C_i, ..., C_n) \qquad (9)$$

სადაც f – რეაქციული წევრია.

წყალსაცავის ელემენტარული ბლოკებისათვის (1-9) განტოლებები ინტეგრირდება ცალკ-ცალკე. გაუსის დივერგენციალური თეორემის გამოყენებით (1) განტოლების მარცხენა მხარე ჩაიწერება შემდეგნაირად

$$\iiint L(u)d_x d_y d_z = \frac{\partial}{\partial t}(u^V \cdot V) + \left[U^{Ax} \cdot Y^{Ax} \cdot A_X\right]_{X_i}^{X_{i=1}} + \left[W^{Az} \cdot U^{Az} \cdot A_Z\right]_{Z_j}^{Z_{j+1}} - \\ - \left[A_X E_x \frac{\partial U}{\partial X}^{Ax}\right]_{X_i}^{X_{I=1}} - \left[A_Z E_Z \frac{\partial U}{\partial Z}^{Az}\right]_{Z_j}^{Z_{J+1}} - F + U_b Q_t \qquad (10)$$

სადაც სუბსკრიპტი V ნიშნავს საშუალო მოცულობით სიდიდეს, A_X და A_Y – X და Y ღერძების მართობული ელემენტარული ბლოკების ზედაპირის ფართობს; E_X, E_Z -X და Z –ღერძების

შესაბამისი დისპერსიების კოეფიციენტები; F – ელემენტარული ბლოკის საზღვრების მხრიდან მოქმედი დაწნევა და განივი ძალა; Q_t – ელემენტარულ ბლოკში შემოდინება და გადინება; U_b – ელემენტარული ბლოკის საზღვრებთან ნაკადის სიჩქარე.

შემოღებული L ოპერატორი იანგარიშება შემდეგნაირად:

$$L(u)=\frac{\partial}{\partial t}\left(\overline{\varphi}^{y}\right)+\frac{1}{V}\left[\overline{U}^{A_x}\overline{\varphi}^{A_x}A_x\right]_{x_i}^{x_{i+1}}+\frac{1}{V}\left[\overline{V}^{A_z}\overline{\varphi}^{A_z}A_z\right]_{z_j}^{z_{j+1}}- \\ -\frac{1}{V}\left[A_xE_x\frac{\partial\overline{\varphi}^{A_x}}{\partial x}\right]_{x_i}^{x_{i+1}}-\frac{1}{V}\left[A_zE_z\frac{\partial\overline{\varphi}^{A_z}}{\partial z}\right]_{z_j}^{z_{j+1}} \quad (11)$$

სადაც ელემენტარულ ბლოკებზე მოქმედი დაწნევა და განივი ძალა ძალზე მცირეა და შეიძლება მისი უგულებელყოფა. მაშინ (10) განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\overline{L}(u)=-\frac{1}{V}\left[\frac{\overline{P}^{A_X}}{P_0}\cdot A_X\right]_{X_i}^{X_{I+1}}+\frac{1}{V}U_{bij}Q_{bij} \quad (12)$$

ჰიდროსტატიკური დაწნევა გამოითვლება ფორმულით:

$$P(z)=\int_z^h\delta g dz+P_a \quad (13)$$

სადაც P_a – ატმოსფერული წნევაა.

მოვახდენთ რა ანალოგიურ გარდაქმნებს, უწყვეტობის (2), სითბოს შენახვის (5) და მასის შენახვის (9) განტოლებები ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$\left[\overline{U}^{A_x}A_x\right]_{x_i}^{x_{i+1}}+\left[\overline{V}^{A_z}A_z\right]_{z_j}^{z_{j+1}}+Q_{bij}=0 \quad (14)$$

$$\overline{L}(T)=\frac{1}{V}\left[\frac{1}{\rho C_v}\overline{H}'^{A_z}A_z\right]_{z_j}^{z_{j+1}}+\frac{1}{V}Q_{bij}\left(T_b-T\right) \quad (15)$$

$$\overline{L}(C_i)=\frac{1}{V}Q_{bij}\left(Q_{bi}-Q_i\right)+f\left(\overline{C}_i^V,...,\overline{C}_n^V\right) \quad (16)$$

რეაქციული f წევრი წარმოადგენს წყლის ხარისხის შემდეგ ელემენტებს: C_p – ფიტოპლანქტონში ქლოროფილის კონცენტრაციას, Z – ზოოპლანქტონში კარბონის კონცენტრაციას, N_i – არაორგანული აზოტის კონცენტრაციას, N_0 – ორგანული აზოტის კონცენტრაციას, P_i – არაორგანული ფოსფატების კონცენტრაციას. P_0 – ორგანული ფოსფატების კონცენტრაციას. COD – ჟანგბადის ქიმიურ მოთხოვნილებას.

ფიტოპლანქტონში ქლოროფილის კონცენტრაციის განმსაზღვრელი მასის შენახვის განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

$$C_p=-\frac{\partial}{\partial z}(\omega_{c_p}\cdot C_p)+C_p(C_p,N_1,P_i)- \\ -R_{C_P}Q_{c_p}\cdot C_p-C_z(C_{p,z}) \quad (17)$$

განტოლებაში პირველი წევრი გამოსახავს ქლოროფილის დალექვის სიჩქარეს, მეორე რაოდენობას, მესამე რესპირაციისა და პრედიციის კოეფიციენტს.

$$f(z)=\alpha\cdot a_z\cdot G_z(C_p,Z)-R_zQ_Z\cdot Z \quad (18)$$

სადაც α – ფიტოპლანქტონში კარბონის კონცენტრაციის ფარდობაა ქლოროფილის კონცენტრაციასთან;

α_z – ასიმილაციის კოეფიციენტი,

R_Z – ზოოპლანქტონის შემცირების (სიკვდილიანობის) კოეფიციენტია.

არაორგანული და ორგანული აზოტის კონცენტრაციის განსაზღვრისათვის გამოიყენება ფორმულები:

$$\bar{f}_{(N_i)}=-\beta_NG_{CP}(C_p,N_i,P_i)+R_NQ_N^{(T-Z_0)}\times \\ \times(N_0-\beta_NC_P-\gamma_NZ)- \\ -\beta_N(1-a_z)G_Z(C_{P,}Z)+E_N \quad (19)$$

$$\bar{f}_{(N_0)}=-\frac{\partial}{\partial z}\left(N_0-\gamma_NZ\right)\omega_{N_0}+\beta_NG_{cp}- \\ -R_NQ_N^{(T-20)}\cdot\left(N_0-\beta_NC_p-\gamma_NZ\right)- \\ -\beta_N\left(1-a_z\right)G_z\left(C_p,Z\right) \quad (20)$$

სადაც β_i – არაორგანული აზოტის კონცენტრაციის ფარდობაა ქლოროფილის კონცენტრაციასთან, R_n – აზოტის დაშლის კოეფიციენტი, Q_n – ტემპერატურული რეჟიმის კორექციის კოეფიციენტი, N_0 – ორგანული აზოტის კონცენტრაცია, γ_N – ორგანული აზოტის კონცენტრაციის ფარდობა კარბონის კონცენტრაციასთან, E_N – წყალსაცავის ფსკერზე არაორგანული აზოტის კონცენტრაცია.

არაორგანული და ორგანული ფოსფატის მასის შენახვის განტოლებებია:

$$\bar{f}(P_1) = -\frac{\partial}{\partial Z}\left(\omega_{P_i} \cdot P_i\right) - \beta_P G_{cp}\left(C_p, N_1, P_i\right) + \\ + R_p Q_p^{(T-20)} \cdot \left(P_0 - \beta_p C_p - \gamma_p Z\right) + \\ + \beta_p (1 - a_z) G_z\left(C_p, Z\right) + E_{P_i} \quad (21)$$

$$\bar{f}(P_0) = -\frac{\partial}{\partial Z}(P_0 - \gamma_P Z)\omega_{P_0} + \beta_P G_{cp} \times \\ \times \left(C_P, N_i, P_i\right) - R_P Q_P^{(T-20)} \cdot \left(P_0 - \beta_P C_P - \right. \\ \left. - \gamma_P Z\right) + \beta_P (1 - a_z) G_z\left(C_p, Z\right) \quad (22)$$

სადაც ω_{P_i} და ω_{P_0} – არაორგანული და ორგანული ფოსფატების დალექვის სიჩქარეებია; β_p – არაორგანული ფოსფატის კონცენტრაციის ფარდობა ქლოროფილის კონცენტრაციასთან; R_p – არაორგანულ ფოსფატში ორგანული ფოსფატის დაშლის კონცენტრაცია; E_{Pi} – წყალცვლის ფსკერზე ორგანული ფოსფატის კონცენტრაცია.

ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნილების კონცენტრაციის კონსერვაციულ განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

$$\bar{f}(COD) = -\frac{\partial}{\partial z}(\omega_{COD} \cdot COD) + f_P G_{cp}(C_P, N_{i,} P_i) - \\ - f_C(COD) \quad (23)$$

სადაც f_p – ქლოროფილ "A"-ს ტრანსფორმაციის კოეფიციენტია ჟანგბადის ქიმიურ მოთხოვნილებაში.

ზემოთ მოყვანილი განტოლებების ამოხსნისათვის გამოყენებულია სასრულ სხვაობათა მეთოდი [4, 6], რომელიც ცხადი სქემით დამუშავებულ და შემოწმებულ იქნა საქართველოს ზოგიერთი წყალსაცავების (წალკა, სიონი, სამგორი) ევტროფიკაციის პროცესის პროგნოზირების პროგრამით.

ალგორითმის მიხედვით წყალსაცავი იყოფა ელემენტარულ ბლოკებად (ნახ. 2) ყოველი ბლოკისათვის სასაზღვრო პირობები შემდეგნაირია:

ა) მოდინების სექციისათვის $\int UdA = Q_{in}$

ბ) გადინების სექციისათვის

$$\Sigma \int_{Z_m}^{Z_{\min}} budz = Q_{dis}$$

($u = 0$ კაშხლისპირა ბლოკისათვის),

გ) გვერდითი მოდინებისათვის $\Sigma q_b = Q_{bin}$ ($q_b = 0$ გვერდითი მოდინების არ არსებობის დროს),

დ) წყალსაცავის ფსკერზე:

$$W_{zb} = 0; \quad \left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)_{zb} = 0; \quad \left(\frac{\partial t}{\partial z}\right)_{zb} = 0; \quad \left(\frac{\partial c}{\partial z}\right)_{zb} = 0$$

ე) წყალსაცავის ზედაპირზე:

$$W_{zs} = \frac{\partial h}{\partial t} + U_{Zs}\frac{\partial h}{\partial x};$$

$$D_{T_s}\frac{\partial T}{\partial t}\int_{Z_s} = -\frac{1}{\delta C_w}\left(\Phi_i + \Phi_a\right)$$

$$D_{C_s}\frac{\partial C}{\partial Z}\int_{Z_s} = CW_0\int_{Z_s}$$

ცხადი სქემით მდგრადობის პირობები რიცხვითი ანალიზისათვის გამოიხატება შემდეგნაირად:

$$\frac{\Delta t}{\Delta x} = \frac{2\sqrt{gh} - (u) - 2\frac{D_{mx}}{\Delta x}}{2gh}$$

ტემპერატურული რეჟიმი და წყლის ხარისხის ელემენტების კონცენტრაცია გამოითვლება (14-16) ფორმულებით. უნდა აღინიშნოს რომ წყლის ხარისხის სხვადასხვა ელემენტების გამოთვლისათვის გამოიყენება რუნგა-კუტეს რიცხვითი მეთოდი.

გამოთვლების პერიოდისათვის შერჩეულ იქნა 365 დღე (1 წელი) 2006 წლის 1 იანვრიდან 31 დეკემბრამდე.

წყლის ხარისხის ელემენტების საწყის პირობად მიღებულია მდინარის წყლის ხარჯისა და წყლის ხარისხის ელემენტების კონცენტრაციის ემპირიული ურთიერთკავშირი $c = aq^b$ სახით, საწყისი პირობით, რომ წყალსაცავის დინების სიჩქარე u = 0, v = 0, ხოლო წყლის ტემპერატურა ტოლია 4°C.

აღნიშნული მეთოდით შესწავლილია სამგორის, სიონისა და წალკის წყალსაცავში ევტროფიკაციული პროცესები. გამოთვლათა შედეგები მოყვანილია ცხრილში 1.

ცხრილი 1

ევტროფიკაციის ინდიკატორები	სამგორი		სიონი		წალკა	
	ფაქტ.	პროგნ.	ფაქტ.	პროგნ.	ფაქტ.	პროგნ.
შეტივნარებული ნაწილაკები, მგ/ლ	56,0	71,5	67,5	83,3	77,2	89,3
წყალში გახსნილი ჟანგბადი მგ/ლ	7,6	7,9	8,0	8,2	6,5	6,7
PH	7,2	7,9	8,0	8,2	6,5	5,8
ჯამური ფოსფორის რაოდენობა მგ/ლ	7,2	7,0	6,8	6,5	6,0	1,5
ჯამური აზოტის კონცენტრაცია მგ/ლ	1,7	1,9	1,3	1,5	2,0	2,3
ლოროფილ "*A*"-ს კონცენტრაცია მგ/ლ	3,5	3,8	2,6	2,7	8,7	9,0

როგორც ჩანს, რეალურსა და პროგნოზირებულ სიდიდეთა შორის განსხვავება მცირეა, მხოლოდ შეწონილი (შეტივნარებული) ნატანის პროგნოზირებული სიდიდეები არ ემთხვევა რეალურს. ეს იმით აიხსნება, რომ მდინარეებზე შეწონილ ნატანთა კონცენტრაცია დიდია, განსაკუთრებით წვიმის პერიოდში. შეწონილ ნატანთა კონცენტრაციის გაზრდის მხედველობაში მიღება ანგარიშებში ძნელდება, რამაც გამოიწვია მცირედი განსხვავება მათ რეალურსა და გამოთვლილ სიდიდეებს შორის.

დასკვნა

ტბების და წყალსაცავების ევტროფიკაციის მიღებული ინდიკატორებისა და ფაქტორების გამოყენებით შემუშავებულია ევტროფიკაციული პროცესების პროგნოზირების მეთოდიკა.

ლიტერატურა

1. **Harleman D., Wang M.** Hydrothermal-biological coupling of lake eutrophication models. Palp. M. Parsons laboratory, 1982.
2. **Ikeda S., Adachi W.** A dynamic water quality model of lake Biwa. A simulation study of the lake eutrophication, //Ecological modeling, 1975, p. 151-172.
3. **Iwasa I., Matsuo N. and Norikita I.** "Hydraulic analysis of eutrophication in a reservoir by means of numerical method" DPRI, Kyoto University, 1981.
4. **Iwasa I., Kereselidze D.** Eutrophication processes in stratified reservoirs. Topics in lake and reservoir hydraulics. //XXII congress for hydraulic research, Lausanne, 1987, p. 202-207.
5. **Matsuoha I., Goda T. and Nahano S.** End eutrophication model of lake Kasumigora. //Ecological Modeling, 1985, p. 201-219.
6. **Orlov G.** Mathematical modeling of water quality. International Institute for Applied Systems Analysis, John Willey and Sons, 1983.

უაკ 601.674

ფერდოს ჩამოშვავებული მასის დაცურების წირის დიფერენციალური განტოლების შედგენა და მისი გამოკვლევა დამატებითი დატვირთვების გათვალისწინებით

ტარიელ კვიციანი, გია ხუციშვილი, თამაზ გარდაფხაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

ინჟინრულ პრაქტიკაში (საინჟინრო გეოლოგიაში, მთის ქანების მექანიკაში ჰიდროტექნიკურ და გზათა მშენებლობაში, ღია კარიერების დამუშავებაში და სხვა) ყველაზე მეტად გავრცელებულ ამოცანად გვევლინება ბუნებრივი და ხელოვნური ფერდობის სტატიკური მდგრადობა – არამდგრადობის შესწავლა, მიწის კაშხლების და ფერდოების მოწყვეტის (მეწყერ-ჩამონაქცევების) პროგნოზირება, ბორტების და გამონაშვერი ფრაგმენტების ჩამონგრევა-ჩამოშვავების წარმოშობის საშიშროების შეფასება დამატებითი დატვირთვების ფილტრაციული, სეისმური, აფეთქების და დროებითი დატვირთვებით გამოწვეული ძალების გათვალისწინებით.

თითქმის ყველა მკვლევარი მიიჩნევს, რომ ფერდობების ჩამოშვავებული მასის საშიში დაცურების ზედაპირი წარმოადგენს წრიულ-ცილინდრულს (ბრტყელი ამოცანის შემთხვევაში – წრის რკალს), რაც გლობალურად ნაკლებადაა მოსალოდნელი და იგი ჭეშმარიტი საშიში დაცურების ზედაპირის მხოლოდ უხეში მიახლოებაა. ამასთან, თითქმის ყველა მათგანი ცდილობს პრიზმის მასის წრიულ-ცილინდრული დაცურების ზედაპირი განსაზღვროს გრაფოანალიზური ხერხით.

ჩამოშვავებული მასის საშიში დაცურების ზედაპირის ამსახველი განტოლება ანალიზურად პირველადაა გამოყვანილი [1] ნაშრომში, როცა ერთგვაროვან ფერდოს მასივზე მძვრელი ძალებიდან მოქმედებს მხოლოდ საკუთარი სიმძიმის ძალა. ქვემოთ მოვიყვანთ ამ ამოცანის ამოხსნის ანალიზურ მეთოდს, როცა ფერდოს მასივზე მოქმედებს დამატებითი დატვირთვები (მძვრელი ძალები).

ძირითადი ნაწილი

ისე, როგორც ყველა მასალა, მთის ქანებიც ირღვევა ნორმალური ძაბვებით გამოწვეული გაჭიმვით, ან ჭრაზე მხები ძაბვების გავლენით. ამ სახის ძაბვებით განისაზღვრება მთის ქანების სიმტკიცე.

მთის ქანების სიმტკიცეზე დახასიათების დროს საჭიროა განვასხვავოთ: მისი ცალკეული ნაწილების და მთლიანი მასივის სიმტკიცე; ფენებს შორის სიმტკიცე; ფერდოს ზედაპირის სიმტკიცე; ცალკეული დასუსტებული ფენების სიმტკიცე; გაბზარულ და შრეებიან მასივებში სიმტკიცეები; სიმტკიცე გაჭიმვაზე, კუმშვასა და ჭრაზე.

გრუნტის მასივი მთლიანობაში ხასიათდება მის ცალკეულ ნაწილაკების მაღალი სიმტკიცით და უფრო შესუსტებულით მათ კონტაქტებს შორის. გრუნტის ქანების რღვევა და მისი დეფორმაცია ჩამოშვავებულის სახით მიმდინარეობს დასუსტებულ ზედაპირებზე, ნაწილაკების კონტაქტებში, ფორებში და ცალკეულ სიბრტყეებში. ამ დროს საჭიროა გავითვალისწინოთ წინაღობა კუმშვასა და ჭრაზე, რომლებიც განისაზღვრება K შეჭიდულობით და შინაგანი ხახუნის φ კუთხით. ეს ორი პარამეტრი წარმოადგენს მთის ქანების სიმტკიცის ძირითად მახასიათებელ სიდიდეს.

მთის ქანების შეჭიდულობა შეიძლება წარმოვადგინოთ სამი შესაკრების სახით:

$$K = K_1 + K_y + K_w, \qquad (1)$$

სადაც K_1 არის პირველადი შეჭიდულობა

(მისი სიდიდე დამოკიდებულია მთის ქანების შემადგენლობაზე და მათ სიმტკიცეზე); K_y – განმტკიცების შეჭიდულობა (მისი სიდიდე წარმოიშობა მთის ქანებში სხვადასხვა მინარევებით ცემენტაციის დროს); K_w – კაპილარული დაჭიმულობის შეჭიდულობა (მისი სიდიდე წარმოიშობა, როგორც დამატებითი წინაღობა ჭრაზე ხახუნის ძალების ხარჯზე, რომელიც განვითარდება კაპილარული წნევების დროს, როცა მთის ქანი გაჟღენთილია წყლით ან აქვს მაღალი სიმკვრივე).

სხვადასხვა გრუნტებში აღნიშნული ტიპის შეჭიდულობებს აქვს სხვადასხვა ფარდობითი სიდიდეები. ასე მაგალითად, მაგარ ქვიშნარებში, რკინოვან ან კაჟმიწიანი ცემენტაციის დროს $K_y >> 1$, ხოლო $K_w \to 0$. მკვრივ თიხებში შეჭიდულობის ძირითადი სახეა K_1, დიდი ფორიანობის და ტენიანობის მქონე თიხნარებში მნიშვნელოვანია K_w შესაკრების ფარდობითი სიდიდე.

შინაგანი ხახუნის კოეფიციენტი დამოკიდებულია ჩამოშვავებული მასის დაცურების ზედაპირის სიმქისეზე და განისაზღვრება ქანის გრანულომეტრული შემადგენლობით.

შევნიშნოთ, რომ ფერდოს მასივის რღვევისას ჩამოშვავებული პრიზმის მასის დაცურება იმ შემთხვევებში ხდება რაიმე მრუდწირულ ზედაპირზე: როცა ფერდოს მასივი ერთგვაროვანი, ფხვიერი, მარცვლოვანი გრუნტია; როცა ფენები განლაგებულია ჰორიზონტალურად და მათი სიმტკიცის ძირითადი მახასიათებლები დიდად არ განსხვავდება ერთმანეთისგან, როცა ფენები განლაგებულია ფერდოს ქანობის საწინააღმდეგოდ.

ნახ. 1-ზე მოყვანილია აღნიშნული ტიპის მთის ქანების ჩამონგრევა-ჩამოშვავების საშიში დაცურების ზედაპირის ამსახველი განტოლების მისაღებად საანგარიშო სქემა. ფერდოს გრუნტი ხასიათდება შინაგანი ხახუნის φ კუთხით, K შეჭიდულობით და მოცულობითი γ წონით.

ფხვიერი გარემოს თეორიის თანახმად ერთგვაროვან მთის ქანების მასივში წარმოიქმნება დაცურების ე.წ. „მოედნები“ (მცირე ბაქნები), მხოლოდ იმ ძაბვებისათვის, რომელთა სიდიდე აღემატება σ_0-ს [2].

$$\sigma_0 = 2Kctg\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right). \qquad (2)$$

აღნიშნული "მოედნები" განლაგებულია უდიდესი მთავარი ნორმალური ძაბვის მიმართ $\beta = 45^0 - \frac{\varphi}{2}$ კუთხით (ნახ. 1). ამავე დროს მთის ქანების მასივში მთავარ ნორმალურ დაძაბულობებს აქვს ვერტიკალური მიმართულება, ხოლო ფერდოს ზედაპირთან მიახლოებისას ვერტიკალიდან ისინი გადაიხრება ფერდოს ზედაპირის მხარეს.

ერთგვაროვან მასივებში გრუნტის ჩამოშვავებული მასის დაცურების ზედაპირისათვის დამახასიათებელია მის ზედა ნაწილში ვერტიკალური სიბრტყის (ბრტყელი ამოცანის შემთხვევაში მონაკვეთის, ნახ. 1-ზე $AQ = H_{90}$) არსებობა და ეს სიმაღლე განისაზღვრება თეორიული დამოკიდებულებით [2]:

$$H_{90} = \frac{2K}{\gamma} ctg\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right), \qquad (3)$$

სადაც K არის შეჭიდულობა; φ – ქანის შინაგანი ხახუნის კუთხე; γ – ქანის ხვედრითი წონა.

ვერტიკალური მონაკვეთი წარმოიქმნება გამჭიმავი ძაბვების მოქმედების შედეგად, რომლებიც მიისწრაფვის იმისაკენ, რომ ჩამოშვავებული მასა მოაბრუნოს O წერტილის გარშემო (ნახ. 1). შედეგად დეფორმირებული მასივის ზედა ნაწილში გაჩნდება ვერტიკალური ბზარი, რომელიც H_{90}-ზე სიმაღლეზე ვრცელდება. H_{90} მონაკვეთის გაგრძელებაზე ქვევით წარმოიშობა ვერტიკალთან $\beta = 45^0 - \frac{\varphi}{2}$ კუთხით დახრილი სიბრტყე – წრფივი AB მონაკვეთი. შემდეგ ჩამოშვავებული მასა მოძრაობს BO მრუდწირულ ზედაპირზე, რომელიც ფერდოს ცილინდრულ ზედაპირს გადაკვეთს $\beta = 45^0 - \frac{\varphi}{2}$ კუთხით, ან ჩადის ფერდოს ფუძეში (როცა $\varphi < 13°$).

(2) და (3) ფორმულების შედარებიდან ცხადია, რომ დაუტვირთავ ფერდობებში დაცურების „მოედნები“ წარმოიქმნება მხოლოდ განსაზღვრულ სიღრმეში:

$$\sigma = \gamma \cdot H_{90}. \qquad (4)$$

აღნიშნულიდან გამომდინარე ვასკვნით, რომ AB მონაკვეთის მარჯვნივ დაცურების "მოედნები" ვერტიკალთან დახრილია β კუთხით, ხოლო მის ქვევით მათი მიმართულებები ემთხვევა დაცურების ODB წირის მხებს.

დაცურების ზედაპირზე (და საერთოდ მასივში) მოქმედებს $\sum \vec{F}_i$ დამჭერი (ხახუნის და შეჭიდულობის) და მძვრელი $\sum \vec{P}_i$ (ქანის მასის წონა, დროებითი და მუდმივი მოწყობილობების წონა, აფეთქების, სეისმური ჰიდროსტატიკური და ჰიდროდინამიკური) ძალები. თუ ამ ძალებს დავაგეგმილებთ $z = z(x)$ წირის l მხებზე, მაშინ ადგილი ექნება შემდეგს (ნახ. 1): როცა $\sum F_{il} > \sum P_{il}$ ფერდო სტატიკურ წონასწორობაშია; როცა $\sum F_{il} = \sum P_{il}$ – ფერდო ზღვრულ სტატიკურ წონასწორობაშია; როცა $\sum F_{il} < \sum P_{il}$, მაშინ ფერდოს მასივი იწყებს ჩამოქცევას (დეფორმაციას). ნახ. 1-ზე OM_1B წირის ზემოთ და მის ქვემოთ, შესაბამისად, ადგილი აქვს უტოლობებს: $\sum P_{il} < \sum F_{il}$; $\sum P_{il} > \sum F_{il}$.

ამოცანაში ფერდოს მასის საშიში დაცურების წირს განვსაზღვრავთ, როცა გრუნტი ერთგვაროვანია, მშრალია და ხასიათდება შინაგანი ხახუნის φ კუთხით, K შეჭიდულობით და მოცულობითი γ წონით. ამასთან, მძვრელი ძალებიდან ვითვალისწინებთ $\vec{G}$ ჩამოშვავებული მასივის წონას, $\vec{P}$ აფეთქების წნევის ძალის ჰორიზონტალურ მდგენელს და $\vec{P}_S$ სეისმური ძალას (ნახ. 1).

ფერდოს ჩამოშვავებული მასის საშიში დაცურების ზედაპირის აგება უნდა მოხდეს შემდეგი მიმდევრობით. ჯერ განისაზღვრება a რიცხვი, რომელიც შემდეგი ფორმულით მოიცემა [2]:

$$a = \frac{2H\left[1 - ct\theta \cdot tg\left(\frac{\theta+\varphi}{2}\right)\right] - 2H_{90}}{ctg\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right) + tg\left(\frac{\theta+\varphi}{2}\right)}, \qquad (5)$$

სადაც H არის ფერდოს სიმაღლე, მ; θ – $g(x) = cx+b$ წრფის ფერდოს ჰორიზონტთან დახრის კუთხე; φ – შიგა ხახუნის კუთხე, გრად.

H_{90} სიმაღლის ქვედა A წერტილზე გავატარებთ ვერტიკალთან β კუთხით დახრილ AB წრფეს; შევადგენთ დიფერენციალურ განტოლებას, რომელსაც დააკმაყოფილებს ფერდოს ჩამოშვავებული მასის საშიში დაცურების წირის $z = z(x)$ განტოლება; $z = z(x)$ წირის და AB წრფის გადაკვეთა მოგვცემს დაცურების ზედაპირის | AB| წრფივ მონაკვეთს (ნახ. 1).

საანგარიშო სქემაზე $ED_1Q : z = g(x)$, $0 \le x \le d+b\sin\beta$, უბან-უბან გლუვი მოცემული წირია. ბუნებრივი ფერდოს ცილინდრული ფორმის შემთხვევაში $z = g(x) = cx+b$. $ODB : z = z(x)$, $0 \le x \le d$ – ფერდოს მასივის საშიში დაცურების ზედაპირის ამსახველი წირია [1].

უსასრულოდ მცირე $[x, x + dx]$ მონაკვეთზე გამოვყოთ ფერდოს პრიზმის DD_1M_1M ნაკვეთური, რომელიც მოთავსებულია ამ მონაკვეთის ზემოთ, სადაც $D = D[x, z(x)]$, $D_1 = D_1[x, g(x)]$, $M_1 = M_1[x + dx, g(x + dx)]$, $M = M[x + dx, z(x + dx)]$.

დავუშვათ, რომ $z = z(x)$ წირი გლუვია, მას ყოველ წერტილში გააჩნია უწყვეტად ცვლადი მხები. DD_1M_1M ფიგურის ფართობი და $L = L(DM)$ რკალის სიგრძეზე მაღალი რიგის უსასრულო მცირე სიდიდის სიზუსტით, ვიდრე dx, მოიცემა ფორმულებით:

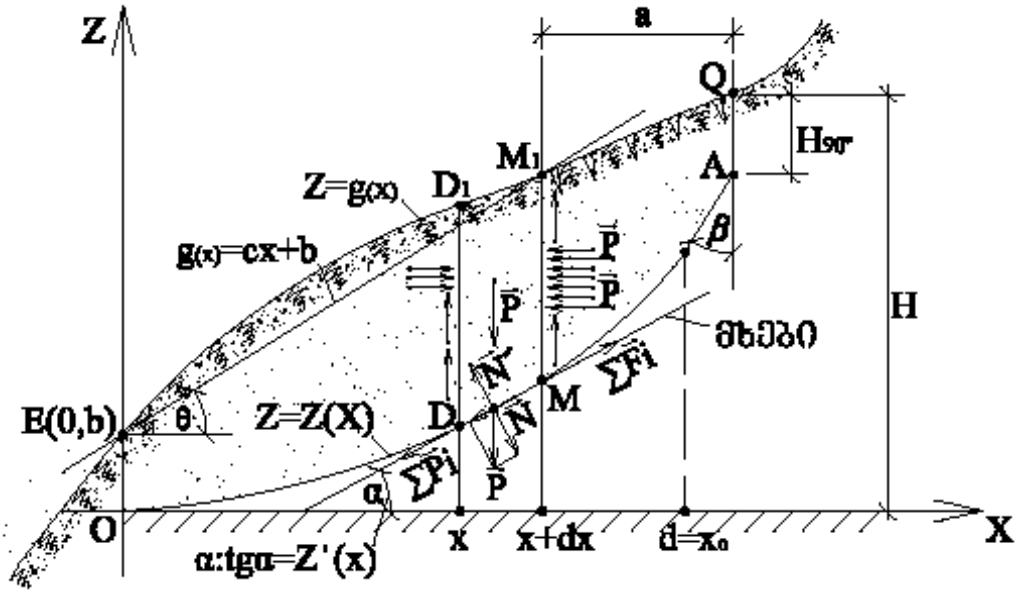
$$S = |DD_1| \cdot dx = (g(x) - z(x)) \cdot dx, \qquad (6)$$

$$L = \sqrt{1 + [z'(x)]^2} \cdot dx. \qquad (7)$$

გამოყოფილი ელემენტარული DD_1M_1M ნაკვეთურის ზღვრული სტატიკური წონასწორობის განტოლებას ექნება შემდეგი სახე:

$$\vec{G} + \vec{P} + \vec{P}_s + f\vec{N} + \vec{K}L = 0. \qquad (8)$$

შენიშვნა 1. უმეტეს შემთხვევაში დამატებითი დატვირთვების არსებობა იწვევს გრუნტის წონის ნორმალური მდგენელის შემცირებას და მხები მდგენელის გაზრდას, რაც იწვევს ფერდოს მდგრადობის პირობების გაუარესებას. მიუხედავად იმისა, რომ ჩამოშვავებული პრიზმის წონა 1-2 რიგით მეტია, ვიდრე დამატებითი დატვირთვები, მათ მოქმედებას არსებითი მნიშვნელობა აქვს ფერდოს გარკვეული ნაწილების მდგრადობისათვის, მაგრამ არა მთლიანი ფერდოს მასივისთვის.



ნახ. 1

შენიშვნა 2. DD_1M_1M ელემენტარული ნაკვეთურის DD_1 და M_1M წახნაგებზე მოქმედი ხახუნის და მთის ქანების წნევები ერთმანეთს აწონასწორებს, ამიტომ მათ მხედველობაში არ მივიღებთ.

ახლა დავაგეგმილოთ (8) განტოლება L რკალის სიმძიმის ცენტრზე გავლებულ მხებზე, (ნახ. 1) გვექნება:

$$G\sin\alpha + P\cos\alpha + P_s\cos\alpha - Gf\cos\alpha - KL = 0\,. \quad (9)$$

(6) ტოლობის შესაბამისად DD_1M_1M ელემენტარულ ბლოკზე მოქმედი სიმძიმის $\vec{G}$ ძალის სიდიდე ტოლია:

$$G = \gamma\cdot s\cdot 1 = \gamma[g(x) - z(x)]\cdot dx\,. \quad (10)$$

ფერდოს მასივზე მოქმედი აფეთქების ძალის სიდიდე შეიძლება შევაფასოთ შემდეგი ფორმულით [2]:

$$P_s = 0{,}36\cdot\frac{Q^{\frac{1}{2}}}{R^{\frac{3}{2}}}\cdot\sqrt[6]{\frac{u\cdot E^5}{\gamma}} = m_s\cdot G\,. \quad (11)$$

მიწისძვრის შედეგად აღძრული სეისმური $\vec{P}_s$ ძალის სიდიდე გამოითვლება ფორმულით:

$$P_S = C_S\cdot G\,, \quad (12)$$

სადაც Q არის ერთდროულად აფეთქებული მუხტის მასა; R – მანძილი აფეთქების ცენტრიდან მასივის განსახილველ წერტილამდე; u – აფეთქების კუთრი ენერგია; E – იუნგის მოდული; γ – ქანის სიმკვრივე; m_s – აფეთქების წნევის ძალის ჩამოშვავებული მასის წონასთან პროპორციულობის კოეფიციენტი; C_s – სეისმურობის კოეფიციენტი, რომელიც ზონებისა და ფერდოს გრუნტის დაზიანების ხარისხის მიხედვით 0,03÷0,27 ფარგლებში იცვლება; $f = \mathrm{tg}\alpha$ – სრიალის ხახუნის კოეფიციენტი.

(7), (10), (11) და (12) გამოსახულებების გათვალისწინებით (9) განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\gamma[g(x) - z(x)]dx\frac{z'(x)}{\sqrt{1+z'^2(x)}} + \gamma(m_s + c_s - f)[g(x) - z(x)]dx\times \frac{1}{\sqrt{1+z'^2(x)}} - K\sqrt{1+z'^2(x)}dx = 0. \quad (13)$$

$K = K(h)$ – განსახილველი ფერდოს შეჭიდულობა დამოკიდებულია შემდეგ $h(x) = g(x) - z(x)$ ცვლადზე.

შენიშვნა 3. მთის ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გამოკვლევით დადგენილია, რომ K შეჭიდულობა h სიღრმის ფუნქციაა. ასე მაგალითად, თუ აგრელიტებში და ალევროლიტებში 15-20 მ სიღრმეში სიმკვრივე

60-70% შეადგენს და შეჭიდულობა 0,2–2,0 კმ/სმ^2, მაშინ 70-100 მ სიღრმეზე ისინი, შესაბამისად, აღწევს 80-85% და 20-30 კგ/სმ^2. ქვიშნარებში კი შეჭიდულობა 1,8-2,0-დან იზრდება 40-45 კგ/სმ^2-მდე [4].

თუ გავითვალისწინებთ, რომ (6), (7) და (10) ტოლობები სრულდება მაღალი რიგის უსასრულო მცირის სიზუსტით, ვიდრე dx, ფერდოს მასივის დაცურების ზედაპირის $z = z(x)$ მრუდის განსასაზღვრად (13)-დან მივიღებთ პირველი რიგის შემდეგ არაწრფივ დიფერენციალურ განტოლებას:

$$k(h)\cdot z'^2(x) - \gamma\left[g(x)-z(x)\right]\cdot z'(x) - \\ -\gamma(m_s + c_s - f)\left[g(x)-z(x)\right] + k(h) = 0. \quad (14)$$

თუ (14) განტოლებას ამოვხსნით, როგორც კვადრატულს $z'(x)$-ის მიმართ, მივიღებთ:

$$z'_{1,2}(x) = \frac{\gamma\left[g(x)-z(x)\right] \pm \sqrt{\gamma^2\left[g(x)-z(x)\right]^2 - 4K(h)\left[k(h) - \gamma(m_a + c_s - f)\left[g(x)-z(x)\right]\right]}}{2K(h)}. \quad (15)$$

შენიშვნა 4. ქვემოთ ჩვენ შემოვისაზღვრებით მხოლოდ (15) ფორმულით განსაზღვრული $z'_1(x)$ ფესვის შემთხვევით, თუმცა $z'_2(x)$ ფესვის შემთხვევაც განიხილება $z'_1(x)$ ფესვზე ჩატარებული კვლევის ანალოგიურად.

(15) განტოლება $h(x) = g(x) - z(x)$ ფუნქციის მიმართ მიიღებს სახეს:

$$h'(x) = g'(x) - \frac{\gamma h(x) + \sqrt{\gamma^2 h^2(x) - 4K(h)\left[k(h) - \gamma(m_a + c_s - f)\cdot h(x)\right]}}{2K(h)}. \quad (16)$$

ამასთან, იმის ძალით, რომ $z(0) = 0$ (ნახ. 1), ამ განტოლების $h(x)$ ამონახსნი აკმაყოფილებს შემდეგ საწყის პირობას:

$$h(0) = g(0). \quad (17)$$

მაშასადამე $h = h(x)$ ფუნქცია წარმოადგენს (16), (17) კოშის ამოცანის ამონახსნს $[0, d]$ სეგმენტზე.

მექანიკური მოსაზრებიდან გამომდინარე და ექსპერიმენტული მონაცემების [4] საფუძველზე $k = k(h)$ ფუნქცია წარმოადგენს თავისი $h \ge 0$ არგუმენტის უწყვეტ, მონოტონურად ზრდად ფუნქციას. ამასთან

$$K(0) = 0. \quad (18)$$

(18)-ის ძალით და იმის გამო, რომ $K(h)$ შედის (16) განტოლების მარჯვენა მხარის მნიშვნელში, ეს განტოლება საზოგადოდ შეიცავს სინგულარულ წევრს.

(16) განტოლება გადავწეროთ შემდეგი სახით:

$$h' = F(x, h), \quad (19)$$

სადაც

$$F(x,h) = g'(x) - \frac{\gamma h + \sqrt{\gamma^2 h^2 + 4\gamma K(h)\cdot h(m_s + c_s - f) - 4K^2(h)}}{2K(h)}. \quad (20)$$

ქვემოთ, ცხადი მოსაზრების გამო, ვიგულისხმოთ, რომ

$$g(x) > 0,\ g'(x) \ge 0,\ \text{როცა}\ 0 < x \le d + l\sin\beta. \quad (21)$$

შენიშვნა 5. რადგან $g(x) \ge z(x)$, ჩვენთვის საინტერესო იქნება მხოლოდ (19), (17) ამოცანის არაუარყოფითი $h(x) = g(x) - z(x) \ge 0$ ამონახსნი. ამასთან აქედან გამომდინარე (15)-ის ძალით $z'(x) \ge 0$, ე.ი. $z = z(x)$ ფუნქცია წარმოადგენს მონოტონურად არაკლებად ფუნქციას და რადგან $z(0) = 0$, გვექნება $z(x) = \int_o^\alpha z'(t)dt \ge 0$, როცა $x \ge 0$.

განვიხილოთ შემთხვევა, როცა ფერდოს ზედაპირი არის ცილინდრული, რომლის განტოლებაა $g(x) = cx + b$, სადაც c და b მოცემული დადებითი რიცხვებია.

ამ შემთხვევაში (20) ფორმულით მოცემული $F(x, h)$ ფუნქცია არ არის დამოკიდებული x ცვლადზე და აქვს შემდეგი სახე:

$$F(h) = c - \frac{\gamma h + \sqrt{\gamma^2 h^2 + 4\gamma h K(h)(m_a + c_s - f) - 4K^2(h)}}{2K(h)},$$

$$h > 0. \quad (22)$$

ამიტომ (13) დიფერენციალური განტოლება ჩაიწერება შემდეგნაირად

$$h' = F(h). \quad (23)$$

ხოლო იმის გამო, რომ $g(x) = cx + b$, (17) საწყისი პირობა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$h(0) = b. \quad (24)$$

ახლა დავადგინოთ $F(h)$ ფუნქციის განსაზღვრის არე, რისთვისაც შემოვიღოთ შემდეგი ახალი ფუნქციები:

$$K_1(h) = \frac{h}{k(h)},\ h > 0, \quad (25)$$

$$\Phi(v) = c - \frac{1}{2}\left(\gamma v + \sqrt{\gamma^2 v^2 + 4\gamma(m + c_s - f)v - 4}\right), \quad v > 0. \quad (26)$$

ცხადია, რომ

$$f(h) = \Phi(v),\ v = K_1(h). \quad (27)$$

(26) გამოსახულებით განსაზღვრული $\Phi(v)$ ფუნქციის განსაზღვრის არე მოიცემა შემდეგი უტოლობებით:

$$\begin{cases} \gamma^2 v^2 + 4\gamma \cdot A \cdot v - 4 \ge 0 \\ v > 0 \end{cases} \Leftrightarrow v \ge 2 \cdot \frac{\sqrt{A^2+1} - A}{\gamma}, \quad (28)$$

სადაც $A = m_s + c_s - f$.

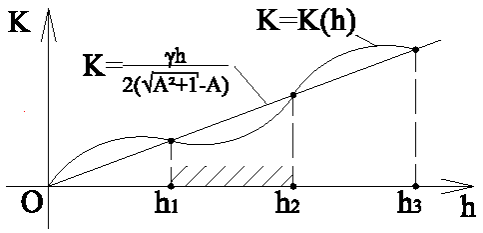
(25)-(28)-ის ძალით $f(h)$ ფუნქციის განსაზღვრის არე მოიცემა შემდეგი უტოლობით (ნახ. 2, დაშტრიხული სეგმენტები):

$$K_1(h) = \frac{h}{K(h)} \ge 2 \cdot \frac{\sqrt{A^2+1} - A}{\gamma}. \quad (29)$$

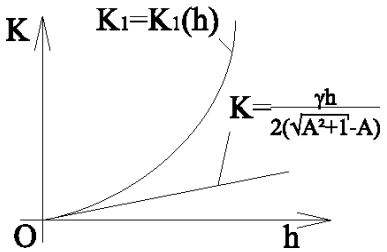
აღსანიშნავია, რომ შეჯიდულობის ამსახველი $K = K(h)$ ფუნქცია აკმაყოფილებს შემდეგ პირობას (ნახ. 3)

$$K(h) > \frac{\gamma h}{2[\sqrt{A^2+1} - A]},\ h > 0. \quad (30)$$

მაშინ (29)-ის თანახმად $F(h)$ ფუნქციის განსაზღვრის არე წარმოადგენს ცარიელ სიმრავლეს და მაშასადამე ამ შემთხვევაში ფერდო სტატიკურად მდგრადია და ჩამონგრევა-ჩამოშვავების მოვლენას ადგილი არ ექნება.



ნახ. 2



ნახ. 3

აღვნიშნოთ $K_1(h)$ ფუნქციის მნიშვნელობათა არე I-თ, როდესაც h არგუმენტი იცვლება $(0, +\infty)$ შუალედში. ჩვენ შემოვისაზღვრებით შემთხვევით, როდესაც $K_1(h)$ ფუნქცია მონოტონურია და $I = (0, +\infty)$.

ახლა შევნიშნოთ, რომ $\sqrt{A^2+1} - A > 1$, როცა $A < 0$. განვიხილოთ შემთხვევა, როცა $c \le 1$, მაშინ ცხადია, რომ

$$\frac{2(\sqrt{A^2+1} - A)}{\gamma} > \frac{2c}{\gamma}$$

და მაშასადამე, როდესაც v ეკუთვნის $\Phi(v)$ ფუნქციის განსაზღვრის არეს, ე.ი. (24)-ის ძალით გვექნება:

$$c - \frac{1}{2}\gamma v = \frac{1}{2}\gamma\left(\frac{2c}{\gamma} - v\right) < \frac{1}{2}\gamma\left(\frac{\sqrt{A^2+1} - A}{\gamma} - v\right) < 0,$$

ანუ $c < \frac{1}{2}\gamma v$.

მაშინ (26)-დან მივიღებთ, რომ

$$\Phi(v) = c - \frac{1}{2}\gamma v - \frac{1}{2}\sqrt{\gamma^2 v^2 + 4\gamma A v - 4} < 0,$$

ე.ი. $\Phi(v)<0$, როდესაც

$$v \ge 2 \cdot \frac{\sqrt{A^2+1} - A}{\gamma}. \quad (31)$$

(25)-(27), (29) და (31) გამოსახულებიდან გამომდინარეობს, რომ $f(h)<0$, როცა

$$K_1(h) = \frac{h}{K(h)} \ge 2 \cdot \frac{\sqrt{A^2+1} - A}{\gamma}. \quad (32)$$

შემოვიღოთ აღნიშვნა

$$\sigma_1 = 2 \cdot \frac{\sqrt{A^2+1} - A}{\gamma}. \quad (33)$$

ა) განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც $K_1(h)$ ფუნქცია მონოტონურად კლებადია და მისი მნიშვნელობათა არე არის $I = (0, +\infty)$ (ნახ. 4 და 5).

რადგან $I = (0, +\infty)$ და $K_1 = K_1(h)$ ფუნქცია მონოტონურად კლებადია, ამიტომ ანალიზიდან ცნობილი თეორემის თანახმად [1]

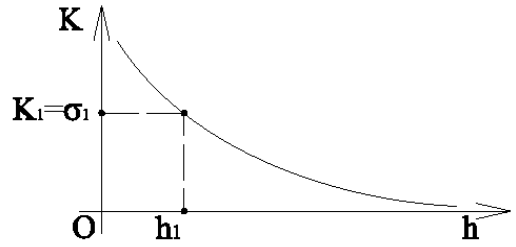
$$K_1(h) = \sigma_1, \quad (34)$$

სადაც σ_1 მოცემულია (33) ტოლობით,

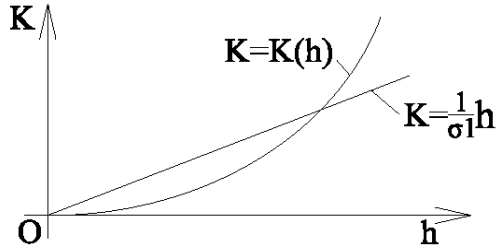
გააჩნია მხოლოდ ერთი $h = h_1 > 0$ ამონახსნი (ნახ. 4). აქედან გამომდინარე

$$K_1(h) \geq \sigma_1, \quad h > 0 \Leftrightarrow 0 < h \leq h_1, \qquad (35)$$

ე.ი. (29)-ის ძალით $F(h)$ ფუნქციის არე მოიცემა (35) ინტერვალით, სადაც (32) უტოლობიდან გამომდინარე ეს ფუნქცია უარყოფითია.



ნახ. 4



ნახ. 5

(35) უტოლობის თანახმად, როდესაც $0 < b \leq h_1$ – $(0,b)$ წერტილზე გადის (23) ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლების ერთადერთი ინტეგრალური წირი (ე.ი. (23), (24) კოშის ამოცანის $h = h(x)$ ამონახსნის გრაფიკი), რომელიც აღიწერება შემდეგი განტოლებით [5]:

$$x = \int_b^h \frac{1}{f(\xi)} d\xi \,. \qquad (36)$$

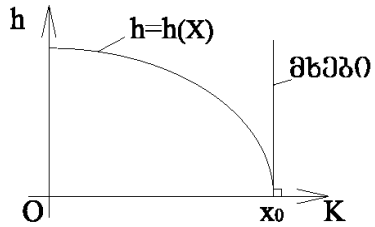
რადგან $f(h) < 0$, როცა $0<h\leq h_1$, ამიტომ (23) განტოლების ინტეგრალური წირი, რომელიც აღიწერება (36) განტოლებით წარმოადგენს მონოტონურად კლებადი ფუნქციის გრაფიკს, რომლისთვისაც Ox ღერძი იქნება ჰორიზონტალური ასიმპტოტა, მხოლოდ შემდეგი

$$\int_b^0 \frac{1}{f(\xi)} d\xi \,, \qquad (37)$$

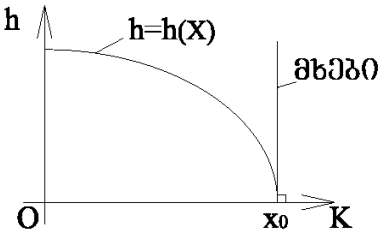
ინტეგრალის განშლადობის შემთხვევაში. ადვილად მტკიცდება, რომ (37) ინტეგრალი კრებადია და (36) განტოლებით მოცემული ინტეგრალური წირი Ox ღერძს გადაკვეთს სასრულ $x_0 > 0$ წერტილში, რომელიც მოიცემა განტოლებით:

$$x_0 = \int_b^0 \frac{1}{f(\xi)} d\xi \,. \qquad (38)$$

ზემოთქმულიდან გამომდინარე $h = h(x)$ და $z = z(x) = g(x) - h(x)$ ფუნქციების გრაფიკებს აქვს მე-6 და მე-7 ნახაზებზე წარმოდგენილი სახე:



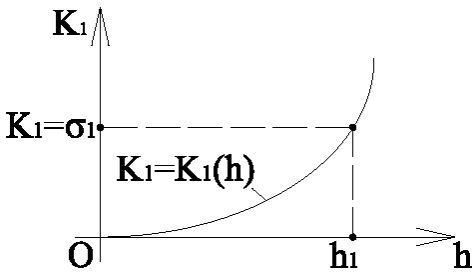
ნახ. 6



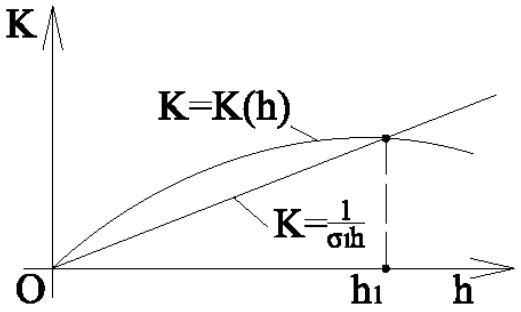
ნახ. 7

შენიშვნა 6. რადგან $F(h)$ განსაზღვრის არე, მოიცემა $0 < h \leq h_1$ შუალედით, ამიტომ, როდესაც $b > h_1$, მაშინ (23), (24) კოშის ამოცანას არ გააჩნია ამონახსნი და მაშასადამე O წერტილზე არ გადის ფერდოს ჩამოშვავებული მასის საშიში დაცურების ზედაპირის ამსახველი $z = z(x)$ წირი.

ბ) ახლა განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც $K_1(h) = \dfrac{h}{k(h)}$ ფუნქცია მონოტონურად ზრდადია და მისი მნიშვნელობათა არე $I = (0, +\infty)$ (ნახ. 8 და 9).



ნახ. 8



ნახ. 9

ამ შემთხვევაში ანალოგიურად ზემოთ განხილულის $K_1(h)=\sigma_1$ განტოლებას გააჩნია მხოლოდ ერთი $h=h_1>0$ ამონახსნი (ნახ. 8) და

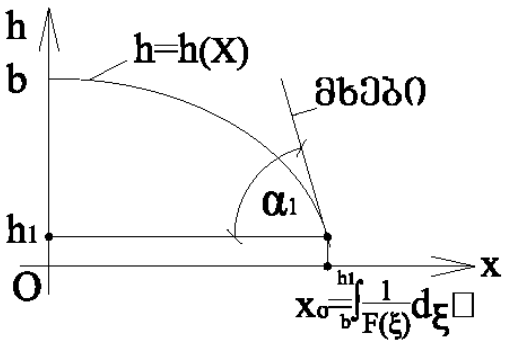
$$K_1(h)\ge\sigma_1,\quad h>0,\Leftrightarrow\quad h_1\le h<+\infty, \qquad (39)$$

ე.ი. (29)-ის ძალით $F(h)$ ფუნქციის განსაზღვრის არე მოიცემა $(h_1, +\infty)$ ინტერვალით, სადაც (32) უტოლობიდან გამომდინარე ეს ფუნქცია უარყოფითია.

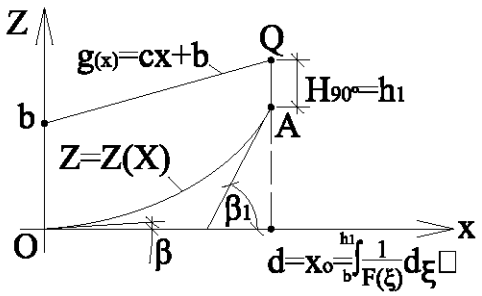
(39)-ის თანახმად, როცა $b>h_1$, მაშინ $(0,b)$ წერტილზე გადის (23) დიფერენციალური განტოლების ერთადერთი ინტეგრალური წირი, რომელიც მოიცემა (36) განტოლებით. (39) და (32)-ის ძალით ეს ინტეგრალური წირი წარმოადგენს მონოტონურად კლებადი ფუნქციის გრაფიკს და განსაზღვრულია მხოლოდ $h_1\le h\le b$ შუალედში. რადგან $v=\sigma_1$ წარმოადგენს $\gamma^2v^2-4\gamma Av-4=0$ განტოლების ამონახსნს, ამიტომ (26), (27) და (34)-ის ძალით

$$F(h_1)=\Phi(K_1(h_1)=\Phi(\sigma_1)=c-\frac{1}{2}\gamma\sigma_1. \qquad (40)$$

აქედან გამომდინარე $h=h(x)$ და $z=z(x)$ ფუნქციების გრაფიკებს ექნება 10 და 11 ნახაზებზე მოყვანილი სახე:



ნახ. 10



ნახ. 11

ამასთან $h=h(x)$ ფუნქციის გრაფიკის მხები (x_0, h_1) წერტილში Ox ღერძთან ადგენს α_1 კუთხეს (ნახ. 10), რომლის ტანგენსი (40)-ის ძალით გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$tg\alpha_1=-\Phi(\sigma_1)=\frac{1}{2}\gamma\sigma_1-c.$$

ანალოგიურად

$$tg\beta_1=\frac{1}{2}\gamma\sigma_1,$$

$$tg\beta=\frac{1}{2}\left(K_1(b)+\sqrt{\gamma^2K_1^2(b)-4\gamma AK_1(b)-4}\right).$$

შენიშვნა 7. $h=h(x)$ ფუნქცია (39)-ის ძალით განსაზღვრულია მხოლოდ $0\le x\le x_0=\int_b^{h_1}\frac{1}{F(\xi)}d\xi$ შუალედში. ამიტომ $z=z(x)$ ფერდოს მასის დაცურების წირიც განსაზღვრული იქნება მხოლოდ $0\le x\le x_0$ შუალედში და მაშასადამე ამ შემთხვევაში $x_0=d$, (იხ.ნახ. 1 და 11). ანალოგიურად მე-6-ე შენიშვნისა, როდესაც $H_{90}=h_1$, მაშინ (23), (24) კოშის ამოცანას არ გააჩნია ამონახსნი.

ახლა განვიხილოთ $K=K(h)$ ფუნქციის ყოფაქცევის შემთხვევა კონკრეტულ მაგალითზე, როდესაც $K(h)=K_0h^2$, $K_0=\text{const}$, (23), (24) კოშის ამოცანის $h=h(x)$ ამონახსნის გრაფიკი აღიწერება შემდეგი განტოლებით:

$$x=\frac{c}{c+1}\left[h-b+\left(\frac{\gamma}{K_0}\cdot\frac{c-A}{c^2+1}-\frac{\gamma}{2K_0c}\right)\times\right.$$

$$\left.\times\ln\left|\frac{h-\frac{\gamma}{K_0}\frac{c-A}{c^2+1}}{b-\frac{\gamma}{K_0}\frac{c-A}{c^2+1}}\right|\right]-\frac{1}{2K_0}G\left(h+\frac{\gamma f}{2K_0};m,l\right)-$$

$$-\frac{1}{2K_0}G\left(b+\frac{\gamma A}{2K_0};m,l\right)$$

სადაც $m=\frac{\gamma^2(1+A^2)}{4K_0^2}$, $\boldsymbol{l}=\frac{\gamma c(1+cA)}{2K_0(c^2+1)}$

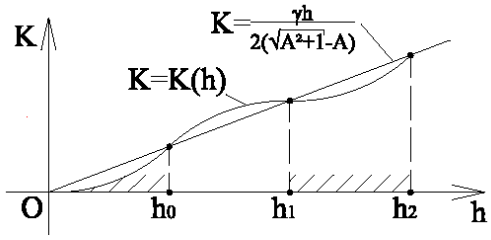
$$G(x,m,\boldsymbol{l})=\sqrt{m^2-\boldsymbol{l}^2}\,\ln\left|\frac{1}{x-m}-\frac{m}{m^2-\boldsymbol{l}^2}+\right.$$

$$\left.+\sqrt{\left(\frac{1}{x-d}-\frac{m}{m^2-\boldsymbol{l}^2}\right)^2-\frac{m^2}{(m^2-\boldsymbol{l}^2)^2}}\right|$$

$$-\boldsymbol{l}\cdot\arcsin\frac{x}{m}+\sqrt{m^2-x^2}\,,\ l<\mathrm{m}.$$

შენიშვნა 8. ზოგად შემთხვევაში $K=K(h)$ ფუნქციის გრაფიკს შეიძლება ჰქონდეს ნახ. 2-ზე ან ნახ. 12-ზე მოყვანილი სახე, სადაც დაშტრიხული $[h_1, h_2]$, $[h_3, h_4]$, ... სეგმენტებზე ნახ. 2-დან და $[0, h_0]$, $[h_1, h_2]$, $[h_3, h_4]$,... სეგმენტებზე ნახ. 12-დან განსაზღვრულია $F(h)$ ფუნქცია. როდესაც b ეკუთვნის ერთერთ დაშტრიხულ $[h_{2k-1}, h_{2k}]$, $k=1,2,...$ სეგმენტს (გარდა $[0, h_0]$ სეგმენტისა ნახ. 12-დან), მაშინ $h=h(x)$ და $z=z(x)$ ფუნქციების გრაფიკებს ექნება მე-10 და მე-11 ნახაზებზე მოყვანილი სახე, რომლებშიც h_1 შეიცვლება h_{2k-1}-ით, ხოლო როდესაც $b\in[0, h_0]$ (ნახ. 12), მაშინ $h=h(x)$ და $z=z(x)$ ფუნქციების გრაფიკებს ექნება მე-6 და მე-7 ნახაზებზე მოყვანილი სახე.

როცა b არ ეკუთვნის დაშტრიხულ სეგმენტებს, მაშინ (23) (24) კოშის ამოცანას არ გააჩნია ამონახსნი და მაშასადამე O წერტილზე არ გადის ჩამოშვავებული მასის დაცურების ზედაპირის ამსახველი $z=z(x)$ წირი.



ნახ. 12

დასკვნა

ჩატარებული კვლევები საშუალებას იძლევა დადგინდეს ფერდოს მასივების ჩამონგრევის ზონები მათი საშიში დაცურების ზედაპირის აღმწერი განტოლებების გამოყენებით.

ლიტერატურა

1. **კვიციანი ტ.** ფერდოს მდგრადობის გაანგარიშებისას საშიში დაცურების წირის ანალიზური ხერხით განსაზღვრა. ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა პროექტირების, მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პრობლემებისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სიმპოზიუმის შრომები. თბილისი, 2000, გვ. 53-62.
2. **Арсентьев А.И., Букин И.Ю., Мироненко В.А.** Устойчивость бортов и осушение карьеров. М.: 1992. 164 с.
3. **Хуан Я.Х.** Устойчивость земляных откосов. М.: 1998. 236 с.
4. **Фисенко Г.А.** Устойчивость бортов карьеров и откосов. М.: 1965. 340 с.
5. **Петровский И.Г.** Лекции по теории обыкновенных дифференциальных уравнений. М.:Наука. 1970. 220 с.

უაკ 601.674

ფერდობების ეროზიის საწინააღმდეგო გამაგრება ახალი პოლიკომპლექსის სსბმ-ის გამოყენებით

ხათუნა კიკნაძე, ნინო ნიბლაძე, ირინა ხუბულავა

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

პრაქტიკული გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ როგორც მოქმედ, ისე მშენებარე გრუნტების ნაგებობებზე აუცილებელია ფერდობებისა და ქანობების ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებების განხორციელება.

ერთ-ერთ ყველაზე საიმედო, ტექნოლოგიურად მარტივ და ეკოლოგიურად სუფთა მეთოდს წარმოადგენს ფერდობებზე მრავალწლიანი ბალახების დათესვა, რაც უზრუნველყოფს როგორც ზედაპირული წყლის ნაკადის შემცირებას (ბალახის საფარი), ისე თვით გრუნტის ზედაპირის გამაგრებას (განვითარებულ ფესვთა სისტემა). მაღალი ეფექტიანობის მიუხედავად, ამ მეთოდის ფართო გამოყენება საკმაოდ შეზღუდულია, ვინაიდან ბალახის საფარის და ფესვთა სისტემის ჩამოყალიბებამდე ფერდობი არ არის დაცული ეროზიისაგან, რის გამოც, როგორც წესი, წარმოებს თესლის გამორეცხვა და გამოქრევა. ამიტომ, ბალახის საფარის სრულფასოვან ფორმირებამდე საჭიროა ზედაპირის საიმედო დაცვა.

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 ნიადაგ-გრუნტის ორგანული ნაწილის მსგავს პროდუქტებს);
– წყალში ხსნადობა, რაც უზრუნველყოფს დამზადების და გამოყენების ტექნოლოგიურობას;
– ხელს არ უნდა უშლიდეს ბალახის აღმოცენებას და განვითარებას;
– დაბალი ღირებულება და კომპონენტების არადეფიციტურობა.

დღეისათვის არსებული სტაბილიზატორების უმრავლესობა, საკმარისი ეფექტიანობის მიუხედავად, მთლიანად ან ნაწილობრივ ვერ პასუხობს ზემოთ ჩამოთვლილ მოთხოვნებს, რაც ზღუდავს მათ ფართო პრაქტიკულ გამოყენებას.

ამ მიმართულებით, ავტორების მონაწილეობით წლების განმავლობაში მიმდინარეობდა ფართომასშტაბიანი კვლევები, რომელთა ნაწილი სრულდებოდა ამერიკის შეერთებული შტატების მელიორაციის ბიუროსთან ერთობლივი თემატიკის "Joint Studies on Plastic Films and soil Stabilizers" (ერთობლივი კვლევები პლასტიკურ აფსკებსა და გრუნტების სტაბილიზატორებში) 1979÷1989 წწ. ფარგლებში.

ძირითადი ნაწილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის ნიადაგებისა და გრუნტების ტექნიკური მელიორაციის ლაბორატორიაში, ავტორების მონაწილეობით შექმნილი იყო ახალი მრავალმიზნობრივი გრუნტგამაუმჯობესებელი პოლიკომპლექსი **სსბმ**-ი, რომლის ძირითად კომპონენტს წარმოადგენს ენგურის ქაღალდის კომბინატის ნარჩენები – ტექნიკური ლიგნინები, მოდიფიცირებული კარბამიდულ-ფორმალდეჰიდური ფისით და სუპერფოსფატით.

წინასწარი კვლევების შედეგების საფუძველზე დადგინდა, რომ გრუნტების ზედაპირების მაღალეფექტური გამაგრებისათვის სსბმ-ის ოპტიმალური დოზები შეადგენს: ქვიშებისა და ქვიშნარებისათვის – 2,0 ლ/მ^2-ს, თიხნარებისათვის – 2,5 ლ/მ^2, რომლებიც

უზრუნველყოფს ზედაპირზე 0,5-1,0 სმ სისქის მექანიკურად მტკიცე, ხანგამძლე გრუნტ-პოლიმერული ქერქის შექმნას.

გრუნტების სიმტკიცე პირდაპირ დამოკიდებულებაშია მის ცალკეულ ელემენტებს შორის ურთიერთქმედების 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 პოლიმერგრუნტის ქერქის მაღალ სიმტკიცესა და დროში მდგრადობაზე ნათლად მეტყველებს ცხრ. 1-ში მოყვანილი ეკვივალენტური შეჭიდულობის კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემები.

მშრალ ქვიშებს ეკვივალენტური შეჭიდულობა არა აქვს, სველ მდგომარეობაში კი ძალიან მცირეა და აიხსნება კაპილარული ძალებით, ვინაიდან ქრება გაშრობისთანავე.

თიხაშემცველ გრუნტებს მშრალ მდგომარეობაში მაქსიმალური დატვირთვების დროს ახასიათებს საკმაოდ ძლიერი (ქვიშნარი – 0,24 კგ/სმ^2, თიხნარი – 0,71 კგ/სმ^2) შეჭიდულობა, რომელიც მკვეთრად ეცემა დასველების შემდეგ (შესაბამისად, 0,01 კგ/სმ^2 და 0,06 კგ/სმ^2), რაც აიხსნება გატენიანებისას მათი კონდენსაციური სტრუქტურების გადასვლით კოაგულაციურ სტრუქტურებში.

საპირისპირო სურათია **სსბმ**-ით გამაგრებულ გრუნტებში.

ქვიშებში, რომლებსაც საერთოდ არა აქვს შეჭიდულობა, ეს მაჩვენებელი სველ მდგომარეობაში და მაქსიმალური დატვირთვის – 0,6 კგ/სმ^2 დროს აღწევს 0,51 კგ/სმ^2-ს, ხოლო ქვიშნარსა და თიხნარში, შესაბამისად 0,71 კგ/სმ^2 და 0,88 კგ/სმ^2-ს.

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/სმ^2-ს, ქვიშნარებისათვის 1,31 კგ/სმ^2 და თიხნარებისათვის – 1,4 კგ/სმ^2. ცხადია, **სსბმ**-ის დასხურების შემდეგ წარმოქმნილ გრუნტპოლიმერულ ქერქს ახასიათებს გამოხატული მდგრადი კონდენსაციურ-კრისტალიზაციური სტრუქტურა, რომლის წყალმდგრადობა და გამძლეობა განპირობებულია პოლიკომპლექსის მოლეკულებსა და გრუნტის ნაწილაკებს შორის მტკიცე, ძნელად გასაწყვეტი ქემოსორბციული კავშირით.

ცხრილი 1

გრუნტპოლიმერული ქერქის ეკვივალენტური შეჭიდულობა

გრუნტი	**სსბმ** დოზა, ლ/მ^2	გამოცდის ინტერვალი დღე	ეკვივალენტური შეჭიდულობა, კმ/სმ^2							
			დატვირთვა, კგ							
			0,2		0,3		0,4		0,6	
			მშრ.	სვ.	მშრ.	სვ.	მშრ.	სვ.	მშრ.	სვ.
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	1,49	0,94	1,35	0,90	1,28	0,81	0,94	0,58
		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

ცხრილი 2

გრუნტპოლიმერული ქერქის წყალმდგრადობა

გრუნტი	**სსბმ** დოზა, ლ/მ^2	წყალდაშლა, %			
		გაზომვების პერიოდულობა			
		24სთ	90დღე	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

ზემოთ აღნიშნულს ადასტურებს მე-2 ცხრილში მოყვანილი პოლიმერგრუნტის ქერქის წყალმდგრადობის კვლევების მონაცემები – 360 დღის შემდეგ მაქსიმალური წყალდაშლა არ აღემატება 8,8%-ს.

გრუნტების წყლის ეროზია მჭიდროდ არის დაკავშირებული ერთი მხრივ, მათ შეჭიდულობასთან და, მეორე მხრივ, ზედაპირული ჩამონადენის სიდიდესა და ფორმირების პირობებთან; ამიტომ, ზედაპირულად გამაგრებულ გრუნტებში ფილტრაციული, ზედაპირული და მყარი ჩამონადენების განსაზღვრა საშუალებას იძლევა ობიექტურად შეფასდეს პოლიკომპლექსის **სსბმ**-ის დასხურების შედეგად მიღებული გრუნტპოლიმერული ქერქის ეროზიის საწინააღმდეგო მდგრადობა. ჩატარებული კვლევების შედეგები მოყვანილია მე-3 ცხრილში.

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 (ას და ათასჯერ) შემცირება, ზოგ შემთხვევაში კი, ის პრაქტიკულად არ ფიქსირდება იმის მიუხედავად, რომ მკვეთრად არის გაზრდილი თხევადი ჩამონადენი.

უნდა აღინიშნოს, რომ ეროზიის საწინააღმდეგო ეფექტი მცირდება გრუნტებში თიხოვანი ნაწილაკების შემცველობასთან ერთად. თუმცა, ეს შემცირება ატარებს უფრო პირობით ხასიათს და არა აქვს პრაქტიკული მნიშვნელობა, ვინაიდან ყველა გრუნტპოლიმერული ქერქი შეიძლება მიეკუთვნოს არაეროდირებად ზედაპირებს.

პოლიმერგრუნტის ქერქი მნიშვნელოვნად ამცირებს წყლის აორთქლებას გრუნტების ზედაპირიდან, რის შედეგადაც საგრძნობლად უმჯობესდება ტენშემცველობა და მისი შენარჩუნება დროში – 90 დღის შემდეგ ტენიანობა ქვიშებში 15%, ქვიშნარებში – 30% და თიხნარებში 50%-ს აღემატება გაუმაგრებელი გრუნტების ამ მაჩვენებელს (ცხრ. 3).

ვეგეტაციურმა კვლევებმა (ცხრ. 4) აჩვენა, რომ გრუნტპოლიმერული ქერქი არ უშლის ხელს ბალახის აღმოცენებას და მჭიდრო საფარის ფორმირებას. იმის მიუხედავად, რომ პირველი 15 დღის განმავლობაში ყლორტის განვითარება გაუმაგრებელ გრუნტთან 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 მყარი ფაზის (ქვიშა $d < 1{,}0$ მმ) ზეგავლენის პირობებში, გამოავლინა გრუნტპოლიმერული ქერქის მაღალი მდგრადობა ქარის ეროზიის მიმართ (ცხრ. 5).

ამრიგად, პოლიკომპლექსის **სსბმ**-ის გრუნტების ზედაპირებზე დატანის შედეგად წარმოიქმნება 0,6-1,0 სმ სისქის მექანიკურად მტკიცე, წყალ-ქარ და ხანგამძლე პოლიმერგრუნტის ქერქი, რომელიც არ აბრკოლებს ბალახის აღმოცენებას და განვითარებას.

ცხრილი 3

გრუნტპოლიმერული ქერქის მდგრადობა წყლის ეროზიის მიმართ

გრუნტი	**სსბმ** დოზა ლ/მ^2	გამოცდის ინტერვალი დღე	დაწვიმების ინტენსივობა მმ/წმ	მყარი ჩამონადენი კგ/მ^{2}წმ 10^{-4}	თხევადი ჩამონადენი მ^3/მ^{2}წმ 10^{-5}	ფილტრაც. ჩამონადენი მ^3/მ^{2}წმ 10^{-5}
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	0.16
			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

ცხრილი 4

ტენიანობის ცვლილება გრუნტპოლიმერული ქერქის ქვეშ

გრუნტების დასახელება	**სსბმ** დოზა ლ/მ^2	ტენიანობა, %					
		გაზომვების პერიოდულობა, სთ					
		საწყისი	10	30	50	70	90
1	2	3	4	5	6	7	8
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
1	2	3	4	5	6	7	8
ქვიშნარი	0.0	20.9	13.7	9.2	6.7	5.4	4.5
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

გრუნტები	**სსბმ** დოზა ლ/მ^2	ჭვავის ყლორტის სიმაღლე, სმ					
		გაზომვების 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

ცხრილი 6

გრუნტპოლიმერული ქერქის მდგრადობა ქარის ეროზიის მიმართ

გრუნტები	**სსბმ** დოზა ლ/მ^2	ეროზიის ინტენსივობა, გ/მ^{2}წმ			
		გაზომვების პერიოდულობა, დღე			
		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
	2.5	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

აღნიშნული საფუძველს იძლევა **სსბმ**-ი გამოყენებულ იქნეს ფერდობებისა და ქანობების ეროზიის საწინააღმდეგო დაცვისათვის.

შეიძლება გამოიკვეთოს ორი ძირითადი მიმართულება:

1. დროებითი, ხანგამძლეობით ორ წლამდე, რომელიც მდგომარეობს **სსბმ**-ის დასხურებაში გრუნტის ზედაპირზე;
2. ხანგრძლივი, რომელიც მდგომარეობს სსბმ-ის დასხურების და ბალახის დათესვის კომბინაციაში.

ხანგამძლეობა დამოკიდებულია დათესილი ბალახის სიცოცხლისუნარიანობასა და მრავალწლიანობაზე. ამ შემთხვევაში, პოლიმერგრუნტის ქერქი ზედაპირს იცავს ბალახის მჭიდრო საფარის და განვითარებულ ფესვთა სისტემის ჩამოყალიბებამდე.

საველე გამოცდები განხორციელებულია წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის არახვეთის სამთო მელიორაციული ბაზის ნიადაგ-გრუნტების ეროზიის კვლევების პოლიგონზე.

პოლიგონის გრუნტების მახასიათებლები მოყვანილია მე-7 ცხრილში.

ცხრილი 7

შრის სისქე, მ	მოცულ. მასა, მ/სმ^2	კუთრი მასა, გ/სმ^2	ფორიანობა, %	პლასტიკურობა, რიცხვი	წყალდაშლა, %	გაჯირ-ჯვება, %	$K_ფ$ A 10^{-n} სმ/წმ
0.5	1.36	2.69	49.4	26.0	100.0	10.0	4.2. 10^{-4}

კვლევები ჩატარდა რვა მოედანზე.

№1 და №2 სტაბილიზაციის გარეშე;

№3 და №4 სტაბილიზაციის გარეშე, ბალახის დათესვით;

№5 და №6 სტაბილიზებული **სსბმ**-ის 2,5 ლ/მ^2 დოზით;

№7 და №8 სტაბილიზებული **სსბმ**-ის 2,5 ლ/მ^2 დოზით, ბალახის დათესვით.

სსბმ-ის დატანა ზედაპირზე ხორციელდებოდა დასხურებით, ვენახის შესაწამლი ხელის აპარატის გამოყენებით.

დათესვისათვის გამოყენებული იყო „სათითურა“-ს ჯიშის ბალახის თესლი, დათესვის ნორმაა 25 კგ ჰექტარზე. დამუშავების წინ შესაბამის მოედნებზე დათესილი იყო ბალახი.

ნატურული დაკვირვებები ტარდებოდა მაქსიმალური წვიმების და გამოზამთრების შემდეგ. კვლევების პერიოდში მოსულმა წვიმებმა, რომელთა მაქსიმალური ინტენსივობა შეადგენდა 0,66 მმ/წმ-ს, არავითარი გავლენა არ მოახდინა ხელოვნური დაწვიმების შედეგად მიღებულ სურათზე.

გამოზამთრების შემდეგ (მინიმალური ტემპერატურა -18^0C, თოვლის საფარის მაქსიმალური სიმაღლე 36,0 სმ) განხორციელებულმა დაკვირვებებმა (დამუშავებიდან სამასი დღის შემდეგ) გამოავლინა შემდეგი სურათი.

დამუშავებული №1 და №2 მოედნები ძლიერ ეროზირებულია, შეიმჩნევა წყლით გაკვალული ღარები. ზედაპირზე მეჩხერად ამოსულია სარეველები. დათესილ №3 და №4 მოედნებზე კი ბალახი თითქმის არ არის. **სსბმ**-ით დამუშავებული №5 და №6 მოედნების ზედაპირზე წარმოქმნილია 0,6-1,0 სმ სისქის მთლიანი მექანიკურად მტკიცე პოლიმერგრუნტის ქერქი, რომელიც ზედაპირს ეროზიისაგან საიმედოდ იცავს ორი წლის განმავლობაში, რის შედეგადაც კარგავს მთლიანობას და იშლება 10-20 სმ^2 ზომის ნაწილებად.

სსბმ-ით დამუშავებულ №7 და №8 მოედნებზე, გარდა პოლიმერგრუნტის ქერქისა, 30-50 დღის განმავლობაში ფორმირდება მძლავრი ბალახის საფარი, განვითარებული ფესვთა სისტემა და 6,0-8,0 მმ სისქის მთლიანი ბელტი.

დასკვნა

ჩატარებული დაკვირვებები საფუძველს იძლევა დავასკვნათ, რომ ფერდობის კომბინირებული გამაგრება საიმედოდ იცავს მას ეროზიისაგან როგორც პოლიმერგრუნტის ზედაპირული ქერქის წარმოქმნის, ისე მძლავრი ბალახის საფარის და განვითარებული ფესვთა სისტემის საშუალებით.

მეთოდის საწარმოო გამოცდა განხორციელებულია თბილისი-მცხეთის საავტომობილო გზის მონაკვეთზე და „ჭიათურმანგანუმის“ კუდების საცავის კაშხლის ქვედა ქანობზე.

ლიტერატურა

1. Executive summary a water resources technical publication. Bureau of reclamation USA, Denver, 1982.
2. Разработать новые химические вещества, средства и технические процессы для борьбы с водной и ветровой эрозией, улучшение водно-физических свойств и стабилизации почвогрунтов. Сводный отчет ГрузНИИГиМ и ВНИИ Водополимер, Елгава-Тбилиси, 1982, с. 390.
3. Разработать и проверить технологические процессы способов защиты откосов каналов и дамб от водной эрозии в условиях опытного производства и выдавать исходные требования на проектирование опытно-промышленного производства. Отчет ГрузНИИГиМ, Тбилиси, 1983, с. 95.
4. **Итриашвили Л.А.** Противоэрозионная защита земляных откосов комбинированным методом залужения и закрепления химическими стабилизаторами. //Сб. "Водохозяйственное строительств, мелиорация и водное хозяйство". М., 1984, с. 1-4.

უაკ 601.674

ჰიდროეკოლოგიური პროცესების მათემატიკური მოდელირება ცვალებადი სასაზღვრო პირობების დროს და მათი კომპიუტერული იმიტაცია

რევაზ კილაძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

განხილულია რამდენიმე აქტუალური პრობლემა, ზედაპირული რწყვების ხარისხი; იმ ნიადაგის დაცვა, რომელიც კვებავს კაცობრიობას და წყლის რესურსების ეკონომიური ხარჯვა, რომლის დეფიციტი მსოფლიოში უკვე სახეზეა [4].

ჰიდროეკოლოგიური პროცესები (ინფილტრაცია, ნალექებით გამოწვეული ჩამონადენი, ზედაპირული მორწყვა და სხვა) წარმოიქმნება წყლის ნაკადის ზემოქმედებით ნიადაგზე და იმავდროულად, ნიადაგის ზემოქმედებით ამ ნაკადზე (ინფილტრაცია და წყლის ხარჯის ართმევა). ასეთი ურთიერთქმედების შედეგად წარმოიქმნება ცვალებადი მასის დაუმყარებელი (არასტაციონარული) წყლის ნაკადები (ბუნებრივ პირობებში – ნალექებით, ხელოვნურად კი ზედაპირული მორწყვის დროს). ამ პროცესებმა დადებით ეფექტთან ერთად, შეიძლება გამოიწვიოს უარყოფითი ეკოლოგიური მოვლენებიც, მაგალითად: ნიადაგის გამორეცხვა, დაჭაობება და სხვა, რასაც თან ახლავს წყლის რესურსების არაეკონომიური ხარჯვა და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლის დაქვეითება. **ამიტომ საჭიროა ჰიდროეკოლოგიური პროცესები გახდეს მართვადი**, რაც დადებითი ეფექტის მიღებას გულისხმობს მინიმალური ეკოლოგიური ზიანის პირობებში. მართვის ასეთი მეთოდების შექმნას წინ უნდა უძღოდეს ამ პროცესების მეცნიერული შესწავლა, რომელიც შეიძლება წარიმართოს ორი მიმართულებით:

პირველი (არსებული მეთოდი) – რეალური ექსპერიმენტების ჩატარება ველზე, მათი დამუშავება და გარკვეული კანონზომიერებების დადგენა კონკრეტული პირობებისათვის, ხოლო გამოყენებული თეორიული ბაზა, მისი გამარტივების გამო, რეალური პროცესის არაადეკვატურია. საქმე ისაა, რომ ჰიდროეკოლოგიური პროცესები დროსა და სივრცეში ცვალებადია (ანუ არასტაციონარული) და მათი სტაციონარულ რეჟიმში განხილვა თავად პროცესის ცნების უგულებელყოფას ნიშნავს. დარგში არსებული უახლესი მონაცემები (ჩვენი შედეგების [5÷10, 12÷15] გარდა), სწორედ ამ გზით არის მიღებული ცხრილების და ემპირიული ფორმულების სახით [1, 2, 11].

მეორე მიმართულება (რომელსაც ისახავს წარმოდგენილი სტატია) – შეიქმნას ჰიდროეკოლოგიური პროცესების კომპიუტერული იმიტაციის მეთოდი სრული თეორიული ბაზის გამოყენებით იმიტაციის რეალურ პროცესთან მაქსიმალური მიახლოების მიზნით, რომელიც იმის საშუალებას მოგვცემს, რომ ძვირადღირებული (და ზოგჯერ შეუძლებელი) ექსპერიმენტების ნაცვლად ველზე, ეს ექსპერიმენტები ჩატარდეს კომპიუტერზე, რაც კვლევის ძირითად სიახლეს წარმოადგენს. ასეთი მიდგომა საფუძვლად დაედება ჰიდროეკოლოგიური პროცესების მართვის მეთოდების შექმნას; ხოლო ამ მეთოდების დანერგვით შესაძლებელი გახდება ისეთი პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტა, როგორიცაა: ზედაპირული (თვითდინებითი) რწყვების ოპტიმალური მართვა, ნალექებით გამოწვეული წყლის ნაკადების საშიშროების განსაზღვრა და სხვ.

ძირითადი ნაწილი

განიხილება საერთო თეორიული ბაზის მქონე, ორი განსხვავებული მოვლენა, პირველი ხელოვნური – ზედაპირული, თვითდინებითი რწყვები, ხოლო მეორე ბუნებრივი – წვიმებით გამოწვეული ზედაპირული ჩამონადენი. თუ პირველი მართვადია, მეორე შემთხვევაში, წარმოქმნილი წყლის ნაკადების პროგნოზით უნდა დავკმაყოფილდეთ. ორივე მოვლენა წარმოადგენს დროსა და სივრცეში მიმდინარე რთულ ჰიდროეკოლოგიურ პროცესს.

საჭიროა ამ პროცესების შესწავლა კომპიუტერული იმიტაციის გზით და მათი მართვის თეორიულად დასაბუთებული მეთოდების შექმნა შესაბამისი კრიტერიუმების გამოყენებით. ზედაპირული რწყვების შემთხვევაში, ეს უშუალოდ უკავშირდება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლისა და მოსავლიანობის ზრდას, რაც ძალზე მნიშვნელოვანია, განსაკუთრებით კი ისეთი რეგიონებისათვის, სადაც მოსავალი საერთოდ არ მოდის მორწყვის გარეშე. ხსენებული პრობლემა, თავის მხრივ, შეიცავს რამდენიმე ამოცანას.

I ამოცანა ეხება ზედაპირულ, თვითდინებით რწყვებს კვლებსა და ზოლებში, რომლებიც სარწყავი სისტემის ბოლო და ყველაზე მნიშვნელოვანი რგოლია, საიდანაც სასოფლო-სამეურნეო კულტურები უშუალოდ იკვებება წყლით, მორწყვის ხარისხიც მათი პარამეტრების სწორად შერჩევაზეა დამოკიდებული. ამ პარამეტრებს მიეკუთვნება: კვლებისა და ზოლების სიგრძე, ფსკერის ქანობი, სარწყავი ხარჯი, წყლის მიწოდების დრო, სასაზღვრო პირობები და სხვა. ეს პარამეტრები მორწყვის პროცესის კომპიუტერული იმიტაციის დროს შესაყვანი მონაცემების როლს ასრულებს, ხოლო გამოსაყვანი მონაცემები (დატენიანების სითანაბრე, წყლის მაქსიმალური სიღრმეები და სიჩქარეები, მისი კარგვები, ეკოლოგიური უსაფრთხოება და სხვა) განსაზღვრავს მორწყვის ხარისხს. ამიტომ შესაყვანი მონაცემები (პარამეტრები) უნდა შეირჩეს ისეთნაირად, რომ რწყვების ხარისხი მათ სახეობათა სპეციფიკის გათვალისწინებით, იყოს საუკეთესო. იმის გამო, რომ ამ რწყვების ხარისხი განისაზღვრება რამდენიმე კრიტერიუმით, საქმე გვექნება ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანებთან.

I ამოცანა, თავის მხრივ, შეიცავს სამ ქვეამოცანას:

I.1 – მორწყვა კვლებში, I.2 – მორწყვა ზოლებში და I.3 – მორწყვა ნულოვანი ქანობის დროს. მიუხედავად მათი მსგავსებისა, ისინი საგრძნობლად განსხვავდება ერთმანეთისაგან როგორც ინფილტრაციით, ისე მათემატიკური აღწერით. ასე, მაგალითად, ოპტიმიზაციის ყველაზე დიდ შესაძლებლობებს შეიცავს ქვეამოცანა I.2 ხოლო ყველაზე ნაკლებს – ქვეამოცანა I.3.

II ამოცანა.

მოცემულია: წვიმის ინტენსივობა, მისი ხანგრძლივობა და რელიეფის მახასიათებლები (ქანობი, ინფილტრაცია და წყლის ნაკადების ფორმირების სიგრძე). უნდა განისაზღვროს წარმოქმნილი წყლის ნაკადების საშიშროების ხარისხი, რომელიც შეფასდება ამ ნაკადების სიღრმეებითა და სიჩქარეებით. სამწუხაროდ, რელიეფის და წვიმის მახასიათებლების ვარირება და ამის შედეგად, წყლის ნაკადების მართვა, პრაქტიკულად შეუძლებელია; მაგრამ აუცილებელია იმის ცოდნა, თუ როგორი ინტენსივობის და ხანგრძლივობის წვიმებია საშიში კონკრეტული რელიეფის პირობებში, რადგან მათ შეიძლება გამოიწვიოს კატასტროფული მოვლენები (ნიადაგის გამორეცხვა, მეწყერი, წყალდიდობა და სხვა). ამიტომ, საშიშროების პროგნოზის შესაძლებლობა, რომელიც ექნება შემოთავაზებულ მეთოდს, საჭიროა აუცილებელი ღონისძიებების დროულად ჩასატარებლად (მოსახლეობის და პირუტყვის გაყვანა, ობიექტების დაცვა და სხვა).

მოსალოდნელი შედეგები მეცნიერული თვალსაზრისით იქნება ჰიდროეკოლოგიური პროცესების, თეორიულად დასაბუთებული და პრაქტიკულად გამოყენებადი შესაძლო მართვის მეთოდები.

მოსალოდნელი შედეგი I.1, I.2, I.3 ქვეამოცანების რეალიზებით უშუალოდ უკავშირდება მორწყვის ხარისხის ამაღლებას და ამის შედეგად, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლისა და მოსავლიანობის ზრდას, რაც ძალზე მნიშვნელოვანია, განსაკუთრებით კი ისეთი რეგიონებისათვის, სადაც მოსავალი საერთოდ არ მოდის მორწყვის

გარეშე.

მოსალოდნელი შედეგი II ამოცანის რეალიზებით იქნება ინტენსიური და ხანგრძლივი წვიმებით გამოწვეული წყლის ნაკადების საშიშროების განსაზღვრა კონკრეტული რელიეფის პირობებში.

მოსალოდნელი შედეგების ამსახველი მასალა შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს სამი სახით:

1. სხვადასხვა ჰიდროეკოლოგიური პროცესების კომპიუტერული იმიტაციის პროგრამები მათი მოხმარების ინსტრუქციით შეიძლება ჩაიწეროს კომპაქტ-დისკზე, რაც რიცხვითი ექსპერიმენტების ჩატარების საშუალებას მოგვცემს კომპიუტერზე სხვადასხვა შესაყვანი მონაცემების დროს, ხოლო შედეგების ანალიზის საფუძველზე შესაძლებელი იქნება მისაღები ვარიანტის არჩევა;
2. პროცესების კომპიუტერული იმიტაციის შედეგები შესაყვანი მონაცემების გარკვეული დიაპაზონისათვის შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს ცხრილებისა და გრაფიკების სახით, სადაც განცალკევებული იქნება შესაყვანი მონაცემები, რომლებიც განსაზღვრავს პროცესს და გამოსაყვანი მონაცემები, რომლებიც ასახავს პროცესის ხარისხს. ასე, მაგალითად, ზედაპირული რწყვების შემთხვევაში, მათი ხარისხის ამსახველი იქნება ისეთი გამოსაყვანი მონაცემები, როგორიცაა: ნიადაგის დატენიანების საკმარისობა, მისი სითანაბრე, მოწოდებული წყლის ეფექტური გამოყენება, ეკოლოგიური უსაფრთხოება და სხვა. შესაძლებელი იქნება ამ წარმოდგენილი მასალების გამოყენება უშუალოდ ზედაპირული რწყვების დროს, მათი ოპტიმიზაციის მიზნით.
3. ამ და სხვა ცხრილების დამუშავების საფუძველზე შეიძლება მიღებულ იქნეს მააპროქსიმებელი ფორმულები და გრაფიკები, რომლებიც განსაზღვრავს ჰიდროეკოლოგიური პროცესების მართვის შესაძლებლობებს.

კვლევის მეთოდიკა ემყარება სრულ თეორიულ ბაზას, რიცხვით მეთოდებსა და პროცესების კომპიუტერულ იმიტაციას, რის შედეგად ფასდება ამ პროცესების ხარისხი, ან საშიშროება. ეს თანამედროვე მეთოდიკა, რომელიც სხვა დარგებშიც წარმატებით გამოიყენება [3, 12], სრულად შეესაბამება დასახულ მიზნებსა და ამოცანებს. უფრო მეტიც, დასახული მიზნების მისაღწევად ეს მეთოდიკა, ალბათ, ერთადერთია, რასაც ქვემოთ მოყვანილი მეცნიერული და ტექნიკური მიდგომები ადასტურებს.

1. 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 წყლის ნაკადის დაუმყარებელი (არასტაციონარული) მოძრაობა, რაც აისახება დინამიკის და უწყვეტობის არაწრფივ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემით, რომელსაც წყლის ნაკადის სიგანის ერთეულისათვის აქვს შემდეგი სახე [9]:

$$\left.\begin{aligned} &\overline{U}\frac{\partial U}{\partial x}+\frac{\partial U}{\partial t}+g\frac{\partial H}{\partial x}=gi-g\frac{U^2}{C^2H}+q\frac{U}{H},\\ &\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{\partial H}{\partial t}+q=0, \end{aligned}\right\}, \quad (1)$$

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; C – შეზის კოეფიციენტი; $q(x,t)$ – წყლის ხარჯის ართმევა ან მომატება, ან ორივე ერთდროულად სიგრძისა და სიგანის ერთეულზე; x – მანძილი, t – დრო. იგულისხმება, რომ $q(x,t)$ ცნობილი ფუნქციაა, რომელიც შეიძლება განისაზღვროს როგორც თეორიულად, ისე ინფილტრაციაზე საველე ცდებით და ნალექების პროგნოზით.

წყლის მოძრაობა პრიზმატულ კალაპოტში (ანუ კვლებში მორწყვისას) აისახება ანალოგიური განტოლებებით.

განტოლებათა (1) სისტემა გარკვეული საწყისი და სასაზღვრო პირობებით ამოიხსნება სასრულ-სხვაობიანი მეთოდით და არაცხადი სქემის გამოყენებით მისი მაღალი მდგრადობის გამო. ამის შედეგად მიღებული ალგებრულ განტოლებათა სისტემა დროის ყოველ შრეზე ამოიხსნება მატრიცული

„პროგონკის“ (ანუ გაუსის) მეთოდით.

2. სასრულ-სხვაობიანი სქემების გამოკვლევა მდგრადობასა და კრებადობაზე (1) სისტემისათვის იგეგმება ჯონ ნეიმანის, რ. რიხტმაიერისა და ბ. როჟდესტვენსკის მიდგომათა გამოყენებით. იმის გამო, რომ სისტემა (1) არაწრფივია, საანგარიშო ფორმულების მისაღებად გამოყენებული იქნება ტეილორის მწკრივები. ამიტომ, სასრულ-სხვაობიანი მეთოდის ბიჯების Δx და Δt შერჩევა მოხდება საკმარისი სიზუსტის და წარმოებულების უწყვეტობის მოთხოვნათა გათვალისწინებით.

3. (1) სისტემის სასრულ-სხვაობიანი მეთოდით ამოხსნის ალგორითმი შესაბამისი საწყისი და სასაზღვრო პირობებით საფუძვლად უდევს ჰიდროეკოლოგიური პროცესების კომპიუტერულ იმიტაციას, რის შედეგად მიიღება ყველა ის საჭირო ინფორმაცია პროცესის ირგვლივ, რომელსაც იძლევა რეალური ექსპერიმენტი;

4. ჰიდროეკოლოგიური პროცესის კომპიუტერული იმიტაციის შედეგად მყარდება კავშირი შესაყვან და გამოსაყვან მონაცემთა შორის. მორწყვის შემთხვევაში; შესაყვანი მონაცემებია: 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; გამოსაყვანი მონაცემები კი განსაზღვრავს მორწყვის ხარისხს, როგორიცაა: დატენიანების დონე და თანაბრობა, წყლის ნაკადის მაქსიმალური სიღრმე და სიჩქარე, მორწყვის დრო და სხვ.;

5. ნალექებით გამოწვეული წყლის ნაკადების შემთხვევაში, შესაყვანი მონაცემების უმეტესობა იგივეა, მხოლოდ Q_0, W და P-ს ნაცვლად იქნება ნალექების ინტენსივობა $j(t)$ და მათი ხანგრძლივობა T, გამოსაყვანი მონაცემებიდან კი საჭიროა მხოლოდ საშიშროების განმსაზღვრელი წყლის ნაკადების მაქსიმალური სიღრმე, სიჩქარე და ჩამონადენის მოცულობა, რომლებმაც შეიძლება გამოიწვიოს წყალდიდობა;

6. სასრულ-სხვაობიანი მეთოდის გამოყენება განპირობებულია არა მხოლოდ იმით, რომ (1) სისტემა არ ამოიხსნება 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 უნიკალურობა სწორედ ესაა. აღსანიშნავია ისიც, რომ კომპიუტერული იმიტაციის მეთოდი გამოირჩევა გაზრდილი (პრაქტიკულად შეუზღუდავი) შესაძლებლობებით: შესაყვანი მონაცემები შეიძლება იყოს არა მუდმივები, არამედ x და t-ს ცნობილი ფუნქციები (მაგალითად, ფსკერის ტეხილი პროფილი $i(x)$, წვიმის ცვალებადი ინტენსივობა $j(t)$ და სხვ.), შესაძლებელი ხდება ინფილტრაციაზე პირველადი მონაცემების უშუალოდ გამოყენება გავრცელებული მააპროქსიმებელი ფორმულების გარეშე, შეიძლება შესწავლილ იქნეს შესაყვანი პარამეტრების რყევების გავლენა გამოსაყვან მონაცემებზე, რომლებიც განსაზღვრავს პროცესის ხარისხს და სხვ.

7. ზედაპირული მორწყვის ოპტიმალური დაგეგმვის მეთოდი ითვალისწინებს შესაყვანი მონაცემების (ყველას ან ნაწილის) ისეთ შერჩევას, როდესაც გამოსაყვანი მონაცემების მიხედვით მიღწეული მორწყვის ხარისხი იქნება მისაღები ან საუკეთესო. მეთოდის მიმდევრობა ასეთია: შესაყვანი მონაცემების პირველ მიახლოებას ვირჩევთ ტრადიციული მეთოდით – დაგროვილი გამოცდილების საფუძველზე და ვახდენთ მორწყვის პროცესის კომპიუტერულ იმიტაციას. თუ გამოსაყვანი მონაცემების მიხედვით მორწყვის ხარისხი დაბალია, ვცვლით (გარკვეული მოსაზრებების საფუძველზე) ერთ ან რამდენიმე შესაყვან მონაცემს და კვლავ ვახდენთ სახეცვლილი პროცესის იმიტაციას კომპიუტერზე. ასეთი იმიტაციების ციკლი შემდეგი სქემით: ანალიზი–შეცვლა–იმიტაცია გრძელდება მორწყვის მისაღები ან საუკეთესო ხარისხის მიღწევამდე, ხოლო ასეთნაირად შერჩეულ შესაყვან პარამეტრებს შეიძლება ვუწოდოთ ოპტიმალურები, რაც მეთოდის ძირითადი მიზანია;

8. ჩამონადენით წარმოქმნილ წყლის ნაკადებს კონკრეტული რელიეფის პირობებში განსაზღვრავს წვიმის მახასიათებლები: ინტენსივობა $j(t)$, ხანგრძლივობა T და ნაკადის

ფორმირების სიგრძე *l*. სამწუხაროდ, ამ მახასიათებლების ვარირება და ამის შედეგად წყლის ნაკადების მართვა პრაქტიკულად შეუძლებელია, მაგრამ აუცილებელია იმის ცოდნა, თუ როგორი ინტენსივობის და ხანგრძლივობის ნალექებია საშიში კონკრეტული რელიეფის პირობებში, ამის შესაძლებლობას იძლევა წვიმებით წარმოქმნილი წყლის ნაკადების კომპიუტერული იმიტაცია, ხოლო საშიშროების განმსაზღვრელი იქნება გამოსაყვანი მონაცემები: წყლის ნაკადების მაქსიმალური სიღრმე, სიჩქარე და ჩამონადენის მოცულობა, რომლებმაც შეიძლება გამოიწვიოს კატასტროფული მოვლენები (ნიადაგის გამორეცხვა, მეწყერი, წყალდიდობა და სხვ.). ამიტომ საშიშროების პროგნოზის შესაძლებლობა, რომელიც აქვს შემოთავაზებულ მეთოდს, მაინც საჭიროა აუცილებელი ღონისძიებების დროულად ჩასატარებლად (მოსახლეობის და პირუტყვის გაყვანა, ობიექტების დაცვა და სხვ.).

დასკვნა

1. ჰიდროეკოლოგიური პროცესების კომპიუტერული იმიტაცია არა მარტო გააღრმავებს ჩვენს ცოდნას ამ პროცესების შესახებ, არამედ ხელს შეუწყობს მათი მართვის ახალი მეთოდების შექმნას.
2. სრული თეორიული ბაზის და რიცხვითი მეთოდების გამოყენებით შეიძლება მიღწეულ იქნეს მრავალეტაპიანი და რთული ჰიდროეკოლოგიური პროცესების უწყვეტი და სრული კომპიუტერული იმიტაცია, რაც იმის საშუალებას მოგვცემს, რომ ველზე, ან ლაბორატორიაში ძვირადღირებული (და ზოგჯერ შეუძლებელი) ექსპერიმენტების ნაცვლად ისინი ჩატარდეს კომპიუტერზე შეუზღუდავი მოცულობით, ვარიანტების ანალიზით და ოპტიმიზაციის მეთოდების გამოყენებით.
3. პროცესების კომპიუტერული იმიტაცია მეცნიერების ახალი მიმართულებაა, რომელიც მოითხოვს რთული თეორიული ბაზის და სპეციალური მათემატიკური მეთოდების გამოყენებას, მაგრამ ამ გზით მიღებული პროცესების შესაძლო მართვის მეთოდები ამართლებს, რადგან გაზრდილი და უნიკალური შესაძლებლობებით გამოირჩევა.
4. გათვალისწინებული მეთოდების გამოყენებით დაიზოგება წყლის რესურსები, დაცული იქნება ნიადაგი, ხოლო სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავალი და მოსავლიანობა მოიმატებს მორწყვის გაზრდილი ხარისხის გამო.
5. შედეგებზე პოტენციური მოთხოვნილების სფეროებია: ირიგაციული სისტემები, სარწყავი მიწები, გარემოს დაცვა. საქართველოს ორგანიზაციებიდან: „საქწყალპროექტი“, სოფლის მეურნეობის და გარემოს დაცვის სამინისტროების შესაბამისი სამსახურები, ფერმერული მეურნეობები.

იმის გამო, რომ კვლევის შედეგები მიიღება სრული თეორიული ბაზის გამოყენებით, როდესაც გათვალისწინებულია პროცესზე მოქმედი ყველა ფაქტორი, ისინი გამოყენებადია ყველგან რადგან კონკრეტული პირობების ასახვა შესაბამისი პარამეტრების მეშვეობით ხდება.

ლიტერატურა

1. **მურვანიძე ჭ. რეხვიაშვილი ი.** მორწყვის ზემოქმედების გამოკვლევა გარე კახეთის ეკოლოგიურ პირობებზე. //საქ. მეცნ. აკადემიის ჰიდროეკოლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი, 2005, გვ. 145-148.
2. **ყრუაშვილი ი., ლობჟანიძე ზ.** ნიადაგ-გრუნტის კაპილარული წყალშთანთქმის ექსპერიმენტული შესწავლა. //საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნ. აკადემიის „მოამბე“. №8, 2000, გვ. 81-85.
3. **Белоцерковский О.М**. Математическое моделирование на суперкомпьютерах (опыт и тенденции) //Доклад на Российско-Американском семинаре, ж. Вычислительной математики и математической физики. т. 40. №8, 2000, с. 1221-1236.
4. **Бондарик И.Г**. XIX Европейская региональная конференция МКИД Устойчивое использование

земельных и водных ресурсов //ж. Мелиорация и водное хозяйство. №5. 2001, с. 46-47.

5. **Киладзе Р.М**. Эколого-экономический подход к решению задач оптимизации поливов по бороздам (на основе компьютерной имитации) //ж. Инженерная экология. №6, 2005. с. 46-57.
6. **Киладзе Р.М**. Влияние пространственной изменчивости водопроницаемости почв на параметры оросительных систем //ж. Почвоведение №2. 2005. с. 239-246.
7. **Киладзе Р.М**. Эколого-экономический подход к решению задач оптимизации поверхностных способов орошения //ж. Инженерная экология. №3, 2003. с. 26-38.
8. **Киладзе Р.М**. Преимущества полива с прерывистой подачей воды в борозды. //ж. Мелиорация и водное хозяйство. №2, 2003. с. 12-14.
9. **Киладзе Р.М**. Методические указания и алгоритмы расчета оптимальных параметров при поверхностных способах полива. Минводхоз СССР, в/о Союзводпроект, М., 1989, 108 с.
10. **Киладзе Р.М**. Преимущества и некоторые особенности численных методов при моделировании гидроэкологических процессов. //Сб. научных трудов института Гидроэкологии АН Грузии. Тбилиси, 2005. с. 99-104.
11. **Линслей Р.К., Колер М.А. Паулюс Д.Л**. Прикладная гидрология. Пер. англ. Л. 1982. 760с.
12. **Kiladze R.M.** Numerical modeling of surface irrigation. //International Conference on Numerical Modeling of River, Channel and Overland Flow. Sect. 4.1, Bratislawa: (May 4-8), 1987. pp. 1-12.
13. **Kiladze R.M.** The effect of the spatial variability of the water permeability of soils on the parameters of irrigation systems. //Eurasian Soil Science. vol. 38. No. 2, 2005; pp. 212-218.
14. **Kiladze R.M.** Vector optimization of border irrigation. Bulletin of the Georgian Academy of Sciences. vol. 161, N2, 2000. pp. 287-289.
15. **Kiladze R.M.** Space variability of water conductivity and its effect on calculation of melioration system. Bulletin of the Georgian Academy of Sciences. vol. 161, N3, 2000. pp. 483-485.

УДК 591.553

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОПИСАНИЯ ИНФИЛЬТРАЦИИ

Киладзе Р.М., Кекелишвили Л.Г.

Институт водного хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Впитывание воды в почву (инфильтрация) играет важную роль как при формировании поверхностного стока в результате выпадения осадков, так и при орошении сельскохозяйственных культур. Это явление отличается исключительной сложностью, является переменным во времени и зависит от множества факторов.

Наибольшая скорость впитывания, наблюдаемая в начальный момент контакта воды с ненасыщенной почвой, которая уменьшаясь во времени, экспоненциально переходит в установившуюся скорость впитывания. Анализ накопленного опытного материала показывает, что явление инфильтрации зависит от множества факторов,. которые условно можно разделить на две группы:

– к первой группе можно отнести те факторы, которые выражаются через параметры, поддающиеся непосредственным замерам (пористость, влажность и др.);

– ко второй группе относятся факторы, которые неопределимы или трудноопределимы путем непосредственных замеров, (например, геометрия порового пространства почвы). Известно, что почвы с одинаковой пористостью, но с различной геометрией порового пространства, имеют различную водопроницаемость.

Существующая теория инфильтрации ограничивается учетом параметров только первой группы [12].

Установлению закономерности впитывания воды в почву посвящено большое число теоретических и экспериментальных исследований. Теоретические зависимости выведены на основе определенной схематизаций явления, тогда как аппроксимирующие формулы получены на основе обработки экспериментального материала. В том и другом случае полученные зависимости содержат неизвестные (идентификационные) параметры, которые необходимо определять опытным путем в рамках решения обратной некорректной задачи.

Таким образом, несмотря на наличие множества формул, реально мы всё равно сталкиваемся с необходимостью проведения опытов по впитыванию для эмпирических (идентификационных) коэффициентов в каждом конкретном случае.

Под скоростью впитывания подразумевается количество воды, уходящее в почву в единицу времени через единичную поверхность. При непрерывной подаче воды на поверхность почвы скорость впитывания уменьшается, переходя в пределе в скорость фильтрации.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Закон движения влаги в ненасыщенной пористой среде выражается следующим дифференциальным уравнением [12]:

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left[\frac{K(w)}{\gamma}\cdot\frac{\partial p}{\partial z}\right] + \frac{\partial K(w)}{\partial z}, \qquad (1)$$

где γ – удельный вес жидкости; z – ордината, направленная вверх, p – давление, $K(w)$ – коэффициент водопроницаемости; w – влажность (степень насыщения пор водой); t – время.

Решение уравнения (1) даёт возможность установить закон продвижения фронта промачивания, однако основная трудность решения

этого уравнения заключается в том, что коэффициент диффузии $K(w)$ зависит от влажности и эта зависимость, в свою очередь, является искомой. Кроме этого в уравнении (1) допускается однозначная связь между влажностью почвы и капиллярным потенциалом, пренебрегается явление гистерезиса, анализ инфильтрации ограничивается полубесконечным столбцом с одним граничным условием, тогда как второе граничное условие должно соответствовать уровню грунтовых вод. Тем не менее**,** решению уравнения (1) в том числе и численному, посвящено большое число работ. Приведём некоторые из этих решений для скорости инфильтрации.

Решение П.Я. Полубариновой-Кочиной имеет вид [12]**:**

$$t = \frac{mh}{K}\left[\frac{K}{V-K} - \ln\frac{V}{V-K}\right], \qquad (2)$$

где V – скорость инфильтраций, t – время, m – пористость, K – коэффициент фильтрации, $h = H + h_k$, H – глубина воды над поверхностью почвы, h_k – капиллярный напор. Формула (2) получена для сухой почвы, а коэффициент водопроницаемости принимается постоянным и равным K.

И.И.Кулабухова для решения уравнения (1) задается зависимостью**:**

$$z = l(t)\frac{l - (w/w_1)^2}{(w_2/w_1)^2}, \qquad (3)$$

где $l(t)$ – глубина промачивания в момент времени t, $w_1 = w(0, t)$ – соответствует граничному условию $z = 0$, а $w_2 = \mathrm{w}(z, 0)$ – начальному условию $t = 0$**.** Из полученого решения следует, что глубина промачивания пропорциональна $\sqrt{t}$.

И.И.Кулабухова и П.Я. Полубаринова-Кочина [12] для выражения $K(w)$ в (1) используют зависимость вида $K(w) = (aw + b)^n$, где a, b, n – параметры, отражающие свойства почвы и определяемые опытным путём. В результате решения уравнения (1) получена формула для скорости инфильтрации, близкая к известной формуле А.Н. Костякова, которая приводится ниже.

Не останавливаясь на анализе других подобных решений, отметим, что с точки зрения практического применения, они имеют один общий недостаток. Эти решения в качестве параметра содержат пористость почвы, которая неоднозначно определяет её водопроницаемость. Поэтому все решения уравнения (1), содержащие неизвестные параметры, фактически играют роль аппроксимирующих формул, параметры которых, учитывающие интегрально водовпитывающие и водопроводящие свойства почвы, определяются опытным путём.

С другой стороны аппроксимирующие формулы можно получить и без теоретических выкладок путём обработки опытного материала. В результате получено множество формул для скорости инфильтрации, из которых наибольшее распространение получила формула А.Н. Костякова [10]**:**

$$q = K_1 = K \cdot bt^{-\alpha} + K\,, \qquad (4)$$

где q – инфильтрационный расход на единице ширины и длины, равный скорости инфильтрации**;** K, b, α – параметры, определяемые опытным путём. При достаточно большом t имеем $K_1 = K$ (установившаяся скорость впитывания)**.**

При менее длительной инфильтрации формула (4) записывается короче**:**

$$q = K_1 = K \cdot bt^{-\alpha} = At^{-\alpha}\,. \qquad (5)$$

Следует заметить, что при исследовании поверхностного орошения формулы

А.Н. Костякова (4,5) используют и многие зарубежные авторы [13, 15].

Приведённые формулы получены для вертикальной инфильтрации, которая имеет место при поливе по полосам и чекам**.** Однако при поливе по бороздам впитывание воды в плоскости поперечного сечения имеет место по многим направлениям до смыкания контуров увлажнения соседних борозд. Поэтому имеется ряд предложений для коррективов в формулу (4) в случае бороздковой инфильтрации [2]. А.Н. Костяков для выражения инфильтрационного расхода q на единицу длины борозды предлагает скорость инфильтрации вместо геометрического смоченного периметра умножать

на “активный” смоченный периметр, который больше геометрического в 1,5÷2,5 раза [11].

Н.Т. Лактаев на основе обработки обширного экспериментального материала предложил эмпирические зависимости, устанавливающие связь между параметрами вертикальной и бороздковой инфильтрации [7,11]**:**

$$b_d = b\sqrt{1-\left(1-B/a\right)^3}, \qquad (6)$$

$$K_b = K\sqrt{1-\left(1-B/a\right)^3}, \qquad (7)$$

где b_b и K_b – параметры, соответствующие бороздковой инфильтрации, а b и K – параметры, соответствующие вертикальной инфильтрации**;** B – ширина зеркала воды в бороздке**;** a – ширина междурядий.

Инфильтрационный расход на единицу длины борозды при использовании формул (5), (6), (7) будет**:**

$$q = a \cdot K_b \cdot b_b \cdot t^{-\alpha}. \qquad (8)$$

Если величину B/a в (6) и (7) рассматривать малой по сравнению с единицей, а выражение $\left(1-\frac{B}{a}\right)^3$ представить в линеаризованном виде, как $1-3\frac{B}{a}$, тогда (8) примет вид**:**

$$q = 3B \cdot bK \cdot t^{-\alpha}. \qquad (9)$$

Из сравнения (5) и (9) следует что “активный” смоченный периметр (который по утверждению ряда авторов больше геометрического смоченного периметра борозды) равен $3B$.

Для учёта специфики бороздковой инфильтрации имеются и другие, менее интересные, предложения путем ввода эмпирических коэффициентов [11].

Независимо от вида используемой аппроксимирующей формулы для установления водовпитывающих свойств почвы необходимо проведение опытов по инфильтрации для определения идентификационных параметров этих формул для конкретных условий. Поэтому методика и техника проведения этих трудоемких опытов по инфильтрации также требует усовершенствования. С этой целью разработано и предложено специальное устройство для установления закономерности впитывания, по которому получено авторское свидетельство [3]. Это устройство автоматизирует процесс проведения опыта по инфильтрации и повышает точность полученной информаций (рис. 1).

Первичной информацией, получаемой непосредственно с помощью описанного устройства, является кривая опускания уровня воды в мерном цилиндре, с помощью которой определялись впитавшиеся объемы воды за определенные промежутки времени (табл. 1).

Затем**,** определялись инфильтрационные расходы q, которые отнесены к середине соответствующих интервалов времени (табл. 2). Так, например, в момент времени

$$\tau_1 = 0{,}0666/2 = 0{,}033 \text{ час},$$

имеем

$$q_1 = 0{,}0104/0{,}0666 = 0{,}156 \text{ м}^3/\text{час}.$$

В момент времени

$$\tau_2 = 0{,}666 + \frac{0{,}1174 - 0{,}0666}{2} = 0{,}092 \text{ час},$$

имеем

$$q_2 = \frac{0{,}0174 - 0{,}0104}{0{,}1174 - 0{,}0666} = 0{,}139 \text{ м}^3/\text{час}$$

и т.д. Что касается инфильтрационного расхода в начальный момент времени $\tau = 0$, то он определяется методом экстраполяции**:**

При $H = 0{,}042$ м, имеем**:**

$$q(0) = q_1 + \frac{q_1 - q_2}{\tau_2 - \tau_1}\tau_1 = 0{,}156 + \\ + \frac{0{,}156 - 0{,}139}{0{,}092 - 0{,}033} \cdot 0{,}033 = 0{,}166 \text{ м}^3/\text{час},$$

При $H = 0{,}1$м, имеем**:**

$$q(0) = 0{,}343 + \frac{0{,}343 - 0{,}262}{0{,}092 - 0{,}033} \cdot 0{,}033 = 0{,}39 \text{ м}^3/\text{час},$$

где H – глубина воды в борозде, поддерживаемая постоянной во времени с помощью поплавкового водовыпуска.

Поскольку добиваться высокой точности проведения полевых опытов затруднительно, за установившуюся скорость впитывания обычно принимается такая скорость, которая устанав-

ливается через 8-10 часов наблюдений, т.е. за дневное время. Соответствующие значения инфильтрационных расходов в наших опытах в конце наблюдений были равны: при $H = 0{,}042$ м, $q_\delta = 0{,}0041$ м^3/час, и при $H = 0{,}01$ м $q_\delta = 0{,}0054$ м^3/час (табл. 2). Соответственно установившиеся скорости инфильтрации из борозд равны $K_\delta = q_\delta / a = 0{,}0034$ м/час и K_δ =0,0045 м/час.

Установившуюся скорость вертикального впитывания K определяем по значениям K_δ с помощью формулы Н.Т. Лактаева (7). Значения их при $H = 0{,}042$ м и $H = 0{,}1$ м получились соответственно равными $K = 0{,}0048$ м/час и $K = 0{,}0056$ м/час. Т.е. они отличаются друг от друга не более чем на 15%. В идеальном случае, при отсутствии погрешностей в опытах и в формуле (7), они должны были получиться одинаковыми.

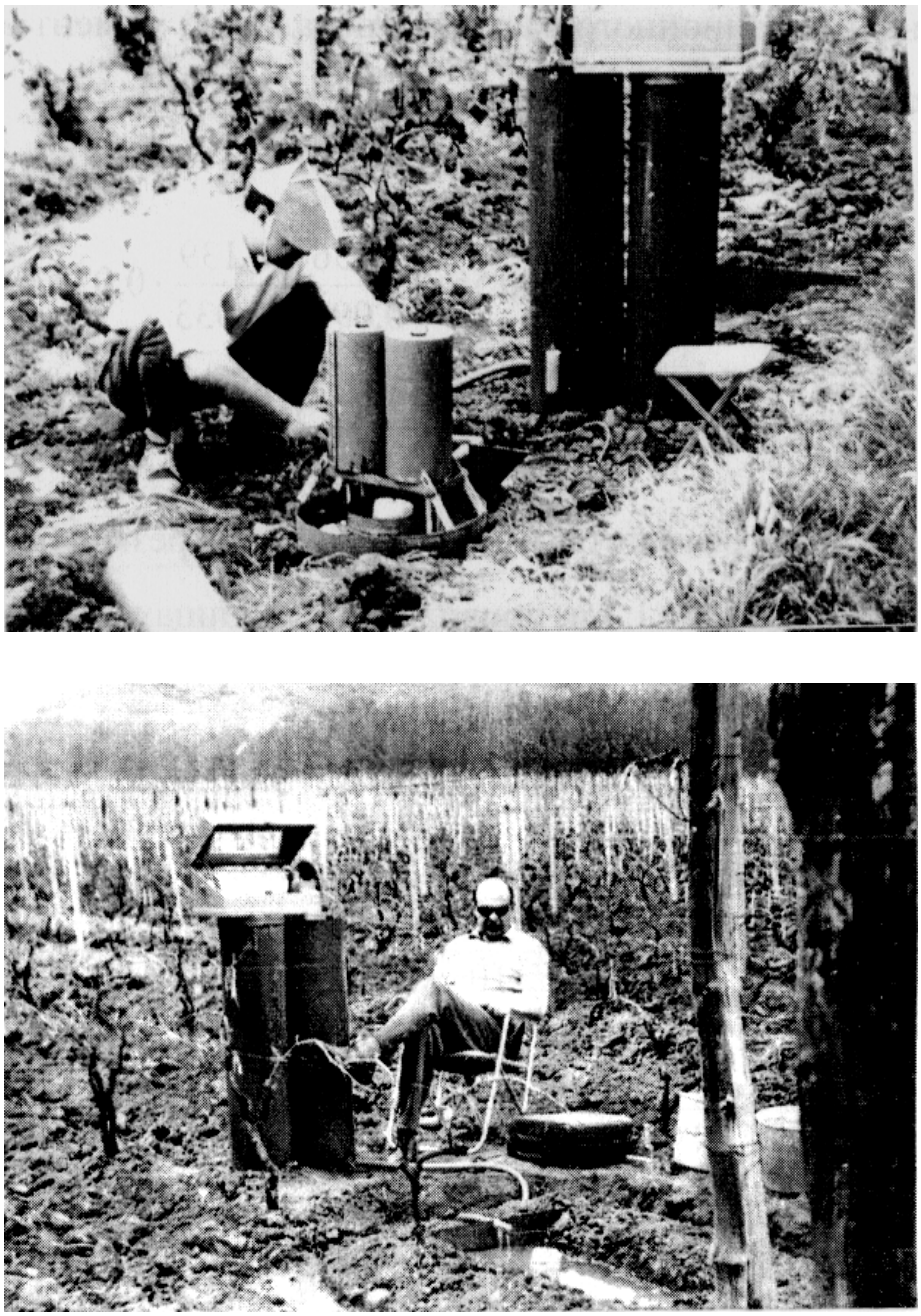


Рис. 1. Опыты автора по инфильтрации

Таблица 1

Результаты опытов автора на метровом отрезке борозды

Время впитывания τ в часах	Впитывающийся объем воды V в м^3	
	H = 4,2 см	H = 10 см
0,0666	0,0104	0,0226
0,1174	0,0174	0,0360
0,2986	0,0335	0,0667
0,5336	0,045	0,0888
1,30	0,056	0,1088
2,5	0,0661	0,1280
3,5	0,0731	0,1400
4,5	0,079	0,1490
5,5	0,0841	0,1560
6,5	0,0887	0,1625
7,5	0,0930	0,1683
8,5	0,0971	0,1737

Таблица 2

Вычисленные значения инфильтрационных расходов на метровом отрезке борозды

Время впитывания τ в часах	Инфильтрационный расход q в м^3/час в м^3	
	H = 4,2 см	H = 10 см
0	0,166	0,390
0,033	0,156	0,3435
0,092	0,139	0,2620
0,208	0,089	0,170
0,416	0,049	0,0940
0,916	0,0146	0,0260
1,90	0,0085	0,0160
3	0,0070	0,0120
4	0,0058	0,0091
5	0,0051	0,0071
6	0,0046	0,0063
7	0,0043	0,0058
8	0,0041	0,0054

ВЫВОДЫ

На основе полученных опытных данных (табл. 2) параметры инфильтрации b и α в формуле (9) могут быть определены различными способами подбора. Однако нами разработаны и более эффективные методы учёта инфильтрации при движении водного потока на проницаемом дне.

1. Первый метод – непосредственное определение идентификационных параметров во время самого полива (в начальной его стадии) без проведения специальных опытов по инфильтрации [5]. Здесь же приводится численный пример такого определения идентификационных параметров.

2. Второй метод – непосредственное использование табличных опытных данных по инфильтрации (табл. 2) без необходимости использования аппроксимирующих формул инфильтрации и без необходимости определения идентификационных параметров этих формул [4], что, в свою очередь, является трудоемким процессом и может служить источником дополнительных ошибок и погрешностей, как со стороны самой аппроксимирующей формулы, так и в результате решения обратной некорректной задачи для определения этих параметров.

3. Предложенный метод разработан в виде специального алгоритма, совмещенного с общим алгоритмом компьютерной имитации поливов, который подробно описан в работах автора [6-9]. Применение этого метода мотивируется еще одним обстоятельством. Дело в том, что при компьютерной имитации полива неизбежно применение численных (конечно – разностных) методов для решения исходной системы дифференциальных уравнений, когда идея непосредственного использования первичных данных по инфильтрации является легко осуществимой и сводится к составлению дополнительной подпрограммы, вписанной в общий алгоритм имитаций полива [14].

Литература

1. **Голованов А. И.** Оптимизация режимов орошения. //Почвоведение, 1993, №6, с.49-84.
2. **Киладзе Р.М.** Математическая модель бороздковой инфильтрации. //В сб. "Вопросы гидромелиораци в Грузии" М. 1973, вып. 30, с. 31-36.
3. **Киладзе Р.М.** Устройство для определения водовпитывающих свойств почвогрунтов. Авторское свидетельство СССР. №329448, Кл.@01n 15/08. Официальный бюллетень ГКНТ СССР. Открытия, изобретения, М,1972, №7.
4. **Киладзе Р.М.** Новый метод непосредственного использования опытных данных по инфильтрации при компьютерной имитации поливов. Сборник научных трудов института водного хозяйства Грузии, Тбилиси, 2003, с. 75-80.
5. **Киладзе Р.М.** Определение параметров инфильтрации в процессе полива. //Сб. научных трудов института водного хозяйства Грузии, №63, Тбилиси, 2007, с. 145-150.
6. **Киладзе Р.М.** Влияние пространственной изменчивости водопроницаемости почв на параметры оросительных систем. //Почвоведение, 2005, №2, М., с. 239-246.
7. **Киладзе Р.М.** Эколого-экономический подход к решению задач оптимизаций поливов по бороздам. (На основе компьютерной имитаций). //Инженерная экология, М., 2005, №6, с. 46-56.
8. **Киладзе Р.М.** Преимущества полива с прерывистой подачей воды в борозды. //Мелиорация и водное хозяйство, 2003, №2, М.,с. 12-14.
9. **Киладзе Р.М.** Эколого-экономический подход к решению задач оптимизаций поверхностных способов орошения. //Инженерная экология, М., 2003, №3, с. 26-38..
10. Механизация полива. Справочник. Авторы; Б.Г.Штепа, В.Ф.Насенко и др. М., Агропромиздат, 1990, 396с.
11. Орошение. Справочник под ред. Б.Б. Шумакова, М., Агропромиздат, 1990, 415 с.
12. **Полуборинова-Кочина П.Я.** Гидродинамика и теория фильтраций. М., Наука, 1991, 351с.
13. **Fok Yu-Si** Derivation of Levis-kostiakov intake equation. //J.of irrigation and Drenage Eng. 1986, v.112, №2, pp. 164-171.
14. **Kiladze R.M.** The effect of the spatial variability of the water permeability of soils on the parameters of irrigation systems. //J. Eurasian soil seience. 2005. v. 38, №2, pp. 212-218.
15. **Singh V.P. Yu F.X.** A mathematical model for border irrigation. Advance and sterage phases. Irrig. Sc. 1987, v.8 №3, pp. 151-174.

УДК 504.054:63:69.002.68

ВНЕДРЕНИЕ И РАЗВИТИЕ БОЛЕЕ ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ УКРАИНЫ

Кузин С. А., Уткина Е. Б.

Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина,
Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем,
г. Харьков, Украина

Исследование, в рамках которого получены данные результаты (подготовлены тезисы), выполняется при финансовой поддержке, полученной со стороны Европейского Экономического Сообщества по проекту Темпус в рамках *соглашения о предоставлении гранта № 144746-TEMPUS-2008-RU-JPCR.*

The research leading to these results has received funding from the European Community's Tempus project under *grant agreement No 144746-TEMPUS-2008-RU-JPCR*.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, мировое сообщество уделяет значительное внимание вопросам охраны окружающей среды в соответствии с принципами устойчивого экономического развития. Об этом свидетельствуют Международная конференция ООН по вопросам охраны окружающей среды и развития (Рио-де-Жанейро, 1992), Международная Декларация в области Экологически Чистого Производства (Комиссия ООН по вопросам устойчивого развития, 1999), Всемирный саммит по вопросам устойчивого развития “Рио+10” (Йоханнесбург, 2002), которые отразили подходы к решению этих проблем в мировом масштабе, а также международные акции глобального и региональных масштабов, активно проводящиеся, начиная с 70-х годов XX ст.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Современные приоритетные направления

Стратегические интересы Украинского государства состоят в обеспечении стабильного социально-экономического роста, который базируется на рациональном использовании, охране и восстановлении природно-ресурсного потенциала. Это предопределяет необходимость согласования национальной политики в сфере реструктуризации, модернизации и развития индустриально-промышленного и аграрного секторов экономики, а также предоставление услуг с политикой охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, формирование и внедрение механизмов решения этих проблем в соответствии с принципами рыночной экономики [1].

Приоритетные направления устойчивого экологического развития Украины закреплены во многих правовых документах. В частности статьей 50 Конституции Украины, согласно которой каждый гражданин Украины имеет право на безопасное для жизни и здоровья состояние окружающей среды [2]. Основы государственной политики в сфере гарантирования этого права сформулированы в “Основных направлениях государственной политики в области охраны окружающей среды, использования природных ресурсов и обеспечения экологической безопасности” [3].

Одним из подходов, который доказал свою эффективность во многих зарубежных странах, является внедрение концепции более чистого производства в индустриальных секторах экономики, а также в сфере предоставления услуг. На протяжении последних десятилетий концепция более чистого производства, известная в

мире как “Cleaner Production”, получила распространение и развитие во многих странах. Под “Cleaner Production” понимают такой способ производства, который влияет на окружающую среду менее отрицательно по сравнению с традиционными технологиями. Понятие “более чистого производства” подразумевает процесс постоянного применения комплексных профилактических мероприятий в производстве продукции и услуг, который оказывает содействие повышению экологической эффективности и снижению рисков отрицательных изменений в окружающей среде, и состоянии здоровья людей [1].

Основными принципами внедрения экологически чистого производства (ЭЧП) являются:

- Рациональное использование сырья, материалов и энергоносителей;
- Минимизация применения или полное исключение токсичных материалов, уменьшение объемов всех видов выбросов и образования отходов на стадии их возникновения путем изменения применяемых сырья и технологий;
- Совершенствование практики управления, администрирования, внедрения экономических и информационных мероприятий;
- Снижение отрицательного воздействия производственных процессов на условия жизнедеятельности человека, а также на состояние окружающей среды на протяжении всего жизненного цикла (от проектирования к использованию и утилизации или захоронению отходов) путем изменений в самой продукции и обращении с ней;
- Интеграция экологических аспектов в процессе разработки и предоставления услуг.

Схематично, структурная схема основных элементов ЕЧП представлена на рис. 1.

Рис. 1. Структурная схема элементов производственного процесса при внедрении ЭЧП [4]

Несмотря на сложные экономико-экологические условия, сложившиеся как в индустриальном, так и в аграрном секторах Украины, переход к экологически безопасным чистым производствам и переориентация сельскохозяйственных предприятий на выращивание экологически чистой (органической) продукции являются одними из наиболее перспективных и экономически эффективных путей.

Государственная политика на последующие годы

- **Сельское хозяйство**

Практика показала, что прибыльным производством в сельском хозяйстве является такое, которое базируется на полном производственном цикле (ППЦ). В области производства продуктов питания его составляют следующие звенья: производство сельскохозяйственного сырья; переработка этого сырья и производство продуктов питания; продажа и доставка продуктов питания к конечному потребителю. Первым шагом в данном направлении может быть разработка и принятие на государственном уровне Программы развития органического производства в Украине [5].

В этой Программе должна быть предусмотрена государственная поддержка по следующим направлениям:

- выпуск экологически чистого сырья;
- информационная поддержка национального стандарта “украинское качество”;
- создание экономически эффективной формы организации производства готовой органической продукции;
- продвижение отечественной конечной продукции на внешние рынки [5].

Основными экономическими преимуществами реализации Программы должны быть:

- увеличение национального дохода и ВВП за счет размещения на территории страны всех звеньев создания потребительской ценности в органическом производстве и экспорте конечной продукции;
- минимизация себестоимости конечной продукции за счет оптимизации численности управленческого персонала, закладывание одной величины рентабельности вместо трех и величины налогов и отчислений одного предприятия вместо трех;
- обеспечение эффективного управления за счет ускорения процесса принятия и реализации управленческих решений (имеющийся один управленческий штат, который заинтересован в рентабельности всех звеньев организации в целом);
- обеспечение высокой производительности работы с помощью эффективной системы мотивации работы персонала и применение современных организационно-экономических форм производства;
- завоевание Украиной конкурентоспособной позиции в мировом хозяйстве как производителя готовых экологически чистых продуктов питания [5].
- Проект Концепции государственной Программы развития органического производства в Украине был подготовлен Федерацией органического движения в Украине по доверенности Министерства аграрной политики от 05 мая 2008 года №169/2. Текст этого проекта опубликован в [6].

- **Промышленный сектор**

С целью интеграции программных задач из практической реализации экологически чистого производства в планы действий Правительства, экономического и социального развития, обеспечения льготного и другого стимулирования, распространения мирового опыта в Украине создается **Национальный совет по вопросам внедрения экологически чистого производства**.

Специальным решением Кабинета Министров Украины ответственность за реализацию государственной политики экологически чистого производства возлагается на министерства и ведомства, которые занимаются конкретными областями экономики.

Как рабочий орган названного выше Национального совета создается **Национальное**

агентство Украины по вопросам развития экологически чистого производства. Реализовать концепцию внедрения и развития экологически чистого производства предполагается в три этапа [1]:

На первом этапе **(2005–2008 гг.)** планировалось обеспечить благоприятные условия субъектам предпринимательской деятельности для стимулирования их эффективного участия в развитии экологически чистого производства, подготовить нормативно-правовую и технологическую базы, а также реализовать ряд демонстрационных проектов как примеров современного подхода и реальных шагов к решению проблемы. В результате планировалось разработать *Национальную стратегию внедрения экологически чистого производства*, в частности в различных секторах экономики, сфере предоставления услуг, и создать институционные структуры для реализации этой стратегии. Также на этом периоде планировалось выполнить цикл разработок методического обеспечения формирования стратегий и программ внедрения и развития чистого производства (по видам экономической деятельности). На этой основе нужно разработать секторальные (отраслевые) стратегии и программы экологически чистого производства. Интегрирующим элементом первого этапа должно было стать *принятие законодательного акта Национальной программы внедрения и развития экологически чистого производства.*

На втором этапе **(2008–2014 гг.),** что *является началом реализации Национальной программы внедрения и развития экологически чистого производства*, должны быть обеспечены:

- тиражирование наиболее эффективных технологий для такого производства;
- разработка и законодательное закрепление экономического механизма поощрения производителей для внедрения чистого производства;
- организация подготовки и переподготовки специалистов в этой сфере;
- введение курсов по внедрению чистого производства в учебные программы высших и средних учебных заведений.

Для расширения подготовки специалистов по этому направлению в высших учебных учреждениях, в частности технических университетах, нужно разрешить следующий вопрос:

- введение специальностей “Промышленная экология”, “Инженерная экология” и “Экологическая (техногенная) безопасность” и преподавание курсов “Экологическая экономика” и “Чистое производство”;
- организации подготовки и переподготовки специалистов высшей квалификации по указанным специальностям;
- подготовки и издание переводных или отечественных (с учетом международного опыта) учебников и пособий по проблематике чистого производства.

На третьем этапе **(2014–2018 гг.)** предполагается обеспечить широкое использование инструментов и механизмов внедрения экологически чистого производства.

Реализация этих концептуальных основ будет оказывать содействие созданию предпосылок для согласования национальной политики реструктуризации, модернизации и развития промышленных секторов национальной экономики и предоставления услуг с политикой охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов и улучшения качества жизни населения. Интегрально все это будет оказывать содействие постепенному переходу Украины к устойчивому развитию.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Резюмируя информацию, приведенную выше, следует отметить постепенное движение Украины на пути внедрения и развития более чистых производств и экологически чистой продукции. Внедрение и развитие более чистых производств и экологически чистой продукции должны осуществляться с учетом современного мирового опыта, а также руководствуясь основными основами Государственной политики Украины в этих направлениях, которые

отображены в ряде действующих законов и законопроектов.

В частности, в сельском хозяйстве, нужно придерживаться основных основ Концепции Государственной Программы развития органического производства в Украине. Выполнение Программы должно осуществляться путем обеспечения законодательной и финансовой государственной поддержки, а также создания и совершенствование организационно-экономических механизмов развития органического производства.

В промышленном секторе, нужно придерживаться основных положений Национальной программы внедрения и развития экологически чистого производства. Реализация этих концептуальных положений будет оказывать содействие созданию предпосылок для согласования национальной политики реструктуризации, модернизации и развития промышленных секторов национальной экономики и предоставления услуг с политикой охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов и улучшения качества жизни населения.

Литература

1. **Буркинський Б.** Екологічно чисте виробництво. Наукові засади впровадження та розвитку. Вісник НАН України, 2006, №5.
2. Конституція України.
3. Про основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки: //Постанова Верховної Ради України 5 березня 1998 р. № 188.98–ВР. – http://www.rada.gov.ua
4. **Хумарова Н.І.** Екологічно чисте виробництво – інноваційна складова стратегії сталого розвитку. Збірник наукових праць. //Науковий вісник, 2007, вип. 17.7.
5. **Зайчук Т.О.** Виробництво екологічно чистих продуктів харчування як стратегічний напрямок розвитку України. //Економіка і регіон № 1(20) - 2009 – ПолтНТУ.
6. Федерація органічного руху України. Проект Концепції державної Програми розвитку органічного виробництва в Україні. Доступний в мережі Інтернет: http://organic.com.ua/ua_co1_proekt_koncepciii_derjavnoii_programi_rozvitku_organichnogo_virobnictva_v_ukraiini.html

УДК 591.553

ФИЛЬТРАЦИОННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА

Махмудов Н.Н.

Научно-производственное объеденение Азербайджанского Научно-исследовательского Института Гидротехники и Мелиорации,
г. Баку, Азербайджан

ВВЕДЕНИЕ

На орошаемых землях закрытый горизонтальный дренаж возводится из керамических, бетонных, асбестоцементных и полиэтиленовых труб с фильтром из сыпучих и волокнистых материалов. Фильтр защищает дрены от заиления и способствует увеличению притока воды к дренам, что позволяет намного улучшить осушительное действие мелиоративных систем и увеличить расстояние между дренажными линиями [2].

Дренажные конструкции испытывают фильтрационное сопротивление, зависящее от степени вскрытия пласта (от параметров расчетной схемы дренажа) и от характера вскрытия пласта, обусловленное потерями напора в фильтре, дренажных щелях и трубах.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Исследованы осушительные действия закрытого дренажа из гофрированных поливинилхлоридных труб, изготовленных по ТУЗЗ-291-86 [4] по технологии фирмы "*Баттенфелд*" (ФРГ), с песчано-гравийным фильтром. Опытно-дренажный участок расположен на территории бывшего совхоза "Хазар" Хачмазского района в межконусной депрессии рек Кудялчай и Агчай, который представлен толщей (18 м) среднепроницаемых отложений с мелкими прослойками песка и супеси, подстилаемых плотными глинами. Коэффициент фильтрации покровных отложений составляет в среднем 0,45 м/сутки. Грунтовые воды залегают на глубине 1,8-2,5 м, минерализация их 1,3-1,7 г/л по плотному остатку и 0,03-0,14 г/л – по хлору. Почвы участка представлены серозёмами со слабым засолением. Содержание солей в слое 0-2 м составляет 0,20-1,24% по плотному остатку, 0,009-0,015%- по хлору. Тип засоления сульфатный и хлоридно-сульфатный.

Поливинилхлоридные гофрированные дренажные трубы, изготовленные в Джейранбатанском заводе дренажных труб, характеризуются следующими показателями (тип Труб III): наружный диаметр 200 мм; рекомендуемая глубина заложения дрены 3,5 м; толщина стенки 0,80 мм; размеры профиля гофры – шаг 19,0 мм, высота 6,1 мм; размеры водоприемных отверстий: ширина 1,5 мм, длина 24 мм, площадь водоприемных отверстий 30 см^2/м; количество водоприемных отверстий 140 шт. на 1м трубы; масса 1225 г/м.

Дренаж из поливинилхлоридных труб закладывался в среднем суглинке с песчаными прослойками, имеющий следующий состав: $D_{10} = 0{,}010$ мм; $D_{17} = 0{,}015$ мм; $D_{60} = 0{,}08$ мм; $D_{мах} = 0{,}2$ мм.

Фильтр из песчано-гравийной смеси имеет следующий состав: $D_{10} = 0{,}06$ мм; $D_{17} = 0{,}25$ мм; $D_{60} = 2{,}3$ мм; $D_{мах} = 11{,}0$ мм, коэффициент неоднородности $\eta = D_{60} / D_{10} = 9{,}2$. Здесь D_{10}, D_{17}, D_{60} диаметр частиц грунта, меньше которых в его составе содержится 10,17,60% по массе.

Дрены построены траншейной дренажной машиной ЭТЦ-406. Технические показатели экскаватора: глубина открываемой траншеи до 4,5м, ширина 0,6-0,65 м, производительность не менее 65 м/час.

Эффективность действия закрытых дрен (Д-1, Д-2, Д-3) исследованы в 2002-2004 годы при сельскохозяйственном освоении орошаемых

земель. Земли участка использованы под зерновыми и люцерны. Поливная норма этих культур в невегатационных и вегетационных периодах соответственно составляет 1100 м^3/га и 2600 м^3/га, 1250 м^3/га и 5200 м^3/га, общая поливная норма составляет 3700 м^3/га и 6450 м^3/га.

Уровень грунтовых вод и расходы дрен в периоды поливов динамичен. Зависимость модуля дренажного стока учетной дрены от напора грунтовых вод приведена в табл. 1.

известным решениям С.Ф.Аверьянова [1] и В.М.Шестакова [5] имеет вид:

$$\Phi_{Д} = \frac{1}{\pi} m_g 1_n \frac{2m_g}{\pi D}. \qquad (2)$$

По А.Я.Олейнику сопротивление по степени вскрытия пласта [3]:

$$\Phi_{Д} = 0{,}366 m l_g \frac{m}{\frac{\pi\left(h_0 + r_{Д}\right)}{2m}}, \qquad (3)$$

Таблица 1

Расчетный и фактический модуль дренажного стока

Показатели дренажного стока	Напор грунтовых вод Н, м					
	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Расчетный модуль дренажного стока, л/сек га						
По формулам С.Ф.Аверьянова	0,062	0,076	0,090	0,104	0,119	0,134
В.М.Шестакова	0,067	0,081	0,096	0,111	0,126	0,142
А.Я.Олейника	0,146	0,151	0,174	0,197	0,228	0,257
Среднее	0,092	0,102	0,120	0,137	0,157	0,177
Фактические по данным наблюдения						
Расход дрены, л/сек (длина дрены 750 м)	1,59	1,92	2,23	2,35	2,56	2,97
Модуль дренажного стока, л/сек·га	0,106	0,128	0,149	0,157	0,171	0,98

Из таблицы 1 видно, что фактические значения модуля дренажного стока, в основном, соответствуют его теоретическим значениям, определенные по формулам С.Ф.Аверьянова, В.М.Шестакова и А.Я.Олейника [1, 2, 3, 5]. Но фактические значения дренажного стока в определенной степени ниже, чем его расчетные величины.

Общее фильтрационное сопротивление горизонтального закрытого дренажа Φ равно [2, 3]:

$$\Phi = \Phi_{д} + \Phi_{х}, \qquad (1)$$

где $\Phi_{д}$ – фильтрационное сопротивление по степени вскрытия пласта, обусловленное гидродинамическим несовершенством дрены; Φ_x – фильтрационное сопротивление по характеру вскрытия пласта, обусловленное потерями напора в фильтре, дренажных щелях и трубах.

Для дрены, вскрывающей однородный пласт, фильтрационное сопротивление по

где m – мощность водоносного слоя,

$m = m_э + m_0/2$; $r_д$ – диаметр дрены;

h_0 – напор в междрении.

С учетом дополнительных сопротивлений величину Ф, А.И. Мурашко [2] рекомендует определить по формуле:

$$\Phi = \frac{1}{\pi} m_g l_n \frac{2m_g}{\pi D} + \frac{m_g}{\pi} \Phi_x, \qquad (4)$$

где $\Phi_д$ – фильтрационное сопротивление по общие степени вскрытия пласта; Φ – фильтрационные сопротивления (по степени и характеру вскрытия пласта); m_g – расстояние от дрены до водоупора; D – диаметр дрены; $\Phi_х$ – дополнительное сопротивление по характеру вскрытия пласта.

Приращение фильтрационных сопротивлений, обусловленное наличием фильтра [2], будет:

$$\Psi_{\varphi} = \left(\frac{\kappa_{гр}}{\kappa_{ф}} - 1 \right) l_n \frac{D + 2\delta}{D}, \qquad (5)$$

где $K_{гр}$ и $K_{Ф}$ – коэффициенты фильтрации грунта и фильтра; δ – толщина фильтра.

Наиболее надежный метод определения сопротивления является метод, основанный на опытных эксплуатационных данных наблюдений за работой дренажа.

В табл. 2 приведены результаты определения фильтрационных сопротивлений при работе дрены по данным наблюдениям и теоретическим формулам. Фактические и расчетные значения сопротивления близки по величине и их расхождения составляют 1,2-9,5%.

Дополнительное сопротивление, связанное с конструкцией дрены, составляет 2,1÷3,2 м, что следует учесть в определении расстояний между дренами.

Таблица 2

Расчетные и фактические фильтрационные сопротивления (при h_0 = 1,5 м, q = 0,15 л/сек·га)

Сопротивления	Расчетные		По работе дрены	Расхождение от расчетного	
				в м	в %
1	2		3	4	5
Общие фильтрационные сопротивления Ф, м	16,2	по формуле А.Я.Олейника и А.И.Мурашка	16,0	0,2	1,2
Основное сопротивление $Ф_д$, м	13,0	по формуле А.Я.Олейника	13,0	–	–
	14,1	по формуле С.В.Аверьянова и В.И.Шестакова	14,1	–	–
Дополнительное сопротивление $Ф_{х,}$ м	3,2	по формуле А.Я.Олейника	3,0	0,2	6,3
	2,1	по формуле С.В.Аверьянова и В.И.Шестакова	1,9	0,2	9,5

ВЫВОДЫ

Результаты натурных и теоретических исследований по определению фильтрационного сопротивления дрен показали их идентичность.

Литература

1. **Аверьянов С.Ф.** Борьба с засолением орошаемых земель. М., 1978, 288 с.
2. **Мурашко А.И., Сапожников Е.Г.** Защита дренажа от заиления. Минск, 1978, 168 с.
3. **Олейник А.Я.** Гео-гидродинамика дренажа. Киев, 1981, 284 с.
4. **Шестаков В.М.** Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа. М., 1965, 233 с.

Трубы дренажные гофрированные из поливинилхлорида. Технические условия ТУ33-291-86. ММи ВХ СССР, 20 с.

УДК 631.459.43

КОСОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРЫЖОК СВЯЗНОГО СЕЛЕВОГО ПОТОКА

Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И.

Институт водного хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

В пределах конуса выноса или на отдельных участках транзитной зоны селевого водотока тот или иной вид подзащитного объекта нередко находится под опасностью непосредственного воздействия селевого потока, движущегося обычно бурным режимом движения [1, 2, 3]. С целью отвода селевого потока от защищаемого объекта часто строятся вертикальные стены под определенным углом в плане по отношению направления движущегося потока. Подобная стена одновременно выполняет энергогосящую функцию, что способствует возникновению косого гидравлического прыжка [4, 5, 6].

Связный (высококонцентрированный) селевой поток состоит из скальных обломков, щебня, растительных остатков и обволакивающей их грязевой составляющей. Такой поток включает 80-90% (по массе) твердого материала и 10-20% воды (в связном состоянии). Плотность подобной смеси 1,8-2,3 т/м^3; движущая среда – вязкопластический грязекаменный конгломерат [1, 2, 3].

Турбулентный (несвязный) селевой поток – это водная среда, обогащенная коллоидной взвесью, он транспортирует щебенистую массу и отдельные крупные камни. Его плотность меняется от 1,1 до 1,7 т/м^3, твердые включения 10-70%. Транспортируемая среда – водоколлоидная смесь или только вода.

Значительный ущерб народному хозяйству приносят связные селевые потоки, на что в работе обращается особое внимание.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Допустим, что связный (высококонцентрированный) селевой поток со скоростью V_1 и глубиной (перед прыжком) h^1 движется в транзитной зоне водотока бурным режимом. Предположим, что при выходе на конусе выноса поток отклоняется вертикальной стеной под углом θ_1 (рис.1). Отклонение потока от первоначального направления из-за бурного режима его движения повлечет за собой возникновение косого гидравлического прыжка [5, 6], что будет распространяться вдоль линии фронта волны AB, который составляет угол θ_2 относительно линии AC, т.е. линии первоначального направления потока. Естественно, когда поворот стенки отсутствует (θ_1=0), вместо косого гидравлического прыжка, в виду резкого уменьшения уклона дна водотока в пределах конуса выноса, будет наблюдаться обыкновенный прыжок [5]. Следует установить параметры потока после прыжка: глубину h'', скорость V_{11}, высоту прыжка Δh и потери энергии в прыжке.

Для решения поставленной задачи построим перед и за фронтом волны треугольники векторов скоростей $A_1B_1C_1$ и $A_{11}B_{11}C_{11}$. Тогда вектор скорости перпендикулярный волновому фронту косого прыжка АВ будет:

$$V_{n1}^2 = V_1 Sin\theta_2 , \qquad (1)$$

где V_1 – скорость потока перед прыжком.

Число Фруда по нормали к волновому фронту перед косым прыжком будет:

$$Fr_1 = \frac{V_{n1}^2}{gh^1} = \frac{V_1^2 Sin^2\theta_2}{gh^1} , \qquad (2)$$

где $V_{n1} = A_1C_1$ или

$$Fr_{n1} = Fr_1 Sin^2\theta_2 , \qquad (3)$$

здесь Fr_1 – число Фруда потока со скоростью V_1, т.е. вектор B_1C_1.

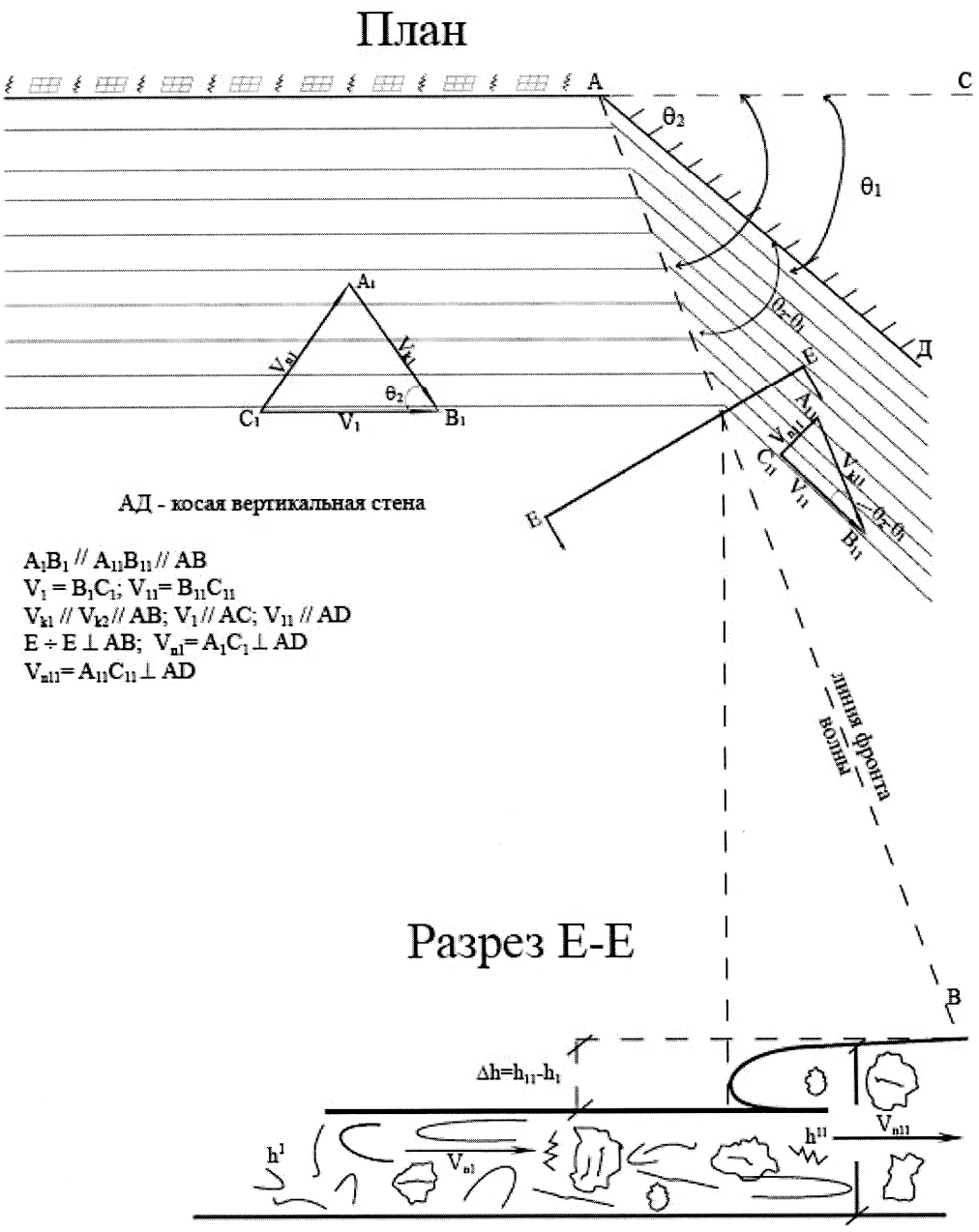


Рис. 1. Схема расчета косого гидравлического прыжка связного селя при воздействии потока на вертикальную преграду

В том случае, когда θ_1 меньше угла свободного расширения связного селевого потока $\left(\theta_3 = 11^\circ - 13^\circ\right)$ [2, 4], он меняет направление, т.е. отклоняется на конусе выноса и далеко от вертикальной косой стены образуется отогнанный гидравлический прыжок и за счет сглаживания поверхности русла прыжок принимает волнообразную затухающую форму.

Вторая сопряженная глубина прыжка h'' в русле при совершенном гидравлическом прыжке будет [5]:

$$h'' = 0{,}5h'\left[\sqrt{1+8Fr_{n1}} - 1\right] \qquad (4)$$

или соотношение сопряженных глубин будет:

$$\frac{h''}{h'} = 0{,}5\left[\sqrt{1+8Fr_1 Sin^2\theta_2} - 1\right]. \qquad (5)$$

Зависимость (5) характеризует величину косого гидравлического прыжка.

Следует отметить об аномальном свойстве природы связного селевого потока, заключающая в том, что при воздействии потока на невысокую вертикальную преграду, отклоненной более чем на 11°÷13°, поток может легко перескочить через нее [2].

Из треугольников векторов скоростей (рис.1) следует:

$$V_{1k} = A_1B_1 = \frac{V_{n1}}{tg\theta_2}, \qquad (6)$$

$$V_{11k} = A_{11}B_{11} = \frac{V_{n1}}{tg(\theta_2 - \theta_1)}. \qquad (7)$$

Учитывая, что параллельно волновому фронту количество движения не изменяется, выше приведенные две скорости соответственно будут равны, т.е. $V_{1k} = V_{11k}$, тогда получаем:

$$\frac{V_{n1}}{V_{n11}} = \frac{tg\theta_2}{tg(\theta_2 - \theta_1)}. \qquad (8)$$

Из уравнений неразрывности, т.е. из равенства:

$$h'V_{n1} = h''V_{n11} \qquad (9)$$

условие (8) принимает вид:

$$\frac{h''}{h'} = \frac{tg\theta_2}{tg(\theta_2 - \theta_1)}. \qquad (10)$$

Учитывая (5), получим:

$$0{,}5\left[\sqrt{1 + 8Fr_1 Sin\theta_2} - 1\right] = \frac{tg\theta_2}{tg(\theta_2 - \theta_1)}, \qquad (11)$$

откуда следует:

$$tg\theta_2 = \frac{\left(\sqrt{1 + 8Fr_1 Sin^2\theta_2} - 1\right)tg(\theta_2 - \theta_1)}{2}. \qquad (12)$$

Зная V_1, h', и θ_1 методом постепенного приближения (допуская разные значения θ_2) определяется угол наклона линии фронта косой волны (т.е. угол линии *AB*) относительно направления движения поступательного потока в транзитной части водотока т.е. по отношении *AC*.

Так как дело имеем с косым гидравлическим прыжком в плоскости *E-E*, т.е. в плоскости перпендикулярной линий фронта волны прыжок примет волнистую (затухающую) форму. В том случае, когда $h''/h' < 2$ гашение энергии будет незначительным.

При известном значении угла θ_2 не представляет трудности определение второй сопряженной глубины по зависимости (10), она равна:

$$h'' = \frac{h'tg\theta_2}{tg(\theta_2 - \theta_1)}. \qquad (13)$$

Далее легко установить скорость потока и число Фруда после прыжка:

$$V_{11} = \frac{V_1h'}{h''}, \qquad (14)$$

$$Fr_{11} = \frac{V_{11}^2}{gh''} \qquad (15)$$

и оценить высоту прыжка:

$$\Delta h = h'' - h'. \qquad (16)$$

Потери удельной энергии в гидравлическом прыжке можно определить по зависимости [5]:

$$h_{mp} = \frac{(h'' - h')^3}{4h'h''}. \qquad (17)$$

Расход на еденицу ширины русла:

$$q = V_1h', \qquad (18)$$

а потери энергии в гидравлическом прыжке в единицу времени на единицу ширины равны:

$$Э_1 = \rho g q h_{mp}, \qquad (19)$$

а по всей *B* ширине:

$$Э = Э_1 B, \qquad (20)$$

где ρ – плотность связного потока.

В результате взаимодействия с косой вертикальной стеной, несмотря на жестокость его структуры, внутри потока происходит интенсивное перераспределение скоростей, которое также способствует оттоку части расхода селя на сглаживание шероховатой поверхности поймы русла, вызывая дополнительное сопротивление движению.

Зная V_{11} и h'', скорость потока на конусе выноса от конца косой стены на расстоянии x можно определить по зависимости [7]:

$$V_x = V_{11}\sqrt{\frac{\omega_{11}}{\lambda K_{cp} B_{II} x + \lambda x^2 tg\theta_3 + \omega_0}}, \qquad (21)$$

где: λ – коэффициент шероховатости поверхности русла на конусе выноса; ω_{11}, B_{11} – соответственно живое сечение и ширина потока на конусе выноса в конце косой стены; $\theta_3 = 11^0 - 13^0$, угол свободного расширения селевого потока; $K_{cp} = i_1 / i_2$, i_1 – средний уклон дна русла транзитной части водотока; i_2 – средний уклон конуса выноса.

Что касается ширины на расстоянии x, ее можно определить по зависимости [7]:

$$B_x = B_{11} + 2x tg\theta_3 . \qquad (22)$$

Пример расчета. Скорость связного селевого потока в конце транзитной зоны водотока перед его выходом на конус выноса $V_1 = 15$ *м/с*, глубина потока $h' = 2{,}0$ *м*, ширина $B_1 = 10$ *м*. Поперечное сечение транзитной части русла прямоугольное.

Следует осуществить защиту объекта, расположенного на конусе выноса вертикальной стеной под углом θ_1=30° (рис.1). Плотность потока $\rho = 2{,}2$ *т/м*^{3}.

Необходимо определить угол θ_2 линии фронта косого гидравлического прыжка, вторую сопряженную глубину h'', а также скорость потока на расстоянии x = 50 от конца косой стены при $\lambda = 0{,}04$; $i_1 = 0{,}16$; $i_2 = 0{,}02$; $\theta_3 = 12^0$.

Решение. Определяем число Фруда селевого потока в конце транзитной зоны:

$$Fr_1 = \frac{V_1^2}{gh'} = \frac{15^2}{9{,}81 \cdot 2{,}0} = 11{,}47$$

Т.к. $Fr_1 > 1$, т.е. 11,47 >1, то движение потока в конце транзитной части водотока происходит в бурном режиме.

Далее допустим, что $\theta_2 = 50^0$, тогда из (12):

$$tg50^0 = \frac{\left(\sqrt{1 + 8 \cdot 11{,}47 Sin^2 50^0} - 1\right)\left[tg\left(50^0 - 30^0\right)\right]}{2},$$

откуда получим, что $1{,}19 \approx 1{,}17$.

Следовательно, угол направления волнового фронта косой волны относительно линии *AC*, составляет $\theta_2 = 50°$.

Тогда вторую сопряженную глубину h'' можно определить по зависимости (10):

$$h'' = h' \frac{tg\theta_2}{tg\left(\theta_2 - \theta\right)} = 2{,}0 \frac{tg50^0}{tg\left(50^0 - 30^0\right)} = 6{,}55 м,$$

скорость потока после прыжка:

$$V_{11} = \frac{V_1 h'}{h''} = \frac{15 \cdot 2}{6{,}55} = 4{,}58 м/с.$$

Следовательно, число Фруда после прыжка:

$$Fr_{11} = \frac{V_{11}^2}{gh''} = \frac{4{,}58^2}{9{,}81 \cdot 6{,}55} = 0{,}326 < 1 .$$

Так как $Fr'' < 1$, режим движения за прыжком спокойный.

Высота прыжка (16):

$$\Delta h = h'' - h' = 6{,}55 - 2{,}0 = 4{,}55 м.$$

Потери удельной энергии в гидравлическом прыжке (17):

$$h_{mp} = \frac{\left(h'' - h'\right)^3}{4h'h''} = \frac{4{,}55^3}{4 \cdot 2{,}0 \cdot 6{,}55} = 1{,}8 м.$$

Расход на единицу ширины русла (18):

$$q = 15 \cdot 2 = 30 м^2/с$$

В русле шириной $B_1 = 10 м$ расход потока будет $Q = 30 \times 10 = 300$ *м*^{3}*/с*.

Потери энергии в гидравлическом прыжке, происходящие за единицу времени на единице ширины при $\rho = 2200$ *кг/м*^{3} по формуле (19) будут:

$$Э_1 = \rho g q h_{mp} = 2200 \cdot 9{,}81 \cdot 30 \cdot 1{,}8 = 116542 \frac{кг.м}{с^3},$$

а в русле шириной $B = 10{,}0 м$:

$$Э = Э_1 B_1 = 116542 \cdot 10 = 1165420 \frac{кг.м^2}{с^3}$$

Определим ширину потока за прыжком:

$$B_{11} = \frac{Q}{V_{11} h''} = \frac{300}{4{,}58 \cdot 6{,}55} = 10 м .$$

Таким образом, ширина за прыжком связного селевого поток остается без изменения и $B_1 = B_{11} = 10 м$.

Определим K_{cp} по зависимости $K_{cp} = i_1 / i_2$:

$$K_{cp} = \frac{0{,}16}{0{,}02} = 8.$$

Площадь живого сечения за прыжком

$$\omega_{11} = B_{11} h'' = 10 \cdot 6{,}55 = 65{,}5 м^2 .$$

Тогда по зависимости (21) скорость потока на растоянии $x = 50 м$ будет:

$$V_x = 4{,}58 \sqrt{\frac{65{,}5}{0{,}04 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 50 + 0{,}04 \cdot 2500 \cdot 0{,}21 + 65{,}5}} =$$

$$= 4{,}58 \sqrt{\frac{65{,}5}{246{,}5}} = 2{,}39 \approx 2{,}4 м / с.$$

Ширина потока в этом створе по зависимости (22) будет:

$$B_x = B_{11} + 2xtg\theta_3 = 10 + 2 \cdot 50 \cdot 0{,}21 = 31 м.$$

Таким образом, при свободном расширении на конусе выноса $B_{11} = 10 м$ меняется до $B_x = 31 м$, т.е. поток расширяется на 21 *м*.

ВЫВОДЫ

1. В руслах селеносных водотоков на выходных участках конуса выноса с целью защиты хозяйственных объектов различного назначения нередко возводят селеотводящие вертикальные стены, способствующие возникновению косого гидравлического прыжка.
2. Предлагаемая схема расчета дает возможность определить параметры косого гидравлического прыжка при воздействии потока на вертикальную стену и определить характеристики связного селевого потока на конусе выноса на расстоянии x *м* при свободном его расширении.

Литература

1. **Гавардашвили Г.В.** Прогнозирование эрозионно-селевых процессов в бассейне р.Дуруджи и новые инженерно-экологические мероприятия. Тбилиси, 2003, 115 с. (на груз.языке)
2. **Гагошидзе М.С.** Селевые явления и борьба с ними. Тбилиси, Изд. Сабчота Сакартвело. 1970, 386с.
3. **Мирцхулава Ц.Е.** Современные возможности предсказания уязвимого состояния территории и объектов для катастрофических селей. //Ж. Геоэкология. М., 2006, №1, с. 57-65.
4. **Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И.** Основы динамики селей. Тбилиси, 2007, 213 с.
5. **Штеренлихт Д.В.** Гидравлика. М.: Энергоатомиздат. 1984, 639 с.
6. **Чоу В.** Гидравлика открытых потоков (перевод с англ.). М.: Стройиздат, 1969.
7. **Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И.** Расширение связного потока на конусе выноса. //Ж. Метеорология и гидрология. 2006г., М., №7, с. 97-100.

УДК 631.367

УСТОЙЧИВОСТЬ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА ПОПЕРЕЧНЫХ СКЛОНАХ

Наниташвили О.С.,[1] Рехвиашвили Э.Р.,[2] Наниташвили В.О.[2]

[1)] Институт водного хозяйства,
[2)] Грузинский технический университет,
г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Для орошения сельскохозяйственных культур на площадях предгорных регионов Грузии успешно можно применять серийные дальнеструйные дождевальные установки ДДЧ-50, и дождеватель типа шлейфа изготовленные в институте водного хозяйства Грузии. На всех этапах испытаний данная установка показала достаточно высокие эксплуатационно-экономические характеристики. Поэтому представляет практический интерес оценить возможность использования её для орошения плодородных горных массивов. Это в основном касается показателей поперечной динамической устойчивости.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На устойчивость позиционного пневмоколесного агрегата ДДЧ-50 определенное влияние оказывает реактивное усилие, создаваемое струей, вытекающей из вращающегося и наклонного в отношении плоскости почвы, напорного сопла [1,2,3]. Оптимальное значение угла наклона находится в пределах 28-32°. Частота вращения не превышает величину 0,5-1,0 об/мин. Следовательно исследуя вопросы устойчивости дождевальной установки, следует учесть тот факт, что в течении периода вращения вышеуказанная реактивная сила относительно оси возможного опрокидывания установки, создаёт моменты как опрокидывающего, так и стабилизирующего характера. С точки зрения устойчивости интересно то направление реактивной силы, которое способствует опрокидыванию работающей установки. Поэтому данной силе условно присвоено фиксированное, наихудшее для устойчивости агрегата направление.

С учётом этого допущения определим значение поперечной динамической устойчивости установки. Рассмотрим схему сил, действующих на дождевальную установку при работе на склоне с углом наклона β_∂ (рис.1). По рекомендаций, данной в [4], в качестве критерия устойчивости принимаем величину нормальной реакции почвы на наиболее разгруженные колеса установки – Z_B. Для определения величины этой реакции составим уравнение моментов всех сил относительно точки контакта O_2 нагруженных колес с почвой:

$$Z_B \cdot B - G(0{,}5B + e)\cos\beta_\partial + HG\sin\beta_\partial + \\ + P\ell\sin\gamma + Ph\cos\gamma \pm \mu_j = 0 \quad , \quad (1)$$

где B – колея установки; e – эксцентриситет центра тяжести продольной оси; h и ℓ – координаты точки приложения O_3 реактивной силы относительно точки O_2; μ_j – суммарный инерционный момент вращающихся частей установки (величиной этого момента обычно пренебрегаются в виду её малости).

Условие поперечной устойчивости является неравенство $Z_B \geq 0$. Однако при $Z_B = 0$ установка находится в состоянии неустойчивого равновесия критическим углом $\beta_{\partial K}$. Величина этого угла находится из выражения

$$Htg\beta_{\partial K} = (0{,}5B + \ell) - \frac{P(\ell\sin\gamma + h\cos\gamma)}{G\cos\beta_{\partial K}}. \quad (2)$$

Решение равенства (2) графическим методом приводится на рис.2. Значение критического

угла поперечной динамической устойчивости при колее установки равной $B = 1{,}75$ м, величине реактивной силы (рассчитанной по [3] на основе данных [1]), равной $P = 44{,}6$ кг и при весе установки $G = 2745$ кг, составило $\beta_{\partial K} = 29°45'$.

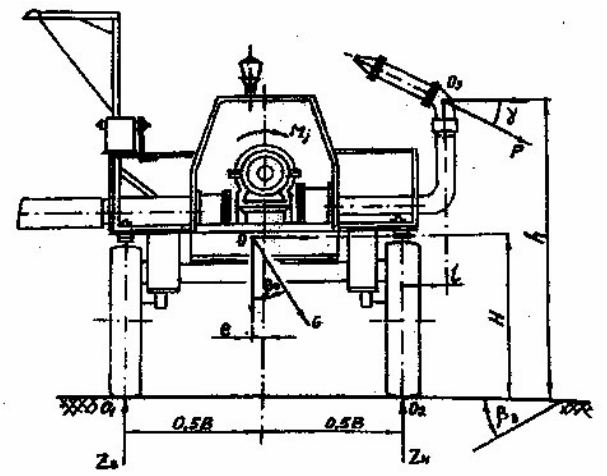


Рис. 1 Схема сил, действующих на установку ДДЧ-50 при работе поперек склона.

Анализ дождевальной техники серийного производства и стационарных систем дождевания показывает, что применение этих устройств на орошаемых площадях, имеющих сложные рельефы и большие уклоны практически невозможно в связи конструктивных особенностей известных дождевальных установок и высокой стоимости полива. Кроме того, эксплуатация этих установок на площадях с большим уклоном связана с необходимостью прокладки специальных дорог и оросительной сети с высоким расходом воды, так как для этих систем характерна высокая интенсивности дождевания, порядка 0,30-0,35 и более мм/мин. Подобные же величины интенсивности дождевания при больших уклонах орошаемой площади, связаны с появлением поверхностных стоков и соответственно с опасностью развития эрозионных процессов почвы.

Орошение аграрно-технических культур, возделываемых на площадях с вышеотмеченным рельефом почвы, возможно, осуществить с использованием дождевальных установок типа шлейфа модернизированной (упрощенной) конструкции, который представляет собой металлический трубопровод, соединены друг с другом фланцами. На обоих концах трубопровода установлены задвижки, которые заканчиваются упругим шлангом, соединяющим шлейф с гидрантом оросительной сети. В трех местах трубопровода установлены стояки с дождевальными аппаратами. С целью сохранения устойчивости на опрокидывание, трубопровод в местах соединения со стояками опирается на салазки специальной конструкции. Сборка шлейфа происходит непосредственно на орошаемом поле. Шлейф работает позиционно и передвигается прямолинейно с помощью трактора. Он прост в конструкций, надёжен в эксплуатации, имеет высокую проходимость и маневренность в сложных рельефных условиях. Он выделяется малой интенсивностью дождя, при его работе возможен полив без поверхностного стока и луж, в сравнении со стационарными состояниями отличается более высокой рентабельностью.

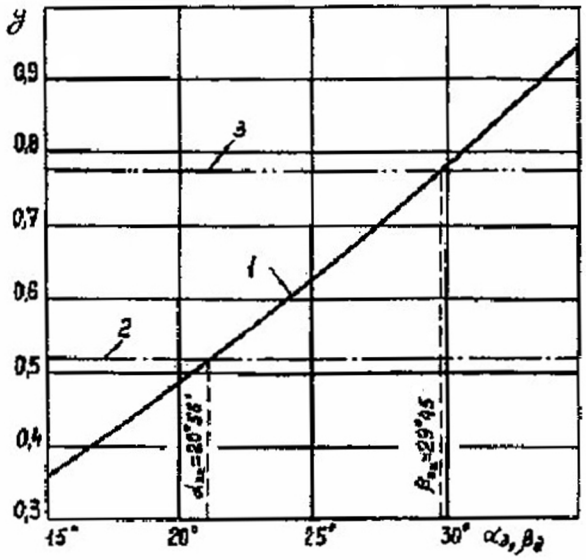


Рис. 2. Диаграмма для определения критического угла поперечной динамической устойчивости ДДЧ-50. 1 – зависимость $y = H \cdot tg\beta_{\partial}$ **;**

2-4 – зависимость $y = (0{,}5 + e) - \dfrac{P(\ell \sin\gamma + h\cos\gamma}{G\sin\beta_{\partial}}$

В связи приведенной оценкой дождевального шлейфа установим диапазон исследования этого агрегата по показателям динамической устойчивости (по аналогом с ДДЧ-50). В случае рассматриваемого шлейфа реактивные усилия создаются тремя вращающимся силами, расположенными на расстоянии 50 м друг от друга. Будем считать, что направления создаваемых

напорными соплями реактивных усилий параллельны, а суммарная реактивная сила является их векторной суммой, приложена в области среднего сопла, в сечении продольной симметрии шлейфа. Этой суммарной реактивной силе P также условно присвоено фиксированное, наихудшее для устойчивости шлейфа направление. Кроме того, опорные поверхности салазок расположены чуть выше опорной поверхности центрального водопроводного трубопровода, поэтому при работе установки на поперечном склоне, вся система дождевального шлейфа наклоняется на некоторый угол, величина которого, исходя из геометрических размеров шлейфа, не превышает 3,5°. С целью упрощения подходов к расчетным выкладкам, пренебрегаем величиной этого угла из-за её малости, считая горизонтальные поверхности шлейфа условно параллельными поверхности почвы. Учёт влияния отмеченного угла наклона шлейфа производится в посредством путём введения поправочных составляющих к конечным результатам расчета.

С учётом принятых допущении (и без учёта влияния микрорельефа склона) определим критический угол поперечной динамической устойчивости дождевального шлейфа. Рассмотрим схему сил, действующих на него при поливе поперечного склона с углом наклона β_∂ (рис. 3).

В качестве критерия поперечной устойчивости принимается величина нормальной реакции почвы на наиболее разгруженную точку контакта шлейфа с поверхностного склона – Z_B. Она определяется из уравнения моментов всех сил относительно точки контакта наиболее нагружённой салазкой шлейфа с почвой (точка O_2).

$$Z_B = \frac{GB\cos\beta_\partial - GH\sin\beta_\partial + P(B\sin\gamma - h\cos\gamma)}{B}$$

где B – поперечная координата центра реактивной силы P (точка O_3) и центра тяжести G (точка О); – вертикальная координата точки приложения центра тяжести G; h – высотная координата центра приложения силы P.

Условие поперечной устойчивости шлейфа: $Z_B \geq 0$; при $Z_B = 0$ он находится в состояние неустойчивого равновесия с критическим углом наклона $\beta_{\partial K}$. Величину этого угла находим из уравнения:

$$GHtg\beta_{\partial K} = GB + \frac{P(B\sin\gamma - h\cos\gamma)}{\cos\beta_{\partial K}}. \qquad (4)$$

На рисунке 4 приведено графическое решение уравнения (4): $\beta_{\partial K} = 76°40'$. С учётом вышеприведенного допущения окончательно устанавливается величина критического угла динамической устойчивости дождевального шлейфа $\beta_{\partial K} = 73°10'$. Указанное значение критического угла поперечной динамической устойчивости шлейфа получена при $B = 0{,}4$ м. величина реактивной силы, рассчитанная по [2], равняется $P = 3 \cdot 4{,}52 = 13.56$ кг. Вес шлейфа $G = 1604{,}9$ кг.

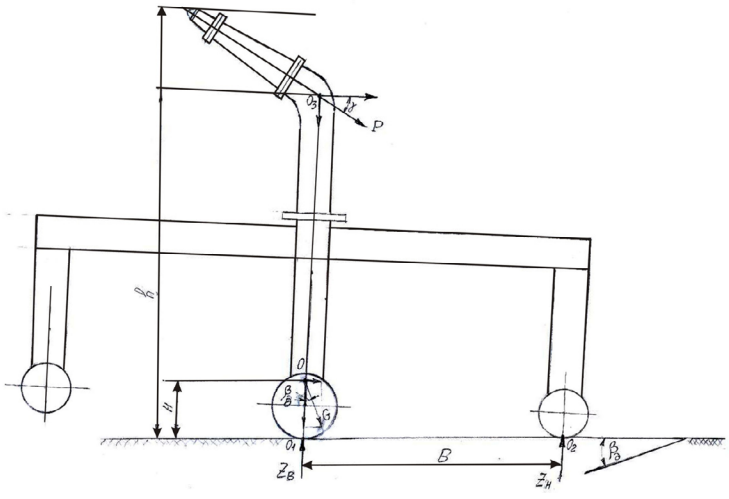


Рис.3 Схема дождевального шлейфа (разрез в сечении продольной симметрии) и действующих на шлейф сил на поперечном уклоне

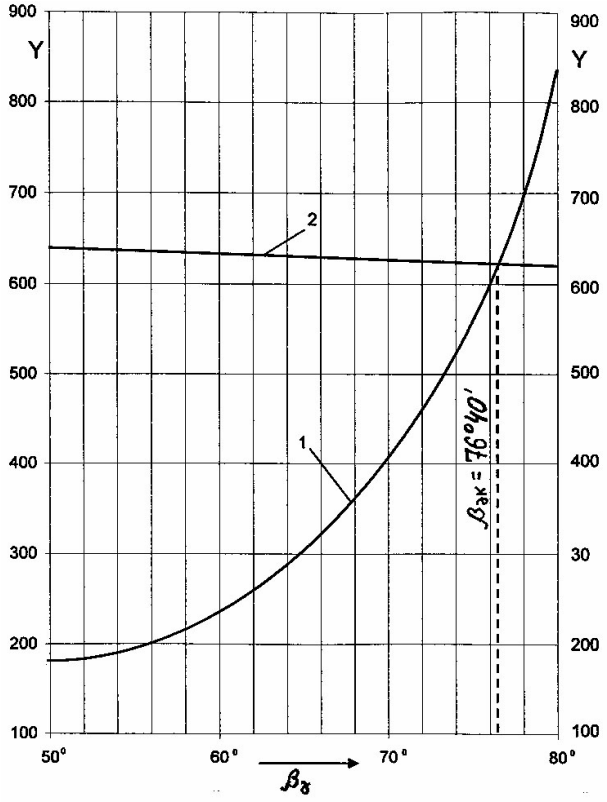


Рис. 4. Диаграмма для определения критического угла поперечной динамической устойчивости шлейфа

1 – зависимость $y = GH \cdot tg\beta_\partial$; **2 – зависимость** $y = GB + \dfrac{P(B\sin\gamma - h\cos\gamma)}{\cos\beta_\partial}$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, как дождевальная установка ДДЧ-50, так и дождевальный шлейф обладают высокой динамической устойчивостью и могут быть рекомендованы для эксплуатаций на плодородных предгорных и горных орошаемых площадях сложным рельефом и высоким уклоном почвы.

Литература

1. **Наниташвили О.С. Рехвиашвили Э.Р., Наниташвили В.О.** Динамическая устойчивость дождевальной установки. //Международный симпозиум по проблемам проектирования, строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений, Тбилиси, 200, с 165-167.
2. **Наниташвили О.С. Рехвиашвили Э.Р., Наниташвили В.О.** Устойчивость установки ДДЧ-50 на поперечном склоне. //Тракторы и сельскохозяйственные машины. М.: Машиностроение, №3, 2003. с.28-30.
3. **Лебедев Б.М.** Дождевальные машины (теория и конструкции), М.: Машиностроение, 1965, 255 с.
4. **Львов Е.Д.** Теория трактора. М.: Машгиз, 1960, 252 с.

УДК 35.776;73

НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ВОДОПРИЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ГОРНЫХ РЕКАХ

Петевотян Р.А.

Ереванский государственный университет архитектуры и строительства,
г. Ереван, Армения

ВВЕДЕНИЕ

В тех случаях, когда водоснабжение населенных пунктов в Республике Армения осуществляется поверхностными водами, в качестве водоисточника, в основном, используются горные реки, чаще всего их верхние потоки. Этим источникам характерно высокое качество воды, т.к. они питаются талыми и подземными, а также дождевыми водами, незагрязненными бытовыми и промышленными сточными водами, которые не содержат сельскохозяйственных удобрений и химикатов.

Большее время в году в горных реках вода имеет также хорошие органолептические показатели и наконец, благодаря высоким отметкам, водоснабжение осуществляется самотеком.

Несмотря на эти преимущества, особенности режима потока горных рек создают ряд затруднений при заборе воды:

- из-за больших уклонов русла создаются бурные потоки и небольшие глубины, особенно в период малых расходов;
- во время паводка, горные реки переносят большое количество взвешенных частиц и донные наносы;
- в зимний период в воде образуется шуга;
- в зависимости от геологических условий, во время сильных дождей могут произойти обвалы и изменения русла реки;
- возникают проблемы, связанные с проходимостью дорог, особенно в зимнее время.

В этих условиях, для обеспечения бесперебойного водоснабжения, необходимо правильное решение конструктивных, гидротехнических, а также функциональных задач всех сооружений водоприемного узла, которые носят особый характер. Особенно важно предусмотреть мероприятия для предотвращения попадания взвеси и наносов в водозаборные сооружения.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для этой цели, в комплексе водозаборных узлов, необходимо предусмотреть дополнительные сооружения для предварительной очистки воды, т. к. сооружения очистной станции не в состоянии принимать такую нагрузку взвешенных веществ. Обычно для этой цели используются водохранилища, а также песколовки и горизонтальные или радиальные отстойники [1, 2].

Опыт эксплуатации водозаборных сооружений горных рек республики показывает, что они функционируют неэффективно. Особые затруднения возникают в системах удаления наносов из этих сооружений. Задержка удаления приводит к их уплотнению и, следовательно, к осложнению процесса их удаления гидравлическим путем, вследствие чего возникает необходимость механического вмешательства.

Указанные проблемы еще больше усугубляются в условиях высокогорья и отдаленных от населенных пунктов водозаборных сооружениях.

Сооружения предварительной очистки воды могут быть предусмотрены в комплексе водоприемных сооружений или на территории очистной станции. Для правильного выбора места необходимо учитывать особенности местных условий: отдаленность, состояние

дорог и т.д. В технологическом отношении предварительную очистку целесообразно предусмотреть и организовать при головных сооружениях, т.к. в этом случае не возникает опасность образования наносов и засорения трубопровода. Но в этом случае необходимо обеспечить круглогодичный подход к этим сооружениям, в целях обеспечения нормальной эксплуатации указанных сооружений. При организации предварительной очистки воды на территории очистной станции, для удаления наносов можно использовать различные электромеханические оборудования [3], но в этом случае помимо расхода электроэнергии потребуется сложное оборудование и квалифицированный персонал для их обслуживания и эксплуатации.

Анализ опыта эксплуатации существующих водоприемных узлов и сооружений предварительной очистки воды показывает, что для обеспечения надежной работы комплекса, необходимо усовершенствовать их конструкции.

Для приема воды из горных рек на русле реки сооружается водоприемная плотина высотой 1-2 м. В теле плотины предусматривается канал, закрытый сверху решеткой, для грубой очистки воды. Переливаясь через гребень плотины, часть воды через решетку попадает в канал и дальше поступает на сооружение предварительной очистки.

Образовавшийся небольшой обьем водохранилища во время паводка быстро наполняется наносами и перестает функционировать как отстойник. Обьем водохранилища очищается от наносв только механическим способом.

Постоянное использование обьема водохранилища в качестве отстойника для предварительной очистки воды достигается созданием соответствующего гидравлического режима движения воды, что позволяет избежать накопления наносов в водохранилище.

Эксперементальным путем установлено, что для создания такого режима необходимо, чтобы водохранилище имело призмообразное дно, которое является продолжением русла реки (рис.1). В теле плотины напротив канала предусматривается щитовой затвор, с помощью которого регулируется гидравлический режим в водохранилище.

При малых расходах, когда вода чистая, затвор находится в закрытом положении, тогда скорость движения воды в водохранилище уменьшается и оно работает как отстойник (песколовка).

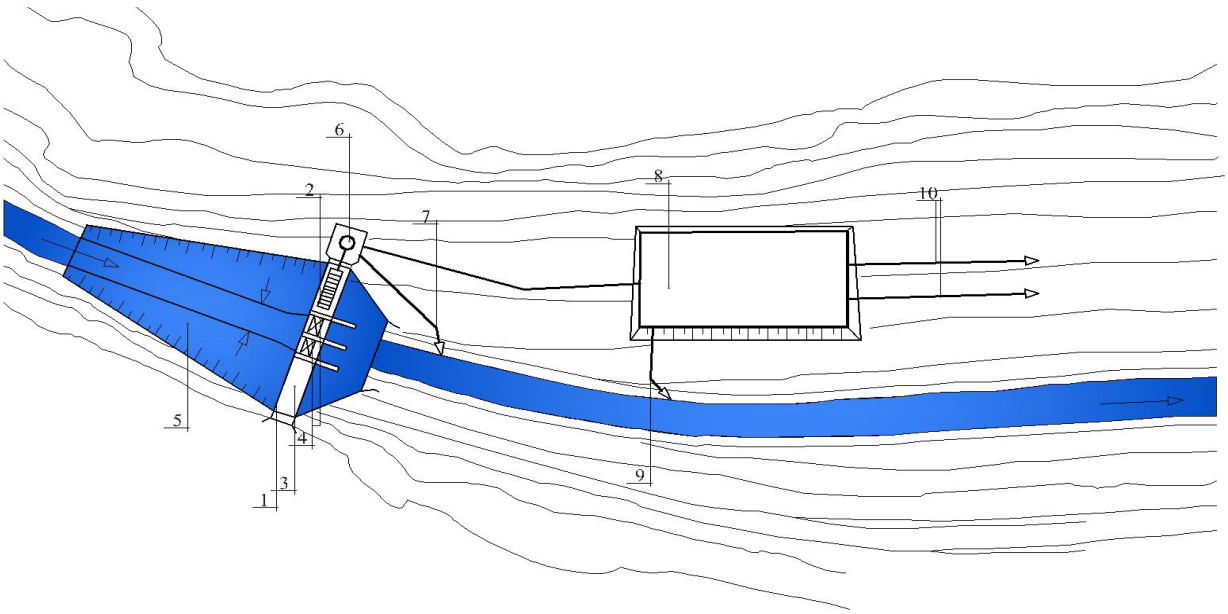


Рис.1. Водозаборный узел на горной реке
1- плотина, 2 - водоприемный участок, 3 – водослив, 4 - ливнеспуск, 5 – плотина-песколовка, 6 – водоприемный колодец, 7- водоспуск, 8 – отстойник, 9 – удаление наносов, 10 – предварительно очищенная вода

Далее вода, протекая будет проходить через плотину, обеспечивая прием необходимого ее количества через решетки.

При паводке, когда вода перемещает большое количество донных наносов, затвор открывается до определенной степени, пропуская донные наносы в нижний бьеф плотины. Степенью открывания затвора можно регулировать скорость движения воды в водохранилище, обеспечивая необходимый перелив через плотину и осаждение крупных частиц, тем самым осуществляя прием воды из верхних чистых слоев.

Накопившиеся наносы периодически удаляются полным открыванием затвора.

Оптимальные условия эксплуатации будут установлены во время процесса работы, а размеры отдельных элементов водоприемного узла определяются гидравлическими расчетами, с учетом расходов речной и забираемой воды.

ВЫВОДЫ

Благодаря преложенным разработкам, будет достигнута выводы в период паводка пропускать максимальные расходы без повреждения сооружений, одновременно, обеспечивая прием необходимого количества воды, ее эффективной предварительной очистки, а также удаление образовавшегося в сооружениях наносов в водоем.

Литература

1. **Фрог Б.Н., Левченко А.П.** Водоподготовка, Москва, 1986, 680 с.
2. **Martin Wegelin**, Traitement d' Eau de Surface par des prifiltres a gravier. Duewerdorf, Juillet 1997. pp. 1-6, 1-7, 1-9
3. **Мамедов А.Ш.** Способы очистки горизонтальных отстойников. ВСТ N12,2001г. с.15-16.

УДК 06.01.02

ИНФОРМАЦИОННАЯ ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ НАВИГАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

Рустамбеков Б.М.

Институт физики Национальной Академии Науки Азербайджан,
г. Баку, Азербайджан

ВВЕДЕНИЕ

В современных аэрокосмических дистанционных исследованиях в Азербайджане основное внимание акцентируется на развитии оперативных систем мониторинга и методов прогноза развития процессов и ситуаций на территории Республики.

С одной стороны, это самолетное мультиспектральное сканирование, которое служит мобильным легко управляемым в пространстве и времени источником получения информации. С другой стороны-это имитационное компьютерное моделирование контролируемых ситуаций и процессов, невоспроизводимых в натуральных условиях или недоступных для наблюдения их в полном объеме всей картины развития ситуаций. Важно отметить особую актуальность этого этапа при стратегическом планировании мониторинга в условиях ограничений на средства измерений и исходные данные (спутниковые, наземные, априорные).

В результате имитационных экспериментов возможна оценка наиболее информативных участков для каждого последующего планируемого этапа самолетного сканирования с координатным позиционированием точек измерения. В этом поэтапном процессе первоначально анализируется космический снимок изучаемой территории, затем планируются оптимальные координаты и трассы для последующего самолетного сканирования. При этом необходимо преобразовать текущую комплексную информацию для получения в визуально анализируемом виде с целью интерактивного принятия решения по выбору контролируемых параметров в ходе съемки для каждой исследуемой сцены. В докладе рассматриваются следующие вопросы для решения вышеотмеченных проблем:

1. Экспресс-анализа видеоданных для визуализации их в виде RGB изображений;

2. Оценки исходных распределений характерных спектрально-оптических контрастов спутниковых и аэро-изображений экологически деградирующих земель побережья Каспия;

3. Имитационного моделирования и вычисления наиболее информативных координат траекторий съемок самолетного мультиспектрального сканирования для оптимального GPS позиционирования.

ФАКТОРЫ РАДИАЦИОННОГО ИСКАЖЕНИЯ

Реальные величины оптического сигнала, требующие нормировки, включают нелинейные составляющие спектрально-отражательных характеристик поверхности:

$$\frac{I(\lambda)}{S^0_{=\lambda}\zeta(\theta)\mu(\lambda)} = R\left(1 - A\cdot c(\tau)\right)^{-1} - R\left(1 + A\cdot c(\tau) + A\cdot c^2(\tau) + \cdots\right), \quad (1)$$

где $I(\lambda)$ – интенсивность регистрируемого сигнала, отраженного от поверхности; $\mu(\lambda, \tau)$ – функция пропускания атмосферы в зависимости от длины волны λ и оптической толщины атмосферы τ, от которой зависит также параметр $c(\tau)$ в правой части выражения; $S^0_{=\lambda}$ – солнечная постоянная с индексом λ; $\zeta(\theta_o)$ – косинус угла падения θ_o солнечной радиации;

A – усредненное по горизонтальной координате альбедо поверхности, $R = R(\lambda, x)$ – спектрально-отражательная характеристика оптически неоднородной поверхности.

Выражение для нормирующего потока падающей радиации в знаменателе левой части последнего выражения зависит от потока солнечного излучения на верхней границе атмосферы, косинуса угла падения радиации, функции пропускания атмосферы. В правой части рассматриваемое нормировочное соотношение представлено произведением искомой спектрально-яркостной (отражательной) характеристики и геометрической прогрессии, учитывающей многократное переотражение солнечной радиации от поверхности.

Отсюда видно, что линейные комбинации для спектральных коэффициентов более корректны или вообще допустимы при малых значениях R и $c(\tau)$. Другие ограничения применимости индексов вызваны их “узкой специализацией”по идентифицируемым параметрам природных образований и их состояний, соответственно каждому набору каналов. Между тем, это не избавляет их от перекрестной чувствительности к другим параметрам состояния, в виду нелинейной многофакторной зависимости спектрально яркостных характеристик (от проективного покрытия, влажности, состава, структуры поверхности, геометрии съемки, параметров атмосферы и освещения).

МЕТОДИКА ИМИТАЦИОННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

В качестве тестового материала исследования служили характерные участки деградации северной прибрежной зоны Азербайджана с типичными природными и антропогенными процессами (обезлесивания, деградации растительности, береговой эрозии). В наших исследованиях использовались результаты предварительного анализа и обработки экспериментального материала по корреляции RGB характеристик дистанционно зондируемых природных объектов с параметрами состояния и свойствами этих объектов (содержание хлорофилла в растительности, состояние водоемов, почв, моря, селеносные очаги) на основе известных методов расчета колориметрических характеристик (параметров цвета, цветности и т.д) известных классов объектов по многоспектральным данным.

Сюда включались этапы радиационной и атмосферной корреляции первичного сканерного сигнала в каждом из каналов по результатам модельных расчетов спектрального хода соотношения рассеянной и суммарной солнечной падающей радиации с имитацией реальных параметров съемки (широта местности, угол солнцестояния, высота съемки, состояние облачности). Такая имитационная структура позволяет интерактивно проводить экспресс-оценку и контроль режимных характеристик съемки, задавая оптимальные режимы (коэффициентов усиления, динамических диапазонов для каждого спектрального канала и т.д) в результате предварительного экспресс-анализа каждой распознаваемой сцены. Ниже демонстрируются снимки одного из каналов самолетно-сканерных изображений, содержащих информацию в 256-градационной шкале.

Снимки, полученные в 256 градациях, были затем преобразованы в цветовые снимки согласно таблицам преобразования к стандартам RGB [1]. Для приведения в соответствие полученных цветных изображений известных классов объектов к их естественным цветам мы проводили следующие процедуры:

а) нормировка сигнала сканера в каждом спектральном диапазоне на величину падающей солнечной радиации, учитывая известное время съемки и широту, а также спектральный ход солнечной постоянной и состояние облачности, в результате чего имеем относительную величину коэффициента отражения;

б) приведение нормированных данных радиационной коррекции к данным на нулевом уровне съемки (условно называемом лабораторным, из которых исключено влияние атмосферы, т.е. спектральный и угловой ход характеристик падающей солнечной радиации);

в) а также использование априорной

информации о спектрах характерных классов объектов для визуализации интерактивного анализа путем перехода от спектральных к цветовым характеристикам для получения цветных изображений в системах RGB и XYZ, между которыми существует матрица перехода;

г) оптимизация коэффициентов усиления каналов согласно таблице 1.

Для реализации метода потребовалось разработать комплекс программных модулей, позволяющих обрабатывать изображения в каналах спектра от 400 до 800 нм, корректируя их по контрастности и яркости и меняя режимы усиления для каждого набора каналов в зависимости от сцены согласно решаемой задаче.

Таблица 1

Значения коэффициентов условия для одного и 3 спектральных каналов *N* в различных изменениях сигнала (согласно значению отношения *T*)

T – отношение сигналов канала	K – коэффициент усиления				Характерный спектральный класс
800 нм к каналу N:	N=2	3	6	7	
T>2	1	0,8	1,5	1	Почва – растительность
T<1	3	2	4	3,5	море
2>T<1	0,5	0,8	1	1	эрозия

Из таблицы видны характерные режимы усиления спектральных каналов, позволяющие провести корректировку динамических диапазонов сканерной системы и проводить в последующем уверенную обработку на уровне распознавания основных классов объектов. В частности, при решении морских задач планируется перенормировка коэффициентов усиления в сторону увеличения в коротковолновой области с соответствующим ослаблением в красной и ближней ИК. Обработка проводится для разных уровней регистрируемой солнечной радиации (в зависимости от условий съемки) при использовании алгоритмов перехода между натурными и лабораторными данными. Модули работы программы выполняют вышеперечисленные процедуры и могут быть отображены с целью наглядной демонстрации в цветовых изображениях RGB и XYZ систем, между которыми существует матрица перехода[1]. В работах [1, 2] используется трехканальная цветовая обработка изображений, включающих основные классы объектов, с целью их выделения и кластеризации на изображениях на основе априорной информации о характерных спектральных закономерностях этих классов, а также на основе использования цветовых индексов (комбинации каналов), позволяющих оценивать состояние объектов и определять их принадлежность к тому или иному классу.

Таблица 2

Данные спектральных каналов самолетного оптико-механического многоспектрального сканера “Абшерон”

Номер канала	Длина волны (нм)	Эффективная ширина полосы пропускания (нм)	Цветные параметры
1	650	10	Красный
2	525	10	Зеленый
3	547	10	Желтый
4	850	80	Ближний ИК
5	1000	100	Ближний ИК
6	474	10	Синий
7	452	10	Синий
8	400-850	450	Интегральный

В [2] используется комбинация известных цветовых коэффициентов NDVI и TCR с целью исключения влияния атмосферного искажения, однако вряд ли простым вычетом (сложением) значений этих коэффициентов можно скомпенсировать вклад влияния рассеянной радиации, входящей в регистрируемый сигнал нелинейно и отличающейся по значению в разных спектральных областях [4, 5, 6]. Такой подход применим при высоких углах солнцестояния и в длинноволновой области спектра, где ее вклад невелик, и погрешность такого линейного преобразования может быть приемлемой. В остальных случаях, учитывая нелинейный характер спектрального углового хода соотношения

рассеянной и суммарной падающей солнечной радиации, более точные результаты дадут, очевидно, используемый нами метод коррекции.

Таким образом, разработанное программное обеспечение включает помимо модулей коррекции, предварительную нормировку сигнала и переход к цветовому представлению (с вычислением цветовых коэффициентов), а также модули выбора оптимальных режимов коэффициентов усиления каждого спектрального канала сканера. Программа как бы адаптирует чувствительности каналов для каждой сцены по соответствию естественных цветов изображения объектов задаваемых спектральных классов. Разработанные программы интерактивной имитации позволяют помимо тематической интерпретации строить оптимальные стратегии сканирования и координатного позиционирования информативных участков [7].

В таблице 3 показаны результаты вычисления и поиска информативных участков для последующих сканерных съемок. Информативность является основным критерием для планирования оптимальной стратегии координатного (трассового) позиционирования сканируемых участков в деградирующей прибрежной зоне. Вычисляя режимы взаимодействия каждой пары сегментов для всех этапов процесса деградации, мы определяем максимально информативные переходы по приростам информации между парами сегментов на каждом этапе и соответствующие им (сегментам) координаты и направления распространения процесса деградации горных земель и экосистемы в целом, где необходимо проводить сканирование на каждом последующем шаге развития процесса [7]

Таблица 3

Оптимально-информационные JK – пары комбинаций из всех 12 сегментов на спутниковом изображении Ландшафт – TM, планируемые для 5-ти шаговой процедуры самолетного сканирования

Шаг	Сегмент J	Сегмент K	Прирост информации
1	2	4	18,41
2	4	7	17,41
3	4	12	17,35
4	4	6	17,15
5	4	11	17,12

ВЫВОДЫ

1. Приведение сканерных изображений к форматам в системах RGB и XYZ позволяет не только проводить в интерактивном режиме экспресс-анализ сцен, но также и выбирать оптимальные режимы (коэффициенты усиления спектральных каналов чувствиительности) съемки, используя качественные оценки соответствия получаемых снимков естественным колориметрическим характеристикам типичных спектральных классов деградации и критических состояний.
2. Имитационное моделирование на базе использования критерия информативности и априорных данных о характерных распределениях спектрально-оптических контрастов деградирующих участков прибрежной зоны позволяет рассчитывать стратегию оптимального координатного (трассового) позиционирования самолетной сканерной съемки для каждого последующего этапа процесса деградации экосистемы в зонах экологической напряженности.

Литература

1. **Максимов В.В.** Трансформация цвета при изменении освещения. М., Наука, 1984.
2. **Еременко В.В., Мошков А.В., Семенов А.А., Чимитдоржиев Т.Н.** Метод выявления угнетенной растительности по данным спектрозонального сканера. Исследование Земли из космоса. 1997.N6/C/3-9
3. **Nguyen Dinh Duong** Semi-automated classification of land covers using satellite data. //Proceedings of the Eighth Regional Seminar on Earth Observation for Tropical Ecosystem Management. Yangon, Myanmar, 25-29 October 1999.

p.101-109.

4. **Кондратьев К.Я, Козодеров В.В., Федченко П.П.** Аэрокосмические исследования почв и растительности. Л.: Гидрометеоиздат, 1986.
5. Многозональные аэрокосмические съемки Земли. //Сб. статей под редакцией академика ***Р.З.Сагдеева***. М. Наука. 1981.
6. **Савиных В.П., Смоктий О.И., Гусейнов Г.А.** Информативность и оптимальное планирование оптического аэрокосмического мониторинга Земли. //МИИГАиК., М. 1990.19с. ДЕП. ОНИПР ЦНИИГАиК. 22.О290.N418-гд 90
7. **Смоктий О.И., Гусейнов Г.А. Рустамбеков Б.М.** Информационные инварианты и калибровка спектрального зондирования природной среды из космоса //Труды VIII СПб Международной Конференции “РИ-2002”)

Автор выражает глубокую благодарность учителю и другу Гусейнову Г.А. за огромную помощь в данной работе.

უაკ 631.3:631.626.86

საგორავი არხსაჭრელის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა

ვახტანგ სამხარაძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

ზედაპირული წყლების შემგროვებელი სარწყავი კვლების გასაყვანად შემუშავდა ახალი ტექნოლოგია, რომელიც გულისხმობს გრუნტზე კონუსურ ფერსოიანი რგოლის გადაგორებით და სათანადო დაწოლით სამკუთხედის ფორმის კვალის წარმოქმნას. რგოლი, რომლის მოქმედებით ნიადაგის ნაწილაკები იტკეპნება არხის კედლებზე, თანდათან ღრმავდება ნიადაგში და ახდენს არხის ფორმირებას, რაც, ისევე როგორც გრუნტის ტკეპნის პროცესი, მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული, როგორიცაა: ნიადაგის სინესტე, გრუნტის დეფორმაციის მოდული, მანქანის კუთრი დაწოლა, გადაადგილების სიჩქარე, გრუნტის დეფორმაციის სიჩქარე, ნიადაგის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები და ა.შ.

ძირითადი ნაწილი

სინესტის გავლენის საკითხი გრუნტის მოტკეპნაზე მრავალი მეცნიერისა და მკვლევარის მიერ იყო დასმული და შესწავლილი [1÷7].

ხარკოვის საავტომობილო-საგზაო ინსტიტუტში ჩატარებული კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ სხვადასხვა ნიადაგისათვის არსებობს სინესტის ისეთი მნიშვნელობა, როდესაც შეკუმშვისას ერთსა და იმავე მუშაობის დახარჯვით მიიღება ნიადაგის შესაბამისი მაქსიმალური სიმკვრივე. ნიადაგის სინესტის ასეთ მნიშვნელობად მიღებულია ოპტიმალური სინესტე, რომელიც გავლენას ახდენს შემამჭიდროებელი ძალის სიდიდეზე.

ვ. ოხოტინის მიერ ჩატარებული კვლევის საფუძველზე [8], გრუნტის ოპტიმალური სინესტე შეესაბამება არსებული წყლის რაოდენობას გრუნტში დატკეპნის შემდეგ ისეთი დატვირთვისას, რომელიც შემამჭიდროებელი მანქანის კუთრი დაწოლის ტოლია. აღსანიშნავია, რომ არსებული საგორავებით ნიადაგის დატკეპნის ზღვრებში ოპტიმალური სინესტის ცვალებადობა უმნიშვნელოა. მაგალითად, ა. ბირულიას მონაცემებით, საგორავის კუთრი ხაზობრივი დაწოლის 5-6-ჯერ გადიდებისას, ნიადაგის ოპტიმალური სინესტე 1.2-ჯერ მცირდება.

საწრეტი არხის ფორმირების პროცესში წარმოებს არა მარტო ნიადაგის ნაწილაკების ერთიმეორესთან შემჭიდროება-მიახლოება, არამედ ამავდროულად მიიღება მისი ახალი სტრუქტურა, რომელიც დამოკიდებულია მოქმედი ძალის სიდიდესა და სხვა მრავალ ფაქტორზე. ნიადაგის სიმკვრივე ერთ-ერთი ფაქტორია, რომელსაც შეუძლია გამოავლინოს მისი სიმტკიცე და დეფორმაციის თვისებები ნიადაგის შემდგომი დამუშავებისას, მაგრამ კვლევის პროცესში ნიადაგის დატკეპნის შედეგად ამა თუ იმ სიმკვრივის მნიშვნელობის მიღებით არ შეიძლება სრული წარმოდგენა ვიქონიოთ არხის კედლების დატკეპნის ეფექტურობაზე. როგორც თეორიული, ისე ექსპერიმენტული კვლევები გვიჩვენებს, რომ დაახლოებით ერთი და იმავე თვისებების და შედგენილობის ნიადაგები თანაბარი სინესტის პირობებში დატკეპნის სხვადასხვა მეთოდით დაიყვანება ერთსა და იმავე სიმკვრივის მნიშვნელობამდე და სხვადასხვა წინააღმდეგობას გამოავლენს ჭრისადმი შემდგომი დეფორმაციის დროს. ამიტომ არხის პროფილის დატკეპნის შეფასებისას არ უნდა შევიზღუდოთ მარტო ნიადაგის სიმკვრივის განსაზღვრით,

არამედ საჭიროა შევაფასოთ ნიადაგის მიღებული სტრუქტურა, ე.ი. ნიადაგის სიმკვრივე და დეფორმაციის დროს მოქმედი ძალის მიმართ წინააღმდეგობის გაწევის უნარი.

ნიადაგის დეფორმაციისადმი წინააღმდეგობის გაწევის უნარი გარკვეული დაშვებებით შეიძლება დახასიათდეს ნიადაგის დეფორმაციის მოდულით.

ფუკის კანონის ანალოგიურად, ლითონის მრგვალი შტამპით ნიადაგის დეფორმაციისას მისი მოდული გამოიხატება შემდეგი ტოლობით:

$$E_0 = \frac{\sigma}{S} d_შ, \qquad (1)$$

სადაც σ მოქმედი დაძაბულობაა შტამპზე, კგ/სმ^2; $d_შ$ – შტამპის დიამეტრი, სმ; S – შტამპის სრული ჩაღრმავება ნიადაგში, სმ.

მიღებული ტოლობიდან გვექნება:

$$\sigma = \frac{S}{d_შ} E_0 = \varepsilon E_0, \qquad (2)$$

სადაც $\varepsilon = \frac{S}{d_შ}$ ფარდობითი დეფორმაციაა შტამპის გრუნტში სრული ჩაღრმავების დროს.

(2) ტოლობიდან ჩანს, თითქოს შტამპის ჩაღრმავებისას ნიადაგში მთელ სიღრმეზე ხდება ნიადაგის დეფორმაცია შტამპის დიამეტრის ზომის მიხედვით. მაგრამ სინამდვილეში, როგორც ნ. ივანოვის [3] თეორიული და მ. პიგულევსკის [9] ექსპერიმენტების ანალიზიდან ჩანს, დეფორმაცია ვრცელდება შედარებით დიდ სიღრმეზე და თანდათან მილევადია; ამიტომ, წარმოდგენილი ტოლობებიც პირობითად უნდა ჩაითვალოს.

მრავალი ცდით მიღებული შედეგები ცხადყოფს, რომ არსებული დამტკეპნი მანქანებისათვის ნიადაგის ხარისხიანი დატკეპნისას ნიადაგის ზედაპირზე დაძაბულობა არ უნდა აღემატებოდეს სიმტკიცის ზღვარს. თუ ეს პირობა დაცული არ არის, მაშინ წარმოებს ცვალებადი მნიშვნელობით დატკეპნა ან დაუტკეპნაობა გრუნტის ზედაპირისა და ხშირ შემთხვევაში, სიმკვრივე არ მატულობს. რაც მეტია დაძაბულობა ნიადაგის ზედაპირზე მის ზღვრულ სიმტკიცესთან შედარებით, მით მეტ სიღრმეზე წარმოებს გრუნტის დაშლა.

ხშირად მიღებულია, რომ გრუნტის სიმკვრივის ზღვარი σ_p პირდაპირპროპორციულ დამოკიდებულებაშია შტამპის დიამეტრთან $d_შ$ და გამოისახება შემდეგი ტოლობით:

$$\sigma_p = A \cdot d_შ, \qquad (3)$$

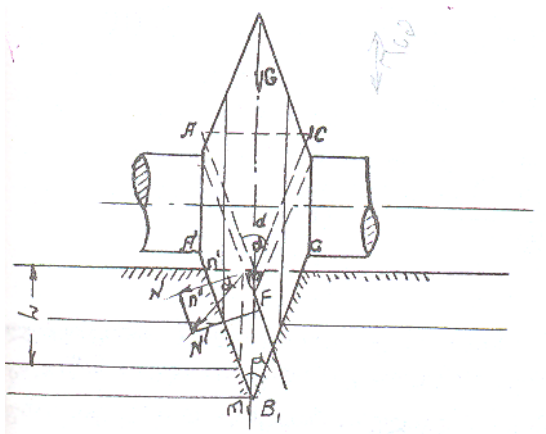
სადაც A პროპორციულობის კოეფიციენტია, რომლის დადგენას აწარმოებდა მრავალი მკვლევარი. ნ. ხარხუტას მონაცემები ოპტიმალური სინესტის სილაზე ადასტურებს, რომ, რაც მეტია შტამპის დიამეტრი, მით მცირე ხარისხისაა გავლენა ნიადაგის სიმტკიცის ზღვარზე. მისივე ცდებით დამტკიცებულია, რომ დატკეპნის დიდი ეფექტი მიიღება მაშინ, როდესაც დაძაბულობა მუშა ორგანოს ზედაპირზე შეადგენს სიმტკიცის ზღვრის 80-90%-ს. სწორედ ამ მოსაზრების საფუძველზე უნდა მოხდეს მუშა-მანქანის კუთრი დაწოლის შერჩევა.

არხების გაყვანის ახალი ტექნოლოგიით ნიადაგის ჩაჭრის შემთხვევაში, მუშა ორგანოს ჩაღრმავება წარმოებს პასიური წონით, რომლის დროსაც ნიადაგის ზედაპირზე დაძაბულობა გაცილებით მეტი უნდა იყოს სიმტკიცის ზღვარზე, წინააღმდეგ შემთხვევაში ჩაჭრას ადგილი არ ექნება. აღნიშნული მუშა ორგანო ხასიათდება წაწვეტების α კუთხით. განხილულია კონკრეტული პირობისათვის მუშა ორგანოს ნიადაგში ჩაღრმავების პროცესი, როდესაც მასზე მოქმედებს G სიდიდის ძალა (ნახ. 1), რომელშიც გაერთიანებულია თვით მუშა ორგანოს წონა (G_1), დამატებითი ტვირთის დაწოლა (G_2) და ჰიდროსისტემით გამოწვეული (G_3) დაწოლა, ე.ი.

$$G = G_1 + G_2 + G_3. \qquad (4)$$

მუშა ორგანოზე მოქმედი აღნიშნული ძალის გავლენით, მისი სამუშაო ზედაპირი ABC გადაინაცვლებს $A_1B_1C_1$ მდგომარეობაში, ჩაღრმავდება ნიადაგში L სიღრმეზე და ჩაჭრის სამკუთხედის ფორმის კვალს, მისი ფერდების დახრილობა დამოკიდებულია მუშა ორგანოს წაწვეტების α კუთხეზე (ნახ. 1). ამ შემთხვევაში, სამუშაო ზედაპირის როგორც AB, ისე BC გვერდზე შეხებაში მყოფი ნიადაგის ნაწილაკები გადაადგილდება გარკვეული მიმართულებით მარჯვნივ და მარცხნივ. განხილულია ერთ რომელიმე

სიბრტყეზე მდებარე ნაწილაკის და თვით სიბრტყის ერთდროულად გადაადგილების ხასიათი, რომელიც ანალოგიურია მეორე სიბრტყისათვისაც, აღნიშნული შემთხვევისათვის *AB* სიბრტყეზე მდებარე *m* წერტილის ნიადაგის *n* ნაწილაკის მოძრაობის ხასიათი.



ნახ. 1. არხსაჭრელი ძალების მოქმედებით ნიადაგის ნაწილაკების გადაადგილება

მოცემულ პირობებში მუშა ორგანოს ნიადაგზე მოქმედების პროცესი ანალოგიურია ნიადაგში სოლის მოქმედების პრინციპის და ამიტომ, შესაძლებელია განზოგადდეს მისი ძირითადი კანონები.

როდესაც *AB* სიბრტყე მიიღებს A_1B_1 მდებარეობას, მაშინ მასზე მდებარე *m* წერტილი ვერტიკალურად გადაადგილდება *G* ძალის მოქმედების მიმართულებით m_1 მდებარეობაში, ხოლო *m* წერტილში მდებარე ნიადაგის *n* ნაწილაკი, თუ ხახუნს არ მივიღებთ მხედველობაში, იმოძრავებდა *AB* სამუშაო ზედაპირის *N* ნორმალის მიმართულებით და აღმოჩნდებოდა *n′* მდებარეობაში; მაგრამ მისი გათვალისწინებით, *N* -დან გადაინაცვლებს ხახუნის φ კუთხით, N' მიმართულებით და აღმოჩნდება *n″* მდებარეობაში.

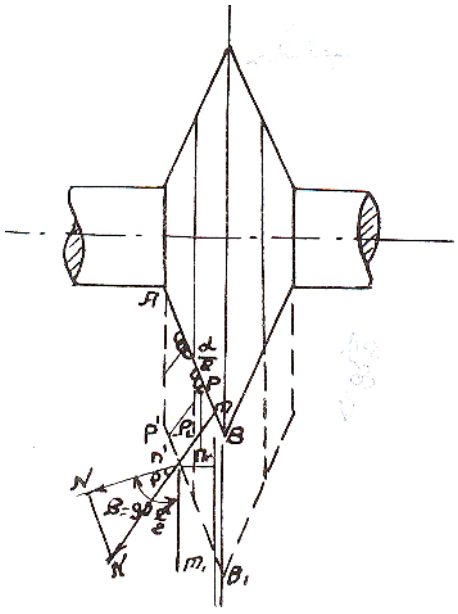
AB სამუშაო ზედაპირის გადაადგილების მომენტში ვითარდება ორი შემდგენი ძალა: სამუშაო ზედაპირის მართობი *N* და ხახუნის *F*

$$F = N\mathrm{tg}\varphi\,. \qquad (5)$$

როგორც მექანიკიდან ცნობილია, *AB* სამუშაო ზედაპირზე ნიადაგის ნაწილაკები რომ სრიალებდეს, საჭიროა ნიადაგის თელვის ძალა გადიოდეს ხახუნის კონუსის გარეთ, ან, რაც იგივეა,

$$90^\circ - \frac{\alpha}{2} > \varphi\ . \qquad (6)$$

გამოდის, რომ, თუ დაცულია (6) პირობა, უზრუნველყოფილია ნიადაგის ნაწილაკების გვერდითი გადაადგილება.



ნახ. 2. მუშა ორგანოზე სრიალით გადაადგილებული ნიადაგის ნაწილაკები და მათი მიმართულება

არხსაჭრელის მუშაობის პროცესში (ნახ. 1) *G* ძალის მოქმედებით *AB* სამუშაო ზედაპირის *m* წერტილი გადადის m_1 წერტილში, ხოლო *m* წერტილთან შეხებაში მყოფი ნიადაგის *n* ნაწილაკი, სრიალებს რა სამუშაო ზედაპირზე, აღმოჩნდება *n″* მდებარეობაში და გაივლის *nn″* მანძილს; რადგან სრიალს აქვს ადგილი, ამიტომ გაანგარიშების გამარტივების მიზნით, გადაადგილების მიმართულებანი და მანძილები გამოხატულია ნახ. 2-ზე, საიდანაც ნათლად ჩანს, რომ:

$$m_1 n'' = 1 = m_1 n' - n' n''\,; \qquad (7)$$

$\Delta n' n m_1$-დან $\qquad n' m_1 = L\cos\dfrac{\alpha}{2}\,, \qquad (8)$

$\Delta n' n n''$-დან $\qquad n' n'' = n' n \cdot \mathrm{tg}\,\varphi\,. \qquad (9)$

მაგრამ

$\Delta n'nm_1$-დან $\quad n'n = L\sin\frac{\alpha}{2}$. (10)

(9) ტოლობაში (10) ტოლობის შეტანით, მივიღებთ:

$$n'n'' = L\sin\frac{\alpha}{2}\operatorname{tg}\varphi. \qquad (11)$$

ხოლო (8) და (11) ტოლობების (7) ტოლობაში ჩასმით, მიიღება

$$l = L\cos\frac{\alpha}{2} - L\sin\frac{\alpha}{2}\operatorname{tg}\varphi = \frac{L\cos\left(\frac{\alpha}{2}+\varphi\right)}{\cos\varphi}. \qquad (12)$$

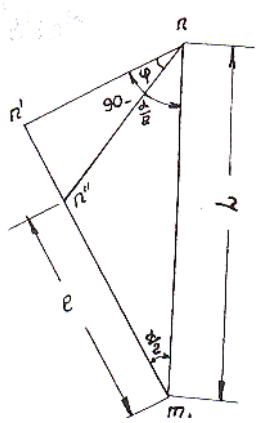
(12) ტოლობიდან ჩანს, რომ ნიადაგის მიერ სრიალით გავლილი l მანძილი დამოკიდებულია მუშა ორგანოს წაწვეტების α და ხახუნის φ კუთხეებზე, რომელთა გაზრდით მცირდება ნაწილაკის მიერ სრიალით გავლილი მანძილი. ნიადაგის ნაწილაკის გადაადგილება, როდესაც $\varphi = 0$, ე.ი. ხახუნს არა აქვს ადგილი, მაქსიმალური იქნებოდა, მაგრამ რეალურად მაქსიმალურ გადაადგილებად მიჩნეულია შემთხვევა, როდესაც $\varphi = \alpha$ მდგომარეობიდან ხახუნის კუთხის φ ან წაწვეტების კუთხის $\frac{\alpha}{2}$ შემდგომი გადიდებით იზრდება ნაწილაკის სრიალით გადაადგილება; როდესაც $\frac{\alpha}{2}$ მიაღწევს 90°-ს, მაშინ ნაწილაკი არ გასრიალდება და ხახუნის ძალით სამუშაო ზედაპირზე მიწებებული ჩაღრმავდება ნიადაგში მასთან ერთად.

როდესაც $\frac{\alpha}{2} = 90°$, მაშინ (12) ტოლობა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$l = \frac{L\cos\left(90^\circ+\varphi\right)}{\cos\varphi} = \frac{L\left(-\sin\varphi\right)}{\cos\varphi} = -L\operatorname{tg}\varphi, \qquad (13)$$

საიდანაც ჩანს, რომ მიღებული სიდიდე უარყოფითია, ე.ი. ნაწილაკის სრიალით გადაადგილებას არა აქვს ადგილი. ამასვე ადასტურებს (12) ტოლობა, როდესაც $\left(\frac{\alpha}{2}+\varphi\right) = 0$.

მუშა ორგანოს მიერ ნიადაგის ნაწილაკებზე მოქმედების დასრულებისას, ე.ი. ნიადაგში ჩაღრმავებისას, შესაძლებელია ნიადაგის ნებისმიერი n ნაწილაკის საწყისი მდებარეობის პოვნა მუშა ორგანოს AB სამუშაო ზედაპირის შეხების მომენტში; ამისათვის, ცნობილია რა N ძალის მიერ შექმნილი კუთხე $(\beta-\varphi)$ ვერტიკალთან, ე.ი. n ნაწილაკის გადაადგილების მიმართულება, მისი პირვანდელი მდგომარეობის გასაგებად საჭიროა გაგრძელდეს N' ძალის მიმართულება უკან AB სამუშაო ზედაპირის შეხვედრამდე და გადაკვეთის n წერტილი იქნება საწყისი მდებარეობა (ნახ. 3).



ნახ. 3. სოლის ჩაღრმავებისას ნიადაგის ნაწილაკების გადაადგილების მანძილი

ახდენს რა AB სამუშაო ზედაპირი ნიადაგზე მოქმედებისას n ნაწილაკის გადაადგილებას n' მდებარეობაში, იწვევს ნიადაგის წრფივ დეფორმაციას, რომელიც გრაფიკულად ტოლია nn' მონაკვეთის, ე.ი. გამოდის, რომ ნიადაგის n წერტილში და სამუშაო ზედაპირის m წერტილზე დაწოლა პროპორციულია nn' მონაკვეთის სიგრძისა იმ პირობით, თუ დეფორმაცია არ გამოდის პროპორციულობის ზღვრიდან.

ნიადაგის რომელიმე P და Φ ნაწილაკიბიც გადაადგილდება რა აღნიშნული მიმართულებით, აღმოჩნდება P′ მდებარეობაში (Φ ნაწილაკი კი მალე გამოდის სამუშაო ზედაპირის მოქმედების სიბრტყიდან), აგრეთვე იწვევს ნიადაგის წრფივ დეფორმაციას, რომელიც წინა შემთხვევის ანალოგიურად, PP′ მონაკვეთის ტოლია. აქაც ნიადაგის ძაბვები P წერტილში და სამუშაო ზედაპირზე მოქმედი დაწოლა პროპორციულია PP′ მონაკვეთის სიგრძისა (ნახ. 2).

n და P წერტილებიდან მართობების დაშვებით და $n'n$ და $P'P_1$ მონაკვეთები,

რომლებიც nn' და PP' მონაკვეთების პროპორციულია, ე.ი. ნიადაგის ნაწილაკის დაწოლა AB სამუშაო ზედაპირზე და სამუშაო ზედაპირის დაწოლა ნიადაგის ნაწილაკებზე n და PP' წერტილებში n_1n' და P_1P' მონაკვეთების პროპორციული იქნება იმ პირობით, თუ nn' და PP' დეფორმაციები არ აჭარბებს თელვის პროპორციულობის ზღვარს.

აღნიშნული დეფორმაციის სიდიდეები მუშა-ორგანოს ჩაღრმავების L სიდიდისას ტოლია, რაც, რა თქმა უნდა, განისაზღვრება ნიადაგის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით; რადგან ამ თვისებებზეა დამოკიდებული თვით ჩაღრმავების L სიდიდის მნიშვნელობა მიუხედავად იმისა, რომ მუშა ორგანოზე მოქმედებს საკმაო სიდიდის ვერტიკალურად ქვემოთ მიმართული ძალა.

ამრიგად, განხილული მუშა-ორგანოს მოქმედებისას ნიადაგზე ადგილი აქვს მისი ნაწილაკების შემჭიდროებას, რადგან მასში წარმოიქმნება ძვრები; როდესაც ეს ძვრები მიაღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას, ნაწილაკებში წარმოიქმნება ბზარები, იწყება ურთიერთშორის ძვრა, საბოლოოდ, ადგილი აქვს გადანაცვლებას ზემოთ განხილული წესის მიხედვით და სათანადო პროფილის არხის წარმოქმნას. რა თქმა უნდა, არხის პროფილის სიდიდე დამოკიდებულია თვით მუშა ორგანოს ტექნიკურ პარამეტრებზე.

(12) ტოლობის შესამოწმებლად ჩატარდა ლაბორატორიული ცდები, რისთვისაც დამზადდა სხვადასხვა წაწვეტების სოლები კუთხეებით $\alpha = 40,60,80,100,120^\circ$. საცდელი ნიადაგი წარმოადგენდა წვრილ კოშტოვან თიხნარს, რომლის ტენიანობა შეადგენდა 38%-ს. ნიადაგი მოთავსებული იყო ყუთში და მისი სიმკვრივე დაყვანილ იქნა იმ სიდიდემდე, რომელიც მას ჰქონდა აღების წინ. ცდები ჩატარდა აღნიშნული კუთხის მქონე სოლების ნიადაგში ვერტიკალურად ჩაშვებით სამ სხვადასხვა სიღრმეზე: 7, 8 და 9 სანტიმეტრზე, ოთხჯერადი განმეორებით, α კუთხის თითოეული მნიშვნელობის სოლისათვის. ცდის პერიოდში სოლზე დაწოლის ძალის სიდიდე არ ისაზღვრებოდა.

სოლის სამუშაო ზედაპირზე ნიადაგის ნაწილაკების სრიალით გადაადგილების მანძილების (12) ტოლობით გაანგარიშების შედეგები და ცდით მიღებული საშუალო მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილში, საიდანაც ჩანს, რომ ნიადაგის ნაწილაკების სამუშაო ზედაპირზე სრიალით გადაადგილების მანძილი, ექსპერიმენტით მიღებული და ტოლობით გაანგარიშებული, ერთიმეორესთან ახლოსაა და ცდომილების საშუალო მნიშვნელობა შეადგენს 5,6%-ს; რაც იმაზე მეტყველებს, რომ მიღებული (12) ტოლობა მართებულია აღნიშნული პირობებისათვის.

ცხრილი 1

სოლის სამუშაო ზედაპირზე ნიადაგის ნაწილაკების სრიალით გადაადგილების l მანძილები (სმ)

№	I, სმ	სოლის წაწვეტების α კუთხეები														
		40°			60°			80°			100°			120°		
		ანგარიში	ექსპერიმენტით	ცდომილება,%	ანგარიში	ექსპერიმენტით	ცდომილება,%	ანგარიში	ექსპერიმენტით	ცდომილება,%	ანგარიში	ექსპერიმენტით	ცდომილება,%	ანგარიში	ექსპერიმენტით	ცდომილება,%
1	7	5.16	4.8	5.15	4.05	3.60	6.45	2.73	2.13	8.60	1.4	1.1	4.30	0.80	0.6	2.86
2	8	8.90	5.4	6.25	4.64	4.04	7.50	3.12	2.50	7.70	1.6	1.3	3.75	0.92	0.72	2.50
3	9	6.45	5.9	8.20	5.20	4.32	8.90	3.50	2.90	6.70	1.8	1.5	3.30	1.04	0.9	1.56

დასკვნა

საბოლოოდ, შეიძლება აღინიშნოს შემდეგი:

განხილული მუშა ორგანოს მოქმედებისას ნიადაგზე, სამუშაო ზედაპირის ნებისმიერი წერტილის მიერ გავლილი L მანძილი მეტია ამავე წერტილზე მოქმედი ნიადაგის ნაწილაკის მიერ სრიალით გავლილ l მანძილზე, ე.ი. $L > l$;

ნიადაგის ნაწილაკის მიერ სრიალით გავლილი მანძილი დამოკიდებულია სამუშაო ზედაპირის წაწვეტების α და ხახუნის φ კუთხეებზე და მათი გაზრდით ნიადაგის ნაწილაკის მიერ გავლილი მანძილი მცირდება; როდესაც $\frac{\alpha}{2} \geq 90^{\circ}$, მაშინ ნიადაგის ნაწილაკის სრიალით გადაადგილებას ადგილი არა აქვს.

ზემოთ განხილული მანქანების კონსტრუქციებიდან და მათი მუშაობის თეორიიდან ჩანს, რომ დაშრობილ მიწებზე ზედაპირული წყლის გამყვანი და სარწყავი კვალის გაჭრისათვის ყველაზე უფრო მიზანშეწონილია კონუსური საგორავი მუშა-ორგანოს გამოყენება.

ლიტერატურა

1. **Бирюля А.К., Бирюля В.И., Иосич Н.А.** Устойчивость грунтов дорожного полотна. //Ж. МКН № 2, Дориздат, 1978, с. 49-61.
2. **Бирюля А.К., Бирюля В.И., Иосич Н.А.** Устойчивость грунтов дорожного полотна. //Ж. МКН № 1, Дориздат, 1978, с. 71-91.
3. **Иванов Н.Н.** К вопросу о постановке технических испытаний грунтов. Сб. УУМТ, вып. 13, 1978, 270 с.
4. **Иванов Н.Н., Телегин М.Я.** Уплотнение дорожных насыпей. //Ж. Новости дорожной техники, № 8, 1983, ДФНИИ, М., с. 19-29.
5. **Коломинский И.В.** Исследования сцепления и трения связных горных пород и исследования рыхлых горных пород, как материала для насыпей. //Труды института геологических наук АН, вып. 24, 1984, 194 с.
6. **Лебедев А.Ф.** Предел укатки связных грунтов в зависимости от их сложности. Л., Труды ВНИЗЕМАШ, 1979, 274 с.
7. **Лебедев А.Ф.** Уплотнение грунтов при различной их влажности. Л., Труды ВНИЗЕМАШ, 1983, 232с.
8. **Охотин В.В. и др.** Физико-механические свойства грунтов. М., Сб. УУМТ, вып. 13, 1981, 210 с.
9. **Пигулевски М.Х.** Физико-математические свойства рыхлых дорожных материалов. Транспечать, 1929.

УДК 35.776;73

К РАСЧЕТУ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ ПРИ НЕУСТАНОВИВШЕМСЯ ЛАМИНАРНОМ ДВИЖЕНИИ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В КОЛЬЦЕВОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ТРУБЕ

Саруханян А.А.

Ереванский государственный университет архитектуры и строительства,
г. Ереван, Армения

ВВЕДЕНИЕ

В системах водоснабжения, водоотделения и очистных сооружений, различного назначения, часто используют кольцевые цилиндрические трубы. При проектировании подобных сооружений с использованием кольцевых цилиндрических труб возникает необходимость определить потери энергии в этих трубах с целью уточнения их гидравлических и геометрических параметров. Для учета потерь энергии необходимо изучить структуру потока в области движения.

В работе [1] дается анализ структуры образования потери энергии при неустановившемся ламинарном движении. В результате анализа получена обобщенная формула для расчета потерь энергии по длине. Доказывается, что для расчета потерь энергии при установившемся движении необходимо изучить закономерность изменения средней скорости потока и коэффициента количества движения.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим неустановившееся ламинарное движение вязкой жидкости в кольцевой цилиндрической трубе (рис. 1).

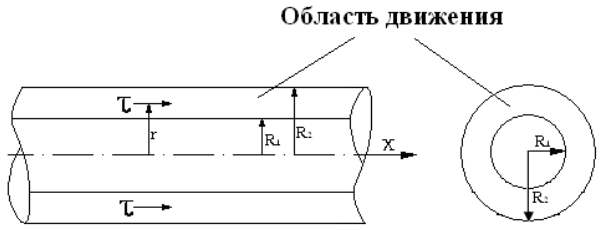


Рис. 1. К изучению структуры потока.

Изучение неустановившегося ламинарного движения в кольцевой цилиндрической трубе приводится к решению системы дифференциальных уравнений [2,3]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \nu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r}\right)$$
$$\frac{\partial p}{\partial r} = 0 \qquad . \qquad (1)$$
$$\frac{\partial p}{\partial \theta} = 0$$

Из последних двух уравнений следует, что давление в любом фиксированном сечении не зависит от координат r и θ. Это возможно в том случае, когда давление будет изменяться только по времени, т.е.:

$$-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} = f(t). \qquad (2)$$

Следовательно, изучение закономерности изменения ламинарного неустановившегося движения приводится к интегрированию дифференциального уравнения:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \nu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r}\right) + f(t) \qquad (3)$$

при следующих начальных и граничных условиях:

$$u(r,t) = \Phi(r), \text{ при } t = 0,$$
$$u(R_1,t) = 0,\ u(R_2,t) = 0, \text{ при } t > 0. \qquad (4)$$

Решение уравнения (3) при граничных условиях (4) ищем в виде

$$U(r,t) = \sum_{k=1}^{\infty} \psi_k(t) W_0(\lambda_k r), \qquad (5)$$

где $\psi_k(t)$ произвольная функция, учитывающая отклонение нестационарных скоростей от стационарных,

$W_0(\lambda_k r)$ – функции Вебера первого рода нулевого порядка:

$$W_0(\lambda_k, r) = J_0(\lambda_k, r)Y_0(\lambda_k, R_1) - \\ - Y_0(\lambda_k, r)J_0(\lambda_k, R_1), \quad (6)$$

где $J_0(\lambda_k, r)$, $Y_0(\lambda_k, R_1)$ – соответственно Бесселевые функции первого и второго рода нулевого порядка.

Подставляя значение функции $U(r,t)$, в уравнении (3), получим:

$$\sum_{k=1}^{\infty}\psi_k'(t)W_0(\lambda_k, r) = \upsilon\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2}\sum_{k=1}^{\infty}\psi_k(t)W_0(\lambda_k, r) + \right. \\ \left. + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\sum_{k=1}^{\infty}\psi_k(t)W_0(\lambda_k, r)\right) + f(t) \quad (7)$$

Имея ввиду, что:

$$\frac{\partial}{\partial r}W_0(\lambda_k, r) = -\lambda_k W_1(\lambda_k, r) \text{ и}$$

$$\frac{\partial^2}{\partial r^2}W_0(\lambda_k, r) + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}W_0(\lambda_k, r) + {\lambda_k}^2 W_0(\lambda_k, r) = 0,$$

получим

$$\sum_{k=1}^{\infty}\left(\psi_k'(t) + \upsilon{\lambda_k}^2\psi_k(t)\right)W_0(\lambda_k, r) = f(t). \quad 8)$$

Умножая Обе части последнего уравнения на $r \cdot W_0(\lambda_p, r)$ и интегрируя в интервале R_1 и R_2, получим:

$$\sum_{k=1}^{\infty}\left(\psi_k'(t) + \upsilon{\lambda_k}^2\psi_k(t)\right)\int_{R_1}^{R_2} rW_0(\lambda_k, r)\cdot W_0(\lambda_p, r)dr = \\ = f(t)\int_{R_1}^{R_2} rW_0(\lambda_p, r)dr \quad (9)$$

Из свойства функции Вебера следует, что:

$$\int_{R_1}^{R_2} rW_0(\lambda_k, r)\cdot W_0(\lambda_p, r)dr = \delta_{k,p}\omega_k. \quad (10)$$

Здесь $\delta_{k,p}$ является определителем Кронекера, значения которого равны $\delta_{k,p} = 1$ при $\delta_{kp} = 0$, при $k \neq p$. Следовательно:

$$\omega_k = \int_{R_1}^{R_2} rW_0(\lambda_k, r)^2 dr. \quad (11)$$

Интегрируя последнее уравнение получим:

$$\omega_k = \frac{{R_2}^2}{2}\left((W_0(\lambda_k, R_2)^2 + W_1(\lambda_k, R_2)^2 - \frac{4}{\pi^2{\lambda_k}^2}\right) \quad (12)$$

Так как

$$\int_{R_1}^{R_2} rW_0(\lambda_k, r) = \frac{R_2W_1(\lambda_k, R_2) - R_1W_1(\lambda_k, R_1)}{\lambda_k} = \\ = \frac{R_2W_1(\lambda_k, R_2) - 2/\pi\lambda_k}{\lambda_k}, \quad (13)$$

то уравнение (8) преобразуется в форму:

$$\psi_k'(t) + \upsilon{\lambda_k}^2\psi_k(t) = D_k f(t), \quad (14)$$

где

$$D_k = (R_2W_1(\lambda_k, R_2) - \frac{2}{\pi\lambda_k}) \Big/ (\omega_k\lambda_k), \quad (15)$$

где $W_1(\lambda_k, r)$ – функция Вебера первого рода (первого порядка).

Общее решение уравнения (14) имеет вид:

$$\psi_k(t) = e^{-\upsilon{\lambda_k}^2 t}\left[C_k + D_k\int_0^t e^{\upsilon{\lambda_k}^2 t} f(t)dt\right]. \quad (16)$$

Подставляя значение функции $\psi_k(t)$ из уравнения (16) в уравнение (5) получим закономерность для распределения скоростей в кольцевой цилиндрической трубе при неустановившемся ламинарном движении:

$$U(r,t) = \sum_{k=1}^{\infty} e^{-\upsilon{\lambda_k}^2 t}\left[C_k + D_k\int_0^t e^{\upsilon{\lambda_k}^2 t} f(t)dt\right]W_0(\lambda_k, r) \quad (17)$$

Значение постоянной интегрирования C_k определяем из начального условия задачи, т.е. при $t = 0$, $U(r,0) = \Phi(r)$:

$$U(r,0) = \sum_{k=1}^{\infty} C_k W_0(\lambda_k, r) = \Phi(r), \quad (18)$$

откуда

$$C_k = \frac{1}{\omega_k}\int_{R_1}^{R_2} r\Phi(r)W_0(\lambda_k, r)dr. \quad (19)$$

Таким образом, полученные решания являются общими, когда начальные и граничные условия задачи заданы в виде произвольных функций.

ВЫВОДЫ

Полученные общие решения позволяют для конкретной задачи, при заданных начальных и граничных условиях определить:

- профиль скоростей в любой момент времени t;
- исследовать закономерность изменения профиля скорости;
- исследовать закономерность изменения коэффицента количества движения и при надобности получить апроксимирующую функцию в зависимости от характера неустановившегося параметра;
- исследовать закономерность изменения коэффицента кинетической энергии;
- определить потери энергии при данном неустановившемся движении;
- оценить величину потерь энергии при данном неустановившемся движении по сравнению с соответсвующей потерей установившегося движения;
- проводить анализ изменения коэффициента сопротивления трения неустановившегося движения с соответствующим коэффицентом при установившемся движении.

Литература

1. **Саруханян А.А.** О задаче потерь энергии несжимаемой жидкости в круглой цилиндрической трубе при нестационарном движении. //Известия Ереванского Университета архитектуры и строительства. 2008, №2, Ереван, с. 31-34.
2. **Попов Д.Н.** Нестационарные гидротехнические процессы. М. 1982, 240 с.
3. **Емцев Б.Т.** Техническая гидротехника. М.: Машиностроение, 1978, 436 с.

უაკ 148.93

ნიადაგის დაზიანებები წყალმოვარდნებით და მათი თავიდან აცილების გზები

ლიანა ფურცელაძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

მოცემულია მიწის რესურსების აღწერა, განხილულია ნიადაგის ეროზია, როგორც წყლისა და მდინარეების მიერ ნიადაგსაფარის რღვევისა და დაშლის მრავალფეროვანი პროცესი, რომლის დროსაც ირღვევა ნიადაგის ნაყოფიერი ზედა ფენა.

განხილულია ეროზიის რამდენიმე სახე: წყლისმიერი ირიგაციული და ტექნიკური, რომლებიც მრავალი ბუნებრივი და ხელოვნური ფაქტორითაა გამოწვეული. შემოთავაზებულია მათი აცილების გზები.

ძირითადი ნაწილი

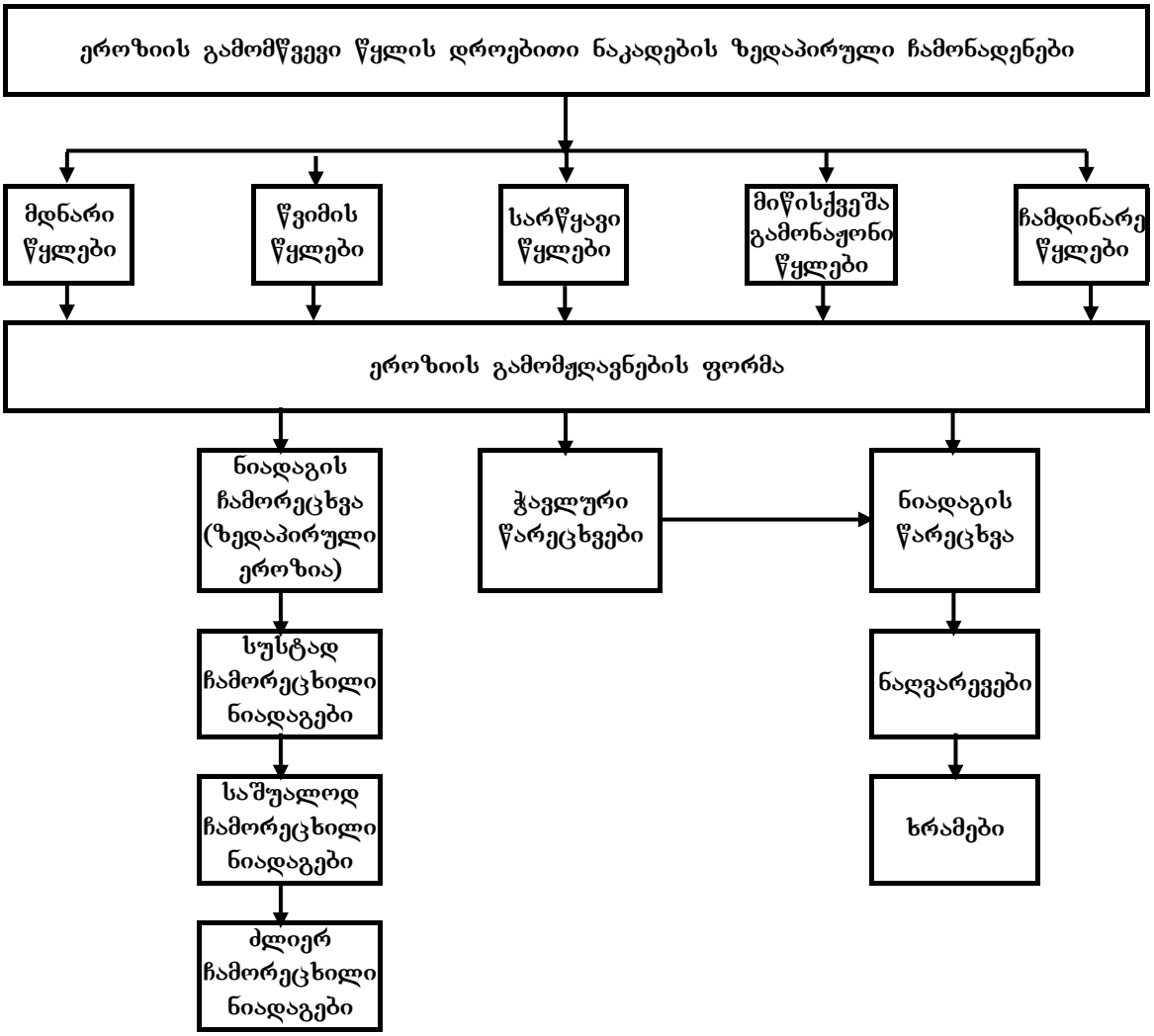
ცნობილია, რომ ეკოლოგიური კვლევები იყოფა ინტენსიურ და ექსტენსიურ მიმართულებად. ამათგან, პირველი გულისხმობს ზოგადი კანონების შესწავლას, ხოლო მეორე – იმ მრავალფეროვანი ფორმების გამოვლენას, რომლებშიც ეს კანონები მჟღავნდება. კვლევის ინტენსიური მიმართულება ითვისებს ახალ მასალას, მაშინ როდესაც ექსტენსიური წესრიგს ამყარებს სამეცნიერო ნაწილში. ამით ისინი ურთიერთს ავსებენ და ამდიდრებენ ერთმანეთს. განხილულია როგორც ინტენსიური, ისე ექსტენსიური კვლევები წყალმოვარდნებით ნიადაგის დაზიანებებისა და მათი თავიდან აცილების გზებზე.

მიწა არის ბუნების ერთ-ერთი უმთავრესი სიმდიდრე, მეურნეობის განლაგებისა და განვითარების სივრცობრივი ბაზისი, მთელი რიგი დარგებისა და, პირველ ყოვლისა, სოფლის მეურნეობის წარმოების საშუალება, ამავე დროს, სოფლის მეურნეობაში მიწა არის შრომის საგანიც და შრომის იარაღიც. მიწის ფონდი, თავისი კატეგორიისა და გამოყენების შესაძლებლობების მიხედვით, მრავალფეროვანია, მიწების ვარგისიანობასა და გამოყენების შესაძლებლობებზე გავლენას ახდენს გეოგრაფიული მდებარეობა. საქართველო მცირემიწიან, მთიან სახელმწიფოთა რიცხვს მიეკუთვნება. ტერიტორიის უმეტესი ნაწილი მთებსა 54% და მთისწინეთზე 33% მოდის, ხოლო დაბლობს 13% უკავია.

მიწის რესურსებზე მსჯელობისას გათვალისწინებულ უნდა იქნეს, რომ ჩვენი ქვეყნის ფარგლებში არსებული რიგი არახელსაყრელი ბუნებრივი პროცესებისა და ნაწილობრივ ანთროპოგენური ფაქტორების გამო, სამიწათმოქმედო ნიადაგის ფონდი ყოველწლიურად მცირდება. ნიადაგის ფონდს ყველაზე დიდ ზიანს აყენებს ეროზია, გაჭუჭყიანება, დამარილიანება, დატბორვა, ქიმიური ნივთიერებები, აგრეთვე ნიადაგის დაკავება ნაგებობების, მშენებლობებისა და წყალსაცავებისათვის და ა.შ.

ნიადაგის ეროზია (ეროზია ლათინური სიტყვაა და განცალკევებას ნიშნავს) წყლის, მდინარეებისა და ქარების მიერ ნიადაგსაფარის (ზოგჯერ ნიადაგის წარმომქმნელი ქანების) რღვევისა და დაშლის მრავალფეროვანი პროცესია, რომლის დროსაც ირღვევა ნიადაგის ყველაზე ნაყოფიერი ფენა, ნიადაგი ზიანდება [7, 2, 3, 4]. ამ ფენის 18-20 სმ სისქის წარმოსაქმნელად ბუნებას სჭირდება არანაკლებ 1400-7000 წელი, რადგანაც ნიადაგის წარმოქმნის პროცესი მიმდინარეობს ნელა – 100 წელიწადში 0,5-2 სმ. ამ ფენის დაშლა კი შეიძლება მოხდეს 20-30 წელიწადში ან ერთი კოკისპირული წვიმის, ან ერთი მტვრიანი ქარიშხლის დროს.

ნიადაგის წყლისმიერი ეროზიის კლასიფიკაცია მოცემულია პირველ ნახაზზე.



ნახ. 1. ნიადაგის ეროზიის კლასიფიკაცია მ. ზასლავსკის მიხედვით

არსებობს ეროზიის რამდენიმე სახე: წყლისმიერი, ქარისმიერი, ირიგაციული და ტექნიკური. ყველაზე გავრცელებული და საშიშია წყლისმიერი ეროზია. იგი ვლინდება წვიმის, თოვლის დნობის ან ნიაღვრის ფორმირებისას ნიადაგის ნაყოფიერი ჰუმუსიანი ფენის გადარეცხვით. წყლისმიერ ეროზიას ხელს უწყობს მცენარეული საფარის მოსპობა, განსაკუთრებით მთის ფერდობებზე.

განვითარების ხასიათის, გარეგანი ფორმისა და დაშლის ხარისხის მიხედვით ცნობილია ეროზიის ორი ძირითადი ტიპი: ნორმალური, ანუ გეოლოგიური და აჩქარებული, ანუ ისტორიული. არ არსებობს დედამიწის ისეთი ნაწილი, სადაც ეროზიულ პროცესს, მცირე თუ დიდი მასშტაბით, არ გამოეწვიოს ნიადაგის ზედა ფენის, ხშირად კი ნიადაგის მთლიანი ფენის ჩამორეცხვა.

ამჟამად საქართველოში წყლისმიერ ეროზიას განიცდის ორასოცდაერთი ათასი ჰექტარი, ხოლო ქარისმიერ ეროზიას – ას ცხრა ათასი ჰექტარი სახნავ-სათესი ფართობი. ამრიგად, საქართველოში წყლისმიერი და ქარისმიერი ეროზიისაგან ზიანდება სახნავ-სათესი ფართობების 49,0%. აღსანიშნავია, რომ ეროზიით მიყენებული ზარალი მარტო ნიადაგების დაკარგვითა და მოსავლიანობის შემცირებით კი არ განისაზღვრება, არამედ ასეთი ნიადაგი მთის ღვარების ჩამოყალიბების წყაროცაა. ეს იმიტომ, რომ ჩამორეცხილ ეროზიისაგან დანგრეული ნიადაგი, რომელსაც აღარა აქვს მცენარეული საფარი, მოკლებულია ეროზიის საწინააღმდეგო თვისებებს (წყალშეღწევადობა). სწორედ აქედან გამომდინარეობს ის გამანადგურებელი წყალდიდობები, რომლებსაც თითქმის ყველა ქვეყანაში ვხვდებით და რომელსაც

აუნაზღაურებელი ზარალი მოაქვს სახალხო მეურნეობისათვის.

ნიადაგის ეროზიის გავრცელებისა და განვითარების ხარისხი მთელი რიგი ფაქტორების ერთობლივი მოქმედებით განისაზღვრება; მათ შორის არსებითი მნიშვნელობა აქვს ადამიანის არარაციონალურ სამეურნეო მოქმედებას, რელიეფს, ფერდობის სიგრძეს, ატმოსფერული ნალექების რაოდენობასა და ინტენსივობას, მცენარეული საფარის ტიპსა და შემადგენლობას, აგრეთვე ნიადაგის თვისებებს. იმ ფაქტორთა შორის, რომლებიც გავლენას ახდენს ეროზიულ პროცესებზე, პირველი ადგილი წყალს უჭირავს. მიედინება რა დედამიწის ზედაპირზე, იგი გზადაგზა რეცხავს ნიადაგსა და მთის ქანებს, აღრმავებს და აგანიერებს კალაპოტებს, დაშლილი მასალები მაღლობიდან ჩააქვს დაბლობ ადგილებში და იწვევს სხვადასხვა სახის ნგრევას. ამიტომ, ეროზიისა და წყალდიდობის მავნე მოქმედების ასაცილებლად საჭიროა შემცირდეს ფერდობებზე ჩამონადენი წყლის რაოდენობა და სიჩქარე, ე.ი. ზედაპირული ჩამონადენისა და ეროზიის წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებებმა უნდა გარდაქმნას ჩამონადენი წარმომქმნელი ზედაპირი, მკვეთრად გაადიდოს მისი ხორკლიანობა, გაზარდოს წყალგამტარობისა და ეროზიის წინააღმდეგ ნიადაგის მდგრადობის უნარი, შეამციროს ქანობი და სხვ. საკითხისადმი სწორი მიდგომა და ნიადაგის ჩამორეცხვის წინააღმდეგ რაციონალური ღონისძიებების შემუშავება თავისთავად მოითხოვს ყველა იმ ფაქტორის შესწავლას, რაც გადარეცხვას იწვევს. ამავე დროს, საჭიროა არა მარტო ეროზიაზე მოქმედი ფაქტორების ცალმხრივი განხილვა, არამედ ამ ფაქტორებს შორის კავშირის არსებობისა და მოცემული მოვლენის განვითარებაში მათი შეფარდებითი როლის შესწავლა.

ნიადაგის გადარეცხვისაგან დასაცავად კარგი საშუალებაა მრავალწლიანი და თავთავიანი კულტურების დათესვა. აღსანიშნავია, რომ სათოხნი კულტურები ნაკლებად იცავს ნიადაგს: მაგალითად, მცენარისაგან დაუცველი 5^0-ით დახრილი ფერდობის ბელტიანი ნიადაგის 18 სმ ფენის გადარეცხვას დასჭირდება 2-3 წელი, სიმინდის ნათესების შემთხვევაში – 9 წელი, თავთავიანი ნათესების შემთხვევაში 36 წელი, ბალახოვანი საფარის ასი, ათასი წელი, ხოლო ერთი წყალმოვარდნისას – რამდენიმე საათი. შესაძლოა წყალმოვარდნამ მთელი მინდორი (ფართობი) არ წალეკოს, მაგრამ წარმოქმნას ისეთი ნაღვარევები და შესაძლოა ხრამებიც კი, რომელსაც ბუნება ვეღარასოდეს გამოასწორებს [7, 9, 1].

დაჩქარებული ეროზიის მიზეზია ტყეების უკონტროლო ჩეხვა, პირუტყვის არაზომიერი ძოვება, ფერდობებზე არასწორი ხვნა, მიწათმოქმედების არასწორი მეთოდები.

ტყე, ნიადაგის ეროზიისაგან დაცვის ყველაზე ეფექტური საშუალებაა. იგი აკავებს წვიმისა და თოვლის ნადნობ წყალს, რითაც აბრკოლებს ზედაპირული ჩამონადენის წარმოქმნას. გაანგარიშებულია, რომ ათი ათასი ჰექტარი ტყე ხუთას ათას კუბურ მეტრ წყალს აკავებს. ტყის გაჩეხვის შემდეგ, ნიადაგი კარგავს დამცველის როლს, წყლის ზედაპირული ჩამონადენი იზრდება 2-3-ჯერ, ნადნობი და წვიმის წყლები ფერდობებზე ჩამოედინება და თან მიაქვს ნიადაგის ნაწილაკები, რომლებიც ჩააქვს მდინარეებში [8, 6].

ფერდობის არასწორი ხვნა უმთავრესად ნიადაგის წყლისმიერ ეროზიას იწვევს. ეროზიის ასაცილებლად ნიადაგი უნდა მოიხნას დაქანების განივად.

ნიადაგის ეროზიული მოვლენები მრავალი ბუნებრივი და ხელოვნური ფაქტორის ერთობლივი მოქმედებით მიმდინარეობს.

ეროზიული მოვლენების თავიდან აცილება ბევრად უფრო იოლია, ვიდრე მის შედეგებთან ბრძოლა.

წყალმოვარდნებით ნიადაგის დაზიანების პროგნოზირების და თავიდან ასაცილებლად იყენებენ ანალიზური პროგნოზირების მეთოდებს.

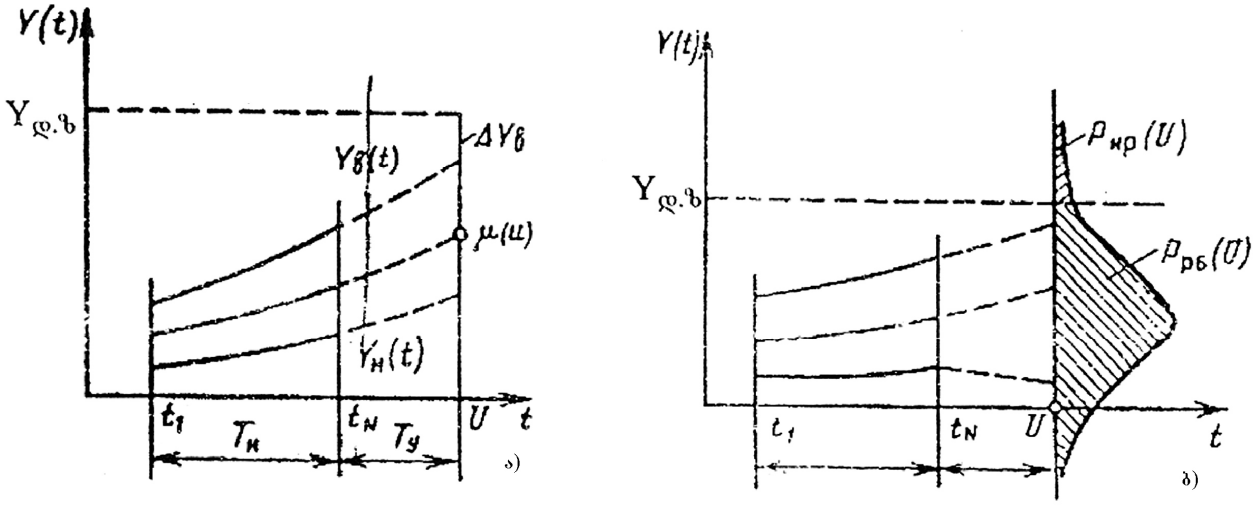
აღსანიშნავია, რომ არსებობს პირდაპირი და შებრუნებული ანალიზური პროგნოზირება [5]. პირდაპირი პროგნოზირების იდეა მდგომარეობს U წინსწრებისას ნიადაგის მდგომარეობის განსაზღვრაში, რომელიც წარმოადგენს $T_{\text{წ}}$ წინსწრების მოცემული დროის ინტერვალის მარჯვენა ზღვარს (ნახ. 2). შებრუნებული პროგნოზირების არსი არის ნიადაგის დაუზიანებელ მდგომარეობაში უტყუარი მუშაობის შესაძლო დროის განსაზღვრა (ნახ. 3). პირდაპირი პროგნოზირება შებრუნებულისაგან იმით განსხვავდება, რომ

პირდაპირი პროგნოზირებისას აუცილებელია განვსაზღვროთ მომავალ U დროის მომენტში მოცემული პროგნოზირებადი პარამეტრის მნიშვნელობა, ხოლო შებრუნებულში – მომავალი $U_უ$ დროის მომენტი, რომელშიც პარამეტრიც დასაშვებ საზღვრებს მიაღწევს. თუ პირდაპირი ანალიტიკური პროგნოზირებისას შესაძლოა პროგნოზირებადი ნიადაგის პარამეტრი უცნობი იყოს, შებრუნებული პროგნოზირებისას პარამეტრის მაქსიმალურად დასაშვები ზედა მნიშვნელობა $Y_{დზ}$ უშუალოდ შედის პროგნოზირებად გამოსახულებაში.

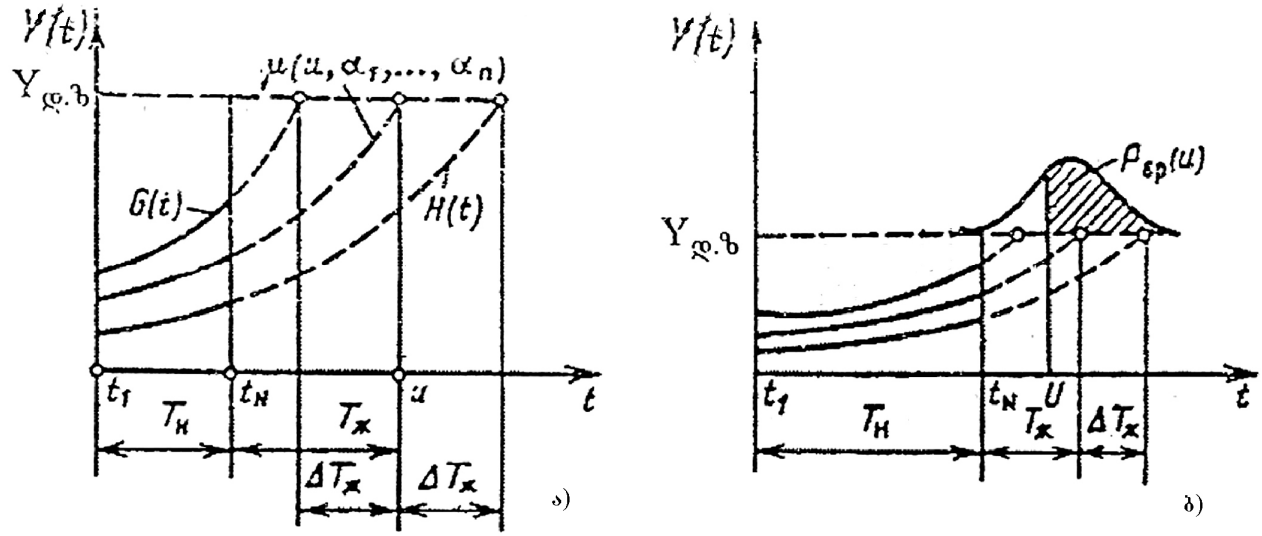
პირდაპირი ანალიზური პროგნოზირების შედეგები $\mu(u)$ და $S(u)$ (შესაბამისად, მათემატიკური მოლოდინი და საშუალო კვადრატული გადახრა) განისაზღვრება Y განსასაზღვრი პარამეტრის განზომილებაში (ნახ. 3), ხოლო შებრუნებული ანალიტიკური უტყუარი მუშაობის რეზულტატი $T_უ + \Delta T_უ$ – შებრუნებული ანალიტიკური ნამუშევრის t დროში (ნახ. 3ა).

პირდაპირი ანალიტიკური პროგნოზირება რეზულტატის ზედა და ქვედა საზღვრებში $Y_{ზ.}(t)$ და $Y_{ქ.}(t)$ (ნახ. 3ა) შესაბამისად ტოლია

$$\left.\begin{aligned} Y_{ზ}(t) &= \mu_j(u) + \gamma_j s_j(y) \\ Y_{ქ}(t) &= \mu_j(u) - \gamma_j s_j(u), \ \forall u \in T_y \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$



ნახ. 2. ა) პირდაპირი და ბ) შებრუნებული პროგნოზირება



ნახ. 3. ა) შებრუნებული ანალიტიკური და ბ) ალბათური პროგნოზირება

სადაც γ_j მოცემული კოეფიციენტია Y_j პარამეტრის განმსაზღვრელი უალბათესი არისათვის. ამასთანავე, რაც მეტია $\Delta\varphi_\beta = Y_{\text{ჯზ}} - Y_\beta$ სხვაობა (ნახ. 2ა), მით უფრო მეტია ნიადაგის მდგრადობის პოტენციური დონე; U_* – წინსწრების (დამსწრები) დროის მომენტი ზღვრული დასაშვები მნიშვნელობის $Y_{\text{ჯზ}}$ შებრუნებული ანალიტიკური პროგნოზირების ამოცანაში განისაზღვრება (2) განტოლების ამოხსნის შედეგად

$$\mu(U_*, \hat{\alpha}_0, \hat{\alpha}_1, \cdots, \hat{\alpha}_n) \equiv Y_{\text{ჯზ}}, \qquad (2)$$

სადაც $\alpha_1, \ldots\ldots \alpha_n$ აპროქსირებადი გამოსახულების კოეფიციენტების შეფასებებია პროცესის მათემატიკური მოლოდინის შეფასებისათვის.

(2) განტოლების ამოხსნით შეიძლება განვსაზღვროთ პროგნოზირებადი ობიექტის ჩვენს შემთხვევაში დაუზიანებელი ნიადაგის ხანგრძლივობა (დრო)

$$T_{\text{ხ.}} = U_{\text{ხ.}} - t_N,$$

სადაც t_N არის T_H პროგნოზირებადი პარამეტრის მარჯვენა ზღვარი.

ანალიტიკური პროგნოზირების $\Delta T_{\text{ხ.}}$ ამოხსნის სიზუსტე შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი განტოლებით:

$$\mu(U_* - \Delta T_{\text{ხ.}}, \hat{\alpha}_0, \hat{\alpha}_1, \cdots, \hat{\alpha}_n) + \gamma s(U_* - T_{\text{ხ.}}, \hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \cdots \hat{\beta}_1) - Y_{\text{ჯზ.}} = 0, \qquad (3)$$

სადაც γ კოეფიციენტია შებრუნებული პროგნოზირების გაფანტულობის განმსაზღვრელ შედეგებზე (G, H) მოცემულ საიმედოობის ინტერვალში, რომლის საზღვრები ტოლია (ნახ. 3)

$$G(t) = \mu(U_* - \Delta T_{\text{ხ.}}, \hat{\alpha}_0, \hat{\alpha}_1, \cdots, \hat{\alpha}_n) + \gamma s(U_* - T_{\text{ხ.}}, \hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \cdots \hat{\beta}_1);$$

$$H(t) = \mu(U_* - \Delta T_{\text{ხ.}}, \hat{\alpha}_0, \hat{\alpha}_1, \cdots, \hat{\alpha}_n) - \gamma s(U_* - T_{\text{ხ.}}, \hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \cdots \hat{\beta}_1).$$

$\beta_1, \beta_2, \ldots \beta_i$ არის პროგნოზირებადი პროცესის – ნიადაგის დაზიანების შეფასებები აპროქსირებადი გამოსახულების საშუალო კვადრატული გადახრებისას.

პირდაპირი ალბათური პროგნოზირებისას ობიექტისათვის (ან ობიექტთა ერთობლიობისათვის) სამუშაო მდგომარეობა განისაზღვრება ალბათობით

$$P\{Y(U) < Y_{\text{ჯზ}}\} = \int f(Y, U) dY, \qquad (4)$$

სადაც $f(Y,U)$ ჭარბი სიმკვრივეა (სიმჭიდროვე) პროგნოზირებადი ნიადაგის დაზიანების პროცესის ალბათობისა (ნახ. 2ბ).

პირდაპირი ალბათური პროგნოზირებისას, რისკის რაოდენობრივი შეფასების მისაღები გადაწყვეტილება დამოკიდებულია (4) გამოსახულებაზე.

დასკვნა

ბოლო წლებში საქართველოში წყალდიდობების, წყალმოვარდნებისა და ღვარცოფული მოვლენების შედეგად დაზიანდა ასობით ჰექტარი სასოფლო-სამეურნეო მიწა, ამასთან, ასობით ადამიანი დაიღუპა, ათასობით კი, უსახლკაროდ დარჩა [4].

წყალდიდობების, წყალმოვარდნებისა და ღვარცოფული მოვლენებისაგან დაცვითი სამუშაოების ჩასატარებლად აუცილებელია განხორციელდეს ყველა შესაძლო ღონისძიება. მსგავსი სამუშაოების წარმოება კი მოითხოვს გამუდმებით ყურადღებას ამ მნიშვნელოვანი პრობლემების მიმართ. ღონისძიებების განსახორციელებლად და მომავალში ზარალის თავიდან ასაცილებლად ან შესარბილებლად საჭიროა საქართველოს ყოველ მდინარეზე არსებობდეს წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების მოვლენების შესახებ ინფორმაცია.

აუცილებელია წყალმოვარდნებით ნიადაგის დაზიანებების პროგნოზირება, რადგან ბოლო ხანებში, საქართველოში წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნებისაგან გამოწვეული ზარალის ოდენობა კი არ მცირდება, არამედ იზრდება და ზოგჯერ ძალიან სწრაფადაც.

ლიტერატურა

1. მ**ირცხულავა ც**. რისკი, როგორ გავრისკოთ გონივრულად (მაგალითები ამოხსნით). თბილისი, 1998.
2. **ფურცელაძე ლ**. პროგნოზირების კლასიფიკაცია //"მეცნიერება და ტექნოლოგიები", საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სამეცნიერო-რეფერირებული ჟურნალი, №7-9, 2007, თბილისი.
3. **ფურცელაძე ლ**. მელიორაციული სისტემების მდგრადი ფუნქციონირების ალბათური პროგნოზირების მეთოდების დამუშავება //„მეცნიერება და ტექნოლოგიები," საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სამეცნიერო რეფერირებული ჟურნალი №4-6, 2003.
4. **ფურცელაძე ლ**. ჰიდრონაგებობების ავარიები და მათი ალბათური პროგნოზირება //„მეცნიერება და ტექნოლოგიები", საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სამეცნიერო რეფერირებული ჟურნალი №1-2, 2009 ქ. თბილისი.
5. **Котляковская М.С.** Вероятное прогнозирование опасности ЯЭУ. М.: Энергия, 403 с.
6. **Мирцхулава Ц.Е.** Опасности и риски на некоторых водных и других системах. Виды, анализ, оценка в 2-х книгах. Тбилиси: Мецниереба, 2003.
7. **Мирцхулава Ц.Е.** Водная эрозия почв (механизм, прогноз). Тбилиси: Мецниереба, 2000. 421 с.
8. **Смирнова Л.Ф.** Ветровая эрозия почв. М., 1985. 80 с.
9. **Тевзадзе В.И.** Расчетная модель почвоохранного мероприятия с использованием стеблевых растений //Жур. Экологические системы и приборы, №9, 2006 с.40-43.

უაკ 631.11(479)

ნიადაგ-გრუნტების გამრეცხი დასაშვები სიჩქარე ზედაპირულ-მოლეკულური ეფექტების გათვალისწინებით

თ. ქაცარავა, შ. კუპრეიშვილი, პ. სიჭინავა

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი, ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

თვითგარეცხვადი კალაპოტების დეფორმაციის სახეები ჯერ კიდევ მეოცე საუკუნის დასაწყისში იქნა ჩამოყალიბებული. კვლევის შემდგომი ეტაპი, რომელიც მოიცავს თითქმის ასწლიან პერიოდს, აღინიშნა ტურბულენტური ნაკადისა და კალაპოტის საწოლის ურთიერთმართვადობის დიალექტიკური კონცეფციის ფორმულირებით [3], მდგრადობის ცალკეული ჰიდრავლიკურ-მორფომეტრული კრიტერიუმებისა და კრიტიკული სიჩქარეების საანგარიშო ჰიდრომექანიკური მათემატიკური მოდელების შექმნით [2,4,5,6].

არსებული მრავალრიცხოვანი არაგამრეცხი (დასაშვები) სიჩქარის საანგარიშო დამოკიდებულება ძირითადად ეფუძნება თვითგარეცხვადი კალაპოტის საწოლის ფსკერზე მოთავსებული იზოლირებული მყარი ნაწილაკის (სხეულის) ზღვრული წონასწორობის პირობის რეალიზაციას ხახუნის უნივერსალური კანონის მიხედვით. სხვადასხვა ავტორის მიერ შემოთავაზებული დასაშვები არაგამრეცხი სიჩქარის საანგარიშო დამოკიდებულებანი სტრუქტურულად ერთნაირია, მაგრამ არსებობს განსხვავებაც, რომლის მდგრადობის ხარისხს განსაზღვრავს გარსმდენი ტურბულენტური ნაკადის აქტიური (ჰიდრომექანიკური) და წინაღობის პასიური (გრავიტაციულ-ზედაპირული) ძალების რაოდენობრივი თანაფარდობა. უპირატესად ეს საანგარიშო მოდელი მისადაგებულია აბსოლუტურად მყარ ნაწილაკზე, რომლის ტურბულენტური ნაკადით გარსდენისას როგორც ზედა და ქვედა, ისე შუბლურ და ზურგსუკანა წახნაგებზე წარმოიშობა წნევის ძალის დეფიციტი. მათ შორის გაანგარიშების მონაცემების შედარება დიდ განსხვავებას იძლევა, მაგრამ ეს არ არის განპირობებული საანგარიშო მოდელების ურთიერთგანსხვავებით. დადგენილია, რომ ნაკადის გარსდენის შედეგად მყარ ნაწილაკს ძალური ზემოქმედება გადაეცემა ხახუნის შედეგად და წყალი არ შედის სტრუქტურულ კავშირში. ამის გამო, სავსებით მისაღებია ჰიპოთეზა ნაწილაკის ზედაპირზე მონომოლეკულური ადსორბციული შრის წარმოშობის შესახებ. სულ სხვა ფიზიკურ სურათთან გვაქვს საქმე, როდესაც თიხა ნიადაგ-გრუნტის წყალმედეგი აგრეგატის მიკროსტრუქტურული ხვრელების წყალთან შეხებისას, ფიზიკურ-ქიმიური ურთიერთქმედების შედეგად მყისიერად წარმოიშობა აფსკური წყლის „საცობები“ და ამიტომ, გარკვეული დროის განმავლობაში აგრეგატი წყალგაჯერებულ მდგომარეობაში რჩება. ამ ნიშნის გათვალისწინება აუცილებელია გამრეცხი კრიტიკული სიჩქარის დადგენისას, რათა თავიდან იქნეს აცილებული ნიადაგ-გრუნტის ეროზიის რაოდენობრივი შეფასებისას ცდომილების მაღალი რიგი.

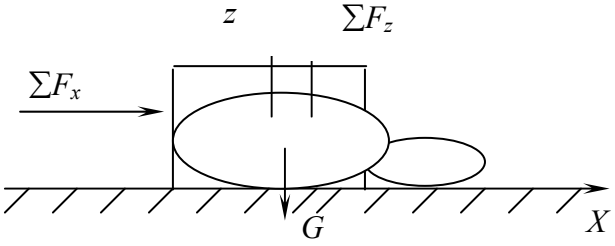
საჭიროდ მიგვაჩნია ასევე გავაკეთოთ ზოგიერთი კრიტიკული შენიშვნა იმ საანგარიშო მოდელზე, რომელიც ეფუძნება ბმული ნიადაგ-გრუნტის დასაშვებ (არაგამრეცხი) დამოკიდებულებას, მით უმეტეს, ამას უდიდესი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს ირიგაციული ეროზიის რაოდენობრივი პროგნოზისათვის. ნორმატიული საანგარიშო დამოკიდებულება მოითხოვს კრიტიკულ შეფასებას და სათანადო კორექტირებას. მიუხედავად იმისა, რომ მრავალმხრივი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები, ჩატარებული ბოლო ნახევარი საუკუნის განმავლობაში, გამოირჩევა საყოველთაო აღიარებითა და უნივერსალურობით; კერძოდ, ყველა არსებულთან შედარებით, სტრუქტურულად და ფიზიკური არსით განსხვავებული საანგარიშო დამოკიდებულება [7] წინაღობის რეაქციულ ძალას წარმოადგენს ორწევრიანი

პოლინომის სახით, რომლის ერთი წევრი აგრეგატის წონას, ხოლო მეორე კი – ბმულობის კუთრ ძალას გამოხატავს. ეს ძალები ურთიერთუთანაზომოა და ამიტომაც, ხელოვნურად ხდება მათი ნიველირება.

ძირითადი ნაწილი

წყალგამტარის ფსკერზე მდებარე ნაწილაკის წონასწორობის პირობების უზრუნველყოფის შესახებ, მრავალმხრივი თეორიული და ექსპერიმენტული მონაცემები, საფუძვლად დაედო თანაბრად მოძრავი ღია ტურბულენტური ნაკადის კრიტიკული სიჩქარის საანგარიშო დამოკიდებულების მიღებას.

დასაშვები სიჩქარის სხვადასხვა სტრუქტურის დამოკიდებულებანი შეიძლება გაერთიანდეს ერთი ტიპის ფორმულაში, რომელსაც საფუძვლად უდევს ნახ. 1-ზე ნაჩვენები ნაწილაკის (აგრეგატის) დეფორმაციის უმარტივესი მოდელი.



ნახ.1. ნაწილაკის ძვრის დეფორმაციის საანგარიშო სქემა

თეორიული გაანგარიშებისათვის არავითარი მნიშვნელობა არა აქვს, თუ როგორი ფორმის სხეულს ავიღებთ: ნაწილაკის ფორმა – სფერო, კუბი, თუ სხვ. რადგან დაპროექტება ხდება მოდულური ფართობის მიხედვით. სიბრტყეში ზღვრული წონასწორობა პირობა (ნახ. 1) მოცემული საანგარიშო სქემის მიხედვით შეიძლება გამოვხატოთ შემდეგი სახით:

$$\sum F_x = \varphi_0\left(G - \sum F_z\right), \qquad (1)$$

სადაც ΣF_x არის ყველა ძალის გეგმილების ჯამი X-X სიბრტყეზე; თანაბარი მოძრაობის შემთხვევაში, ეს ძალა ჰიდრომექანიკურია და ტოლია წინაღობის ძალის; G – ნაწილაკის წონა; ΣF_z – ყველა ძალის გეგმილების ჯამი Z-Z სიბრტყეზე; φ – წინაღობის კოეფიციენტი, რომელიც აერთიანებს შებლურ და ამწე ძალებს, წერტილში სიჩქარის პულსაციური მდგენელების ფარდობის მაჩვენებელს ჰიდრავლიკური წინაღობის კოეფიციენტთან რეინოლდსის კრიტერიუმის მიხედვით.

თუ დავუშვებთ, რომ წარმტაცი ანუ წინაღობის ძალა ტურბულენტური ნაკადის ცოცხალ კვეთში საშუალო სიჩქარის კვადრატის პროპორციულია, მაშინ პირობითი სფეროსათვის, დასაშვები (კრიტიკული) სიჩქარის გამოსახულება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\upsilon_{\text{დ}} = \sqrt{\frac{2\varphi_0}{\lambda}} \cdot \sqrt{\rho_1 g d} = A\sqrt{(\gamma_1 - \gamma_0)d}\ , \qquad (2)$$

სადაც λ ჰიდრავლიკური წინაღობის კოეფიციენტია, [1]; ρ_2 – ნაწილაკის სიმკვრივე წყალში; d – სფეროს დიამეტრი; g – სიმძიმის ძალის აჩქარება; γ_1, γ_2 – შესაბამისად, ნიადაგ-გრუნტის, ჩონჩხისა და წყლის კუთრი წონები; A – განზომილებიანი კოეფიციენტი.

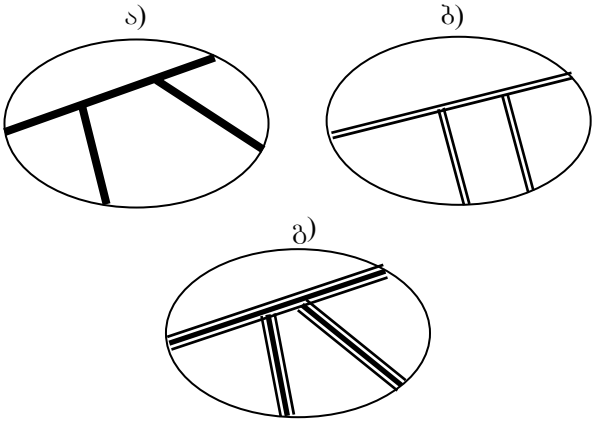
საკითხის შესწავლის ამ ეტაპზე განვიხილავთ მხოლოდ წყალმედეგ ნაწილაკებს (აგრეგატებს), რომელთა ფოროვანი ხვრელების მიკროზომები ერთ შემთხვევაში განაპირობებს ადსორბციული წყლის აფსკების სხვადასხვა მოდიფიკაციას, შეცვლილი რეოლოგიური და სიმტკიცობრივ-დეფორმაციული თვისებებით, ხოლო სხვა შემთხვევაში განიხილება ხვრელების ისეთი მიკრო ზომები, რომლებიც გამოდიან მოლეკულური ძალების ურთიერთქმედების გავლენის სფეროდან. მიღებული განმარტების საფუძველზე, ნიადაგ-გრუნტის წყალმედეგი აგრეგატი, როგორც ფიზიკური სხეული, შეიძლება წარმოვადგინოთ ნახ. 2-ზე მოყვანილი სტრუქტურული მოდელების სქემებით.

აგრეგატის ზედაპირის მყისიერი დასველების (წვიმის ან ხელოვნური მორწყვის) შედეგად, მისი გარეცხვითა და შლიფზე ვიზუალური დაკვირვებით შეინიშნება, რომ

პაკეტებში წყალი პროცესის ამ სტადიაზე შეჟონილი არ არის, რადგან ხვრელების ფორები დახურულია მტკიცედ ბმული წყლის „საცობებით“ (ნახ. 2ა) გარკვეული დროის შემდეგ, ტენიანობის პოტენციალი იწყებს განივველირებას და მაღალდისპერსიულ თიხებში ფოროვანი სისტემა მთლიანად შეივსება სორბციული და პანდიალური წყლის კატეგორიით. ამ მდგომარეობას სქემატურად გამოხატავს ნახ. 2ბ, ხოლო ნახ. 2გ ეთანადება ფოროვანი არხების წყლის ისეთი კატეგორიით შევსებას, რომელიც უწყვეტ ჰიდრავლიკურ კავშირშია თავისუფალ გარემოსთან. აგრეგატის მიერ წყალშთანთქმის (წყალ-აკუმულაცია) ნახ. 2-ზე წარმოდგენილი ა), ბ), და გ) ვარიანტებისათვის საჭიროა ინდივიდუალურად განისაზღვროს მისი კუთრი წონა წყლის გარემოში, რადგან ეს პარამეტრი უშუალოდ ფიგურირებს გამრეცხი სიჩქარის საანგარიშო დამოკიდებულობაში. გარდა ამისა, წყლის შეტივნარებული ძალის განსაზღვრისას აუცილებელია ფორებში არსებული წყლის კატეგორია გათვალისწინებულ იქნეს ფიზიკურ-ქიმიური კავშირების კლასიფიკაციური ნიშნის მიხედვით. აგრეგატის წონა წყალში შეიძლება განვსაზღვროთ შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$G_w = G - \gamma_0 W\,, \tag{3}$$

სადაც G_w არის აგრეგატის წონა წყალში; G – აგრეგატის წონა აბსოლუტურად მშრალ მდგომარეობაში; γ_0 – წყლის კუთრი წონა; W – აგრეგატის მოცულობა.



ნახ. 2. აგრეგატის ფორებში წყლის სხვადასხვა ფორმები

(3) დამოკიდებულებიდან ადვილად მიიღება

$$\gamma_w = \gamma - \gamma_0\,, \tag{4}$$

სადაც, γ_w არის აგრეგატის კუთრი წონა წყალში; γ – აგრეგატის კუთრი წონა წყალში აბსოლუტურად მშრალ მდგომარეობაში; γ_0 –წყლის კუთრი წონა;

აგრეგატის კუთრი წონა წყალში, განსაზღვრული (4) დამოკიდებულების მიხედვით, შეესაბამება წყალშთანთქმის პროცესის ისეთ სტადიას, როდესაც აგრეგატში ჯერ კიდევ არ არის დამთავრებული ტენიანობის განაწილება, რაც შეიძლება პირობითად მივიჩნიოთ ნახ. 2ა ვარიანტის მოდელის იდენტურად.

აგრეგატის ფორების სრული წყალშევსების შემთხვევაში, ბ) ვარიანტი შეიძლება მივიღოთ

$$\gamma_w = \gamma - \gamma_0(1-n)\,. \tag{5}$$

(4) ფორმულით მიღებული სხეულის კუთრი წონა წყალში ნაკლებია (5)-ით გაანგარიშებულთან შედარებით, რადგან n ფორიანობა ყოველთვის ნაკლებია ერთზე.

დასაშვები სიჩქარე, განსაზღვრული (2) დამოკიდებულებით, (5)-ის გათვალისწინებით იქნება

$$v_{\text{დ}} = a\sqrt{(\gamma_1 - \gamma_0)(1-n)d}\,. \tag{6}$$

ნიადაგ-გრუნტის დასაშვები სიჩქარის გამოსათვლელად უნდა გავითვალისწინოთ კუთრი წონის ცვალებადობის ის სპეციფიკა, რომელიც ზემოთ იყო განხილული. აგრეგატის ფორებში მიგრირებული წყლის სხვადასხვა კატეგორიებისა და ფორმების მიხედვით, დასაშვები სიჩქარე განისაზღვრება სახეშეცვლილი (2) ფორმულით.

ჰიდროლოგიაში მიღებულია, რომ მყარი ნატანის კუთრი წონა γ_1 მერყეობს საზღვრებში (2,65–2,75)×10^4 ნ/მ^3, ხოლო თიხაგრუნტების აგრეგატების კუთრი წონა γ_1 = 1,6 10^{-4} ნ/მ^3 და შესაბამისად n = 0,4; განზომილება მხედველობაში არ მიიღება, რადგან გვაინტერესებს ფარდობითი მაჩვენებლები; შესაბამისად, ზემოთ განხილული ვარიანტების მიხედვით გვექნება

$$\left.\begin{aligned} v_{\partial} &= A\sqrt{1{,}75d} \\ v_{\partial} &= A\sqrt{0{,}6d} \\ v_{\partial} &= A\sqrt{1{,}0d} \end{aligned}\right\}. \qquad (7)$$

კონკრეტული გაანგარიშებიდან ჩანს, რომ დასაშვები სიჩქარე 60%-ით აღემატება ეროზიის პირველ სტადიაზე ფორმირებულ აგრეგატის კუთრი წონის შესაბამის სიჩქარეს, ხოლო ხვედრითი წონა $2{,}5\cdot10^{-4}$ ნ/მ^3 რეალურ პირობებთან შედარებით. თუ (6) ფორმულით განვსაზღვრავთ დასაშვებ სიჩქარეს, როდესაც დიამეტრი რიცხობრივად ეკვივალენტური იქნება *(1-n)d* სიდიდის, მაშინ კორექტირებულ და არსებულ ნორმატიულ საანგარიშო ფორმულის გამოყენებით მიღებული გაანგარიშების შედეგებს შორის განსხვავება შეიძლება ჩავთვალოთ „ცდომილებად“. მეტი თვალსაჩინოებისათვის გაანგარიშება ჩავატაროთ კონკრეტულ მაგალითზე, როდესაც $n = 0{,}3$ მივიღებთ

$$\wp = \sqrt{\frac{1}{1-0.3}} = \sqrt{\frac{1}{0.7}} = 1.2\,,$$

ხოლო $\frac{E_1}{E_2} = 1{,}2^6 = 3$. ეს ელემენტარული მაგალითი კიდევ ერთხელ ცხადად ადასტურებს, თუ ეროზიის რაოდენობრივი პროგნოზისათვის რა უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება ახალი კონცეფციების გათვალისწინებას ნიადაგ-გრუნტის აგრეგატის წონასწორობის შეფასებისას ფიზიკურ-ქიმიური მექანიკისა და ტანების რეალური მდგომარეობის შეფასების პირობებიდან.

დასკვნა

1. დადგენილია გამრეცხ სიჩქარეთა საანგარიშო მოდელში ზედაპირულ მოლეკულური ეფექტების როლი;

2. ტრივიალური მოდელის საფუძველზე შეფასებულია რაოდენობრივი პროგნოზი ეროზიის ინტენსივობაზე დასაშვები სიჩქარის ნორმატიული სიდიდის მიხედვით;

3. ჩვენს მიერ შემოთავაზებული კორექტირებული ფორმულის გამოყენებით გაანგარიშებულია დასაშვებ სიჩქარეთა შორის განსხვავება, რომელიც შეადგენს 20%-ს, ხოლო ეროზიის პროგნოზი იძლევა 300% ცდომილებას.

ლიტერატურა

1. **Агроскин И.И., Дмитриев Г.Т., Пикалов Ф.И.** Гидравлика. Госэнергоиздат, М-Л.: 1945, 430 с.
2. **Алтунин С.Т.** Регулирование русел рек. М.: Сельхозиздат, 1962, 271 с.
3. **Великанов М.А.** Русловый процесс. М.: Физматгиз, 1958, 424 с.
4. **Гончаров В.Н.** Динамика русловых потоков. Л.: Гидрометеоиздат, 1962, 374 с.
5. **Кнороз В.С.** Безнапорный гидротранспорт и его расчет. //Изв. ВНИИГ, т. 44, 1951, 248 с.
6. **Леви И.И.** Моделирование местных размеров русел в нижних бьефах гидросооружений. //Изв. ВНИИГ, т. 48, Госэнергоиздат, 1952, 248 с.
7. **Мирцхулава Ц.Е.** Надежность гидромелиоративных сооружении. М.: Колос, 1974, 276 с.

უაკ 632.125

მდინარე ცხენისწყლის აუზში ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესების პროგნოზირება

გოგა ჩახაია, რობერტ დიაკონიძე, ლევან წულუკიძე, ფერიდე ლორთქიფანიძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

ბოლო პერიოდში პლანეტაზე მიმდინარე გლობალური დათბობის ინტენსიურმა პროცესებმა, სხვა ნეგატიურ მოვლენებთან (ჭარბი ნალექები, ხე-ტყის უსისტემო ჭრა და სხვ.) ერთად, მნიშვნელოვანწილად განაპირობა ეროზიულ-ღვარცოფული მოვლენების სიხშირე. სწორედ ჭარბი ნალექები და ხე-ტყის უსისტემო ჭრა განაპირობებს ძირითადად ეროზიულ-ღვარცოფულ და მეწყრულ მოვლენებს, რაც საქართველოს ფარგლებში მაღალი ინტენსივობით გამოიხატება.

საქართველოს მაღალმთიანი ლანდშაფტი იძლევა იმის საფუძველს, რომ მცირე წყალშემკრები აუზის მქონე პატარა მდინარე (ღელე) წყალდიდობისას წარმოადგენდეს უზარმაზარ საშიშროებას, რადგან უმეტეს შემთხვევაში კატასტროფული ხასიათის ღვარცოფი მცირე სიმძლავრის მდინარეთა კალაპოტებში ფიქსირდება.

ძირითადი ნაწილი

საქართველოს ტერიტორიაზე არსებულ ღვარცოფული ხასიათის მდინარეთა შორის აღსანიშნავია მდ. ცხენისწყლის შენაკადები, სადაც ბოლო პერიოდში განსაკუთრებული ინტენსივობით ფორმირდება ეროზიულ-ღვარცოფული მოვლენები.

მდინარე ცხენისწყლის აუზის ღვარცოფსაშიში მონაკვეთი ძირითადად ლენტეხისა და ცაგერის რაიონების ტერიტორიებს მოიცავს; მისი სათავე დიდი კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე ზღ. დონიდან 2707 მეტრზე მდებარეობს. მდინარე ხასიათდება შერეული ხასიათის კვებით, თოვლის ნადნობით, წვიმისა და მიწისქვეშა წყლებით; გაზაფხულის წყალდიდობები ძირითადად თოვლის დნობითაა განპირობებული. მდ. ცხენისწყლის მნიშვნელოვანი ღვარცოფული ხასიათის შენაკადებია ხელედულა, ლასკადურა, ზესხო, ღობიშური და სხვ. [1, 3].

ცხენისწყლის აუზის 0,8% წარმოდგენილია მყინვარებით, რომლებიც შეიცავს 0,29 კმ^3 წყალს. მყინვარებიდან ყოველწლიურად 15 მლნ. მ^3 წყალი გამოედინება (საერთო ჩამონადენის მხოლოდ 0,8%) და ამიტომ, თხიერი და მყარი ჩამონადენი ძირითადად მთის საშუალო, სუბალპურ და ალპურ ზონაში ყალიბდება [1, 3].

მდ. ცხენისწყლის აუზი შემოსაზღვრულია ჩრდილოეთიდან კავკასიონის ქედით მწვერვალ ნამყვამიდან (4233 მ) მწვერვალ ფასისმთამდე (3779 მ); აქ რთული რელიეფია, სადაც მდებარეობს 4000 მეტრზე მაღალი მწვერვალები. ყველაზე მაღალია აილამა 4547 მ. თანამედროვე მყინვარებიდან აქ აღსანიშნავია: ყორულდაში, ზესხო, შარივცეკი და სხვ. კავკასიონის ქედზე მდებარე გადასასვლელები 3400 მეტრს აღემატება [1, 3].

კავკასიონის მთავარი ქედიდან სამხრეთითის მიმართულებით ეშვება სუბმერიდიანული მიმართულების ქედები – ზესხოს, კარეტის და სხვ. მთავარ ქედთან შედარებით, ისინი დაბალი ჰიფსომეტრიით ხასიათდება, რაც განპირობებულია ამგებელი ქანების ლითოლოგიით (ლიასური ასაკის ქვიშაქვები და ფიქლები). რელიეფის ჩამოყალიბებაში აქტიური როლი, ტექტონიკასთან ერთად, ეროზიულ-დენუდაციურ და ძველ მყინვარულ პროცესებს ეკუთვნის. ძირითადი ხეობები სახეცვლილ ტროგებს წარმოადგენს; ეროზიული დანაწევრების სიღრმე 1000-1200 მეტრია [1,3].

მნიშვნელოვანი ოროგრაფიული ერთეულია

ინვერსიულ-მონოკლინური სამეგრელოს ქედი, რომლის ჩრდილოეთ კალთაზეა განლაგებული მდ. ცხენისწყლის ყველაზე დიდი ღვარცოფული ხასიათის შენაკადის, მდ. ხელედულას მარჯვენა შენაკადები.

მდინარე ცხენისწყლის აუზში, ცაგერისა და ლენტეხის რაიონების ფარგლებში, როგორც ისტორიულ პერიოდში, ისე დღეს ენდოგენური და ეგზოგენური ფაქტორების ურთიერთქმედება მიმდინარეობს. გეოდინამიკური პროცესების ინტენსიური ზეგავლენა ატყვია მცენარეული საფარის თანამედროვე მდგომარეობას. ამ პროცესებიდან გამოვყოფთ ანთროპოგენურს, რომელიც კარგად აისახება რელიეფის და ლანდშაფტების ფუნქციონირებაში. ბოლო 20 წელიწადში ქვეყნის ეკონომიკურმა არამდგრადობამ განაპირობა ტყეების უსისტემო ჩეხვა, რამაც, საბოლოო ჯამში, ეგზოგენური პროცესების გააქტიურება გამოიწვია [1, 3]. ეგზოგენური პროცესებიდან აღსანიშნავია, ეროზიულ-აკუმულაციური პროცესები, მეწყრები, ღვარცოფები, თოვლის ზვავები და სხვ.

ეროზიულ-აკუმულაციური პროცესები და მათთან დაკავშირებული ფორმები თითქმის ყველგან არის განვითარებული. ეროზიული პროცესები ორი სახით ვლინდება: სიღრმითი და გვერდითი. ისეთი მონაკვეთები, სადაც კალაპოტის ვარდნის სიდიდე 1 კმ-ზე 15 მ-ს აღემატება, ყველგან მიმდინარეობს სიღრმითი და გვერდითი ეროზია, ხოლო უფრო ნაკლები ვარდნის შემთხვევაში, გვერდითი ეროზია ვითარდება და კალაპოტში აკუმულაციური პროცესები მიმდინარეობს; წყალდიდობის და წყალმოვარდნის დროს კი სიღრმითი და გვერდითი ეროზია უფრო ინტენსიური ხდება. აკუმულაციური პროცესები ძირითადი მდინარის კალაპოტში პროლუვიური მასალის დალექვით ვლინდება, ასეთი უბნები შეინიშნება მდინარე ხელედულას ხეობაში.

ლენტეხისა და ცაგერის რაიონების ტერიტორიებზე მდინარე ცხენისწყლის აუზი გამოირჩევა ძლიერი ღვარცოფული ხასიათით, რაც დიდ ზიანს აყენებს სახალხო მეურნეობას და მოსახლეობას. ღვარცოფები განვითარებულია რბილი ქანების გავრცელების რეგიონში – კერძოდ, ლეასის წყებაში – მდ. ცხენისწყლის სათავეებში, კარბონატული ფლიშის ზონაში – ლაფურის, ზესხოს, ყორულდაშის სათავეებში. ამ რეგიონში თითქმის ყველა მდინარე ღვარცოფსაშიშია. ღვარცოფი ნაკლებად არის განვითარებული ბაიოსის, ცარცულ და დიზის წყებებში. ცაგერის ქვაბულსა და მდ. ლასკადურას ხეობაში მძლავრი ღვარცოფების წარმოქმნას მეწყრული პროცესები უწყობს ხელს.

ლენტეხის რაიონში აქტიურ ღვარცოფულ კერებს წარმოადგენს მდინარეების – ლასკადურას, ღობიშურის, ლაფურის და მრავალი მცირე შემდინარეების აუზები. ლენტეხის რაიონში 50-მდე ღვარცოფსაშიშია ხევია.

ცაგერის რაიონში ღვარცოფები ნაკლებადაა განვითარებული. მთელ რაიონში 15-20 ღვარცოფსაშიში ხევია. ეს ღვარცოფები მძლავრი არ არის, რადგან მათი კვება ძირითადად მეწყრული სხეულებიდან ხდება და მათი აქტიურობა მეწყრული პროცესების გამოღვიძებასთან არის დაკავშირებული.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, საჭიროა მდინარე ცხენისწყლის აუზის ღვარცოფული ტიპის შენაკადების შესწავლა და იქ მიმდინარე ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესების პროგნოზირება.

ყოველივე ზემოთქმულის გათვალისწინებით, მდინარე ცხენისწყლის აუზში ჩატარებული საველე-სარეკოგნოსცირებო სამუშაოების შედეგების, ტოპოგრაფიული რუკებისა და პროფესორ გივი გავარდაშვილის მიერ მიღებული ემპირიული დამოკიდებულებების გამოყენებით გაანგარიშებულ იქნა მდინარე ცხენისწყლის წყალშემკრები აუზის 14 შენაკადის ეროზიის კოეფიციენტი (ეროზიის რაოდენობრივი მახასიათებლები). ინგლისელი მეცნიერის, პროფესორ რ. მორგანის სკალის მიხედვით კი დადგენილია მთის ეროზირებული ფერდობების დაზიანების ხარისხი. საანგარიშო დამოკიდებულებები და გამოთვლების შედეგად მიღებული შედეგები მოცემულია ქვემოთ, ქრონოლოგიურად [2, 4, 5].

შემოთავაზებულ ეროზიის კოეფიციენტის საანგარიშო ემპირიულ დამოკიდებულებას აქვს შემდეგი სახე [5]:

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

სადაც F_1 მდინარის წყალშემკრებ აუზში გაშიშვლებული ტერიტორიის ფართობია ($კმ^2$); F_0 – მდინარის წყალშემკრები

აუზის მთლიანი ფართობი (კმ²);
t – საკვლევი წლის პერიოდი (წელი);
T – დაკვირვების საერთო პერიოდი (წელი).

ანგარიშის შედეგები მოცემულია 1-ელ ცხრილში.

აგრეთვე გაანგარიშებულ იქნა ღვარცოფის სხვადასხვა უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯები, რომელთა საანგარიშო დამოკიდებულებას აქვს შემდეგი სახე [2,4,5]:

$$Q_{მაქს.} = A(34 + 400i) \cdot F_0^{0,61} \text{ (მ}^3\text{/წმ)}, \qquad (2)$$

სადაც i შენაკადის საშუალო ქანობია; F_0 – მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი (კმ²); A – ხარჯის კოეფიციენტი, რომლის კავშირი უზრუნველყოფის კოეფიციენტთან (P%) მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 1

მდ. ცხენისწყლის აუზში მთის ფერდობების ეროზიის კოეფიციენტის მნიშვნელობები

№	მდინარის დასახელება	წყალშემკრები აუზის ფართობი (კმ²)		ეროზიის კოეფიციენტის (E) მნიშვნელობები წლების მიხედვით					ეროზიის კლასი	ეროზიის ინტენსივობა წელიწადში (მ/ჰა)
		მთლიანი F_0 (კმ²)	ეროზირებული F_1(კმ²)	1980	1990	2000	2005	2010		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	სათავე	0,64	0,64	0,97	1,56	1,82	1,90	1,98	მეხუთე	50-10
2	ლონაური	31,32	22,2	0,77	1,24	1,45	1,51	1,57	მეხუთე	50-100
3	ლასკადურა	115,8	74,68	0,73	1,17	1,36	1,42	1,48	მეოთხე	10-50
4	ხანაშური	2,08	0,92	0,59	0,95	1,10	1,15	1,20	მეოთხე	10-50
5	ტვიბრა	1,96	0,96	0,62	1,00	1,16	1,22	1,26	მეოთხე	10-50
6	აშხაშური	24,48	14,84	0,70	1,13	1,31	1,37	1,43	მეოთხე	10-50
7	ყორულდაში	74,4	48,2	0,73	1,17	1,37	1,43	1,48	მეოთხე	10-50
8	ზესხო	61,0	40,0	0,73	1,18	1,38	1,44	1,49	მეოთხე	10-50
9	ლეტბორა	14,56	7,80	0,65	1,05	1,22	1,27	1,33	მეოთხე	10-50
10	ცხენისწყალი ლაფურამდე	18,44	15,16	0,85	1,37	1,59	1,66	1,73	მეხუთე	50-100
11	ლაფური	14,44	9,08	0,72	1,15	1,34	1,40	1,46	მეოთხე	10-50
12	შუშარა	17,84	12,24	0,75	1,22	1,42	1,48	1,54	მეხუთე	50-100
13	ღობიშური	58,2	34,48	0,69	1,11	1,29	1,35	1,41	მეოთხე	10-50
14	ცხენშური	21,2	5,2	0,45	0,73	0,85	0,88	0,92	მესამე	5-10

ცხრილი 2

ხარჯისა (A) და უზრუნველყოფის კოეფიციენტების (P%) დამოკიდებულება

(P%)–უზრუნველყოფის კოეფიციენტი	0,1	1	3	5	10	25	50
A – ხარჯის კოეფიციენტი	2,4	1	0,7	0,6	0,5	0,3	0,2

ანგარიშის შედეგები მოცემულია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3

მდ. ცხენისწყლის ღვარცოფულ შენაკადებში ღვარცოფის სხვადასხვა უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯის მნიშვნელობები

№	შენაკადის დასახელება	წყალშემკრები აუზის ფართობი	შენაკადის სიმაღლე ზღვის დონიდან H (მ)		შენაკადის სიგრძე L (კმ)	ქანობი i	ღვარცოფის სხვადასხვა უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯები $Q_{მაქს.}$ (მ³/წმ)		
			სათავე (მ)	შესართავი (მ)			0.1%	1%	10%
1	სათავე	0,64	2803	2320	1,2	0,4028	357	148	74
2	ლონაური	31,32	3240	872	10,3	0,2299	2471	1029	515
3	ლასკადურა	115,8	3200	700	20,9	0,1196	3565	1039	743
4	ხანაშური	2,08	2355	1224	3,1	0,3648	675	197	141
5	ტვიბრა	1,96	1580	1230	1,9	0,1842	389	114	81
6	აშხაშური	24,48	3205	1234	9,4	0,2096	1989	829	415
7	ყორულდაში	74,4	3415	1507,4	11,5	0,1658	3336	1390	695
8	ზესხო	61,0	2920	1507,4	13,2	0,1070	2263	943	472
9	ლეტბორა	14,56	2655	1460	6,4	0,1867	1336	557	279
10	ცხენისწყალი ლაფურამდე	18,44	2753	1892	5,9	0,1459	1312	546	273
11	ლაფური	14,44	2820	1892	4,75	0,1953	1372	572	286
12	შუშარა	17,84	2836	1767	5,8	0,1843	1499	625	313
13	ღობიშური	58,2	3000	1275	13,0	0,1326	2492	1038	519
14	ცხენშური	21,2	2900	1238	8,6	0,1932	1721	717	359

დასკვნა

ამრიგად, განხილულ და შესწავლილ იქნა მდ. ცხენისწყლის აუზის ღვარცოფული ტიპის 14 შენაკადის წყალშემკრებ აუზებში არსებული ეკოლოგიური მდგომარეობა. რის საფუძველზეც შეიძლება დავასკვნათ, რომ მდ. ცხენისწყლის ხეობაში დარღვეულია მდგრადი ეკოლოგიური ბალანსი, რაც საჭიროებს ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესების საწინააღმდეგო ღონისძიებების ჩატარებას ფიტო-მელიორაციული და სატყეო-მელიორაციული, საინჟინრო და კომპლექსური ხასიათის ღონისძიებების გატარების სახით, რათა მომავალში მდ. ცხენისწყლის ხეობაში აღდგენილ იქნეს ბალანსირებული ეკოლოგიური სიტუაცია, მიმდებარე ტერიტორიებზე მცხოვრები მოსახლეობისა და გარემოს უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად.

ლიტერატურა

1. **ბერუჩაშვილი ნ., დავითაშვილი ზ., ელიზბარაშვილი ნ.** საქართველოს გეოგრაფია. რეგიონები. თბილისი, საქართველოს მაცნე, 2001, 55 გვ.
2. **გავარდაშვილი გ., ჩახაია გ.** მდინარე აჭარისწყლის აუზში ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესების პროგნოზი და მისი შეფასება. //ჟ. "მეცნიერება და ტექნოლოგიები," №7-9, თბილისი, 2004, გვ. 61-66.
3. **მარუაშვილი ლ.** საქართველოს ფიზიკური გეოგრაფია. თბილისი, 1970, 43 გვ.
4. **ჩახაია გ.** მდინარე თერგის აუზში მთის ფერდობების ეროზიის კოეფიციენტის დადგენა. //"საქჰიდროეკოლოგიის" ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული, თბილისი, 2003, გვ. 162-164.
5. **ჩეკურიშვილი რ., გავარდაშვილი გ., ნადარაია მ.** მთის ლანდშაფტის კადასტრის შედგენა აეროკოსმოსური მეთოდების გამოყენებით (მეთოდური მითითებები). თბილისი, 1994, გვ. 48.

უაკ 556.013

რელიეფის ზედაპირის სქემატიზირებისა და წვიმისმიერი ჩამონადენის მოდელირების ზოგიერთი საკითხი

გურამ ჩიტიშვილი, ლენა კეკელიშვილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

რელიეფის ფორმის გათვალისწინება ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი რგოლია წვიმისმიერი ჩამონადენის ფორმირებისა და ასევე თანამდევი სხვა პროცესების მოდელირების საქმეში. ამ ფორმების სირთულისა და მრავალფეროვნების გამო, საჭირო ხდება მათი სქემატიზირება მარტივი გეომეტრიული ნაკვთების საშუალებით, როგორიცაა: მონაკვეთები, ბრტყელი კუთხეები, სიბრტყის ნაწილები და სხვ. სწორედ ამ ნაკვთების სიდიდეები განსაზღვრავს რელიეფის სქემატიზირების ძირითად ელემენტებს: ფერდობების სიგრძეს, დახრილობას და პროფილს, ასევე: ფერდობებიდან ჩამოდინებული წყლის კონცენტრირებული ნაკადების ტრასას, მის სიგრძეს და დახრილობას; წყალშემკრების საზღვრებს და ფართობებს; ცალკეული შენაკადების მახასიათებლებს და სხვ. ამ მახასიათებლების მნიშვნელობების დადგენა აუცილებელია როგორც ცალკე ფერდობებიდან ბრტყელი წვიმისმიერი ჩამონადენის, ისე კალაპოტიანი ნაკადის (მდინარის) და მათი ერთობლივი სისტემების მოდელირებისათვის; როგორც სტაციონარული, ისე დროებითი დინებებისათვის.

ძირითადი ნაწილი

წყალშემკრების ზედაპირის სქემატიზირების ერთ-ერთი მარტივი საშუალებაა მისი წარმოდგენა გადაშლილი წიგნის სახით, სადაც წიგნის გვერდები კონცენტრირებული წვიმისმიერი ნაკადის კალაპოტის შემადგენელ ფერდობებს განასახიერებს, ხოლო მათი თანაკვეთა წრფეა, რომელიც დინების მიმართულებას განსაზღვრავს [1]. ასეთი სახის სქემატიზირების შესაძლებლობები ერთობ შეზღუდულია, რადგან მისი საშუალებით შეუძლებელია ბრტყელი და კონცენტრირებული ნაკადების მიმართულებებისა და ქანობების ცვლილებათა გათვალისწინება დინების გასწვრივ. ამ ნაკლისაგან შესაძლებელია გათავისუფლება, თუკი წყალშემკრების სქემატიზირებას განვახორციელებთ არა ერთი, არამედ რიგი ასეთი ერთმანეთზე თანმიმდევრულად მიბმული ფორმების (კასკადის) განხილვით. ასეთ პირობებში კონცენტრირებული ნაკადის სხვადასხვა უბნებზე შესაძლებელია კალაპოტს ჰქონდეს სხვადასხვა ქანობი, მიმართულება და სიგანე, ხოლო მიმდებარე ფერდობებს – დახრილობა [1].

განვიხილოთ ორი ფერდობი, მათ შორის მოქცეული კალაპოტი და $Oxyz$ მართკუთხა კოორდინატთა სისტემა, სადაც Oxy ჰორიზონტალური სიბრტყეა, ხოლო z კოორდინატი სიმაღლეა ამ სიბრტყიდან რელიეფის წერტილამდე. ჩავთვალოთ, რომ გამოთვლითი ტექნიკის, არსებული მეთოდებისა და საშუალებების გამოყენებით შესაძლებელია Oxy სიბრტყის ყოველი წერტილისათვის განისაზღვროს რელიეფის შესაბამისი z კოორდინატის მნიშვნელობა. დასაწყისისათვის, კოორდინატთა სათავე ავიღოთ ნებისმიერად, ხოლო Ox ღერძი მივმართოთ დინების საორიენტაციო მიმართულების გასწვრივ. x არგუმენტს მივანიჭოთ ცალკეული კონკრეტული მნიშვნელობები $x = x_j$ (j=1,2, ...) და განვიხილოთ $z_j = f_j(x_j, y)$ ფუნქციები. y არგუმენტის ვარირებით ყოველი ასეთი ფუნქციის გრაფიკი იძლევა რელიეფის განივკვეთის სურათს. შემდგომი ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ სქემატიზირებისა და

მოდელირებისათვის საჭირო მაჩვენებლები განისაზღვროს f_j ფუნქციების გამოყენებით.

x_p, y_p და z_p ასოებით პირობითად აღვნიშნოთ მარჯვენა წყალგამყოფის კოორდინატები; x_q, y_q და z_q-თი – მარცხენასი; ხოლო x_k, y_k და z_k-თი – ტალვეგის (წყალსაერთი), მაშინ ამ მრუდების შესაბამისი ფუნქციები ცხადი სახით იქნება $z_p = f_p(x_p, y_p)$, $z_q = f_q(x_q, y_q)$, და $z_k = f_k\ (x_k, y_k)$; ანალოგიურად შემოვიღოთ კალაპოტის მარჯვენა და მარცხენა ფერდობების ფუძეების განმსაზღვრელი მრუდების შესაბამისი ფუნქციები; მარჯვენა ფერდობისათვის $z_m = f_m(x_m, y_m)$ და მარცხენა ფერდობისათვის $z_n = f_n(x_n, y_n)$.

რეალურად, f ფუნქციების განსაზღვრა შესაძლებელია წერტილ-წერტილ რიცხვითი ცხრილების საშუალებით; მაგალითად, რომ განისაზღვროს f_j ფუნქციის მნიშვნელობა, საჭიროა წინასწარ დასახელებულ x_j კოორდინატთან ერთად წყვილში დასახელდეს შესაბამისი y_i კოორდინატის მნიშვნელობაც. თუ y_i კოორდინატები დასახელდება საკმარისი სიხშირით, მაშინ შესაძლებელია აიგოს რელიეფის განივი კვეთი Oyz სიბრტყეზე, რომელიც ნახაზზეა ნაჩვენები.

სხვა f ფუნქციების შესაბამისი ცხრილების შესადგენად ვისარგებლოთ შემდეგი წესებით:

ა) მარჯვენა და მარცხენა წყალგამყოფების შესაბამის წერტილებს რელიეფის განივ კვეთზე განსაზღვრავს მისი გრაფიკის მაქსიმუმის წერტილები;

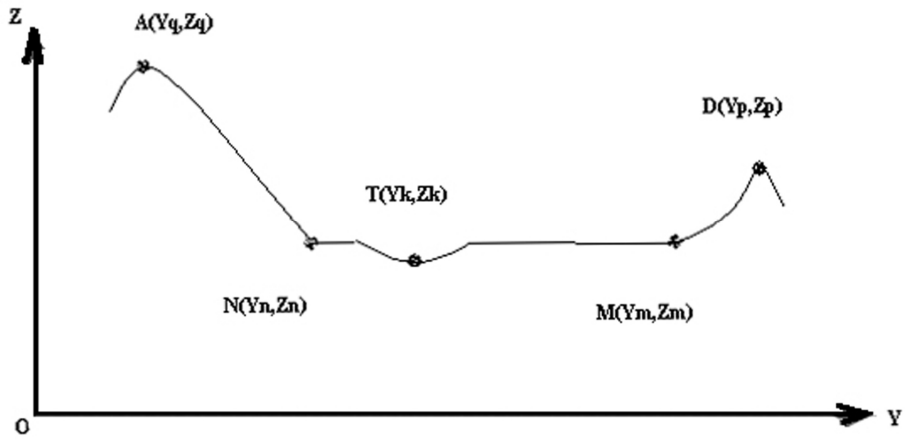
ბ) ტალვეგის შესაბამის წერტილს განსაზღვრავს ამ გრაფიკის მინიმუმის წერტილი;

გ) რელიეფის j-ურ კვეთზე ვაფიქსირებთ მისი კალაპოტის ფსკერის სიგანის ტოლ MN მონაკვეთს, შემდეგ მისი მარჯვენა და მარცხენა ბოლოების x_j და z_j კოორდინატებს ვუტოლებთ შესაბამისად x_n, x_m, z_n და z_m-ს; სხვაობა $B(j) = x_m - x_n$ განსაზღვრავს კალაპოტის სიგანეს. ფერდობების ფუძეების z კოორდინატები მიახლოებით შეიძლება გავუტოლოთ ტალვეგისას, ე.ი. $z_m = z_n = z_k$. თუ ფერდობების ფუძეები ახლოსაა ერთმანეთთან, მაშინ მათი მრუდები ერთმანეთს ემთხვევა და გადადის ტალვეგის შესაბამის მრუდში;

დ) რელიეფის კვეთის ფერდობების შესაბამისი DN და AN შტოების სიმრუდის შეფასებით შესაძლებელია განისაზღვროს მათი ჩაზნექილობისა და ამოზნექილობის ხარისხი

ამრიგად, რელიეფის ერთი კვეთის მონაცემები საშუალებას იძლევა განისაზღვროს თითო წერტილის კოორდინატები ხუთივე მრუდზე: A და D-სი – წყალგამყოფებზე, M და N-ის – ფერდობების ფუძეებზე და T-სი – ტალვეგზე, (ნახ. 1). ამრიგად, რელიეფის დაფიქსირებულ კვეთთა რაოდენობა განსაზღვრავს აღნიშნული მრუდების ასახვის სისრულეს.

განვიხილოთ ξ ღერძი, რომელიც მიმართულია ფერდობებს შორის კონცენტრირებული წყლის ნაკადის გასწვრივ, იწყება მის სათავეში და არის ხუთივე მახასიათებელი მრუდის საერთო გადაკვეთის წერტილი. რელიეფის განივი კვეთის ამსახველი f_j ფუნქციების დანომვრა დავიწყოთ ამ წერტილიდან, სადაც იგი თვითონ წარმოადგენს წერტილს და გვაქვს:



ნახ. 1. რელიეფის x_j განივი კვეთის სქემა

$f_1 = z_1 = z_{p1} = z_{q1} = z_{k1} = z_{m1} = z_{n1} : x_j = x_{pj} =$
$= x_{qj} = x_{kj} = x_{mj} = x_{nj};$

$$y_1 = y_{p1} = y_{q1} = y_{k1} = y_{m1} = y_{n1}.$$

ზემოთ აღწერილი წესების გამოყენებით შეგვიძლია შევადგინოთ x, y და z კოორდინატების ცხრილები, მაგალითად, f_p ფუნქციისათვის: $x_{p1}, x_{p2}, \dots x_{pj} \dots$; $y_{p1}, y_{p2}, \dots y_{pj} \dots$; $z_{p1}, z_{p2}, \dots z_{pj} \dots$ და ანალოგიურად f_q, f_m, f_n და f_k ფუნქციებისათვის.

თუ ξ ღერძს წარმოვადგენთ ტეხილის სახით, მაშინ გვექნება

$$\xi_{j+1} = \xi_j + \sqrt{(x_{kj+1} - x_j)^2 + (y_{kj+1} - y_j)^2 + (z_{kj+1} - z_j)^2}\ , \quad (1)$$

სადაც $j = 1,2, \dots$, $\xi_1 = 0$.

ξ ღერძის ჰორიზონტთან დახრის კუთხე განისაზღვრება ფორმულით

$$tg\varphi = \frac{z_{kj} - z_{kj+1}}{\sqrt{(x_{kj+1} - x_{kj})^2 + (y_{kj+1} - y_{kj})^2}}, \quad (2)$$
$$\xi_j < \xi < \xi_{j+1}.$$

რადგან ფერდობებზე წვიმის წყლის ჩამოდინება ხდება მაქსიმალური დაქანების მიმართულებით, ამიტომ ზემოთ მოყვანილი ცხრილების საშუალებით შეიძლება განისაზღვროს ფერდობის სიგრძე და ქანობი, მარჯვენა ფერდობისათვის გვექნება შემდეგი ფორმულები:

$$L_1(\xi_j) = \sqrt{(y_{pj} - y_{mj})^2 + (z_{pj} - z_{mj})^2}\ , \quad (3)$$

$$tg\theta_1(\xi_j) = \frac{z_{pj} - z_{mj}}{|y_{pj} - y_{mj}|}; \quad (4)$$

მარცხენა ფერდობისათვის

$$L_2(\xi_j) = \sqrt{(y_{qj} - y_{nj})^2 + (z_{qj} - z_{nj})^2}\ , \quad (5)$$

$$tg\ \theta_2\ (\xi_j) = \frac{z_{qj} - z_{nj}}{|y_{qj} - y_{nj}|}. \quad (6)$$

თუ კოორდინატებისა და სხვადასხვა მაჩვენებელთა მნიშვნელობების ცვლილებას მეზობელ წერტილთა, ე.ი. j და j+1 ნიშნაკიან წერტილთა შორის გამოვსახავთ წრფივი აპროქსიმაციის ფორმულების გამოყენებით, მაშინ გვექნება

$$y_p = \frac{y_{pj} x_{j+1} - y_{pj+1} x_j + (y_{pj+1} - y_{pj})x}{x_{j+1} - x_j}, \quad (7)$$
$$x_j < x < x_{j+1}\ \ (j = 1,2,\dots j_{\max})$$

თუ ფორმულას ანალოგიურად ჩავწერთ y_q კოორდინატისათვის, მაშინ შეიძლება მივიღოთ წყალშემკრების ფართობის ფორმულა

$$S = \sum_{j=1}^{j_{\max}-1} \int_{x_j}^{x_{j+1}} (y_p - y_q)dx = 0{,}5 \sum_{j=1}^{j_{\max}-1} (y_{pj} - y_{qj} + \quad (8)$$
$$+ y_{p+1} - y_{q+1})(x_{j+1} - x_j)$$

ბუნებრივია, (8) ფორმულა წარმოადგენს რიგ ტრაპეციათა ფართობების ჯამს.

თუ ასეთი წესით ჩავწერთ ფორმულებს y_k, y_m, y_n კოორდინატებისათვის, მაშინ (8) ფორმულის მსგავსად ჩაიწერება ფორმულები: წყალშემკრების ფართობის ტალვეგიდან მარჯვნივ მდებარე ნაწილისათვის, მარცხნივ მდებარე ნაწილისა და კალაპოტის შესაბამისი ფართობისათვის.

ზოგჯერ საჭიროა განისაზღვროს რელიეფის ან ნაკადის რომელიღაც χ მახასიათებლის საშუალო მნიშვნელობა ნაკადის სიგრძეზე, როდესაც ცნობილია მისი ცალკეული χ_j მნიშვნელობები. თუ ასეთ შემთხვევაში (7) ფორმულას გამოვიყენებთ χ ფუნქციისათვის და გავაინტეგრირებთ მას, მივიღებთ ფორმულას

$$\overline{\chi} = \frac{1}{x_{\max}} \int_0^{x_{\max}} \chi dx = \frac{1}{2x_m} \sum_{j=1}^{j_{\max}-1} (\chi_{j+1} + \chi_j)(x_{j+1} - x_j). \quad (9)$$

განხილული სქემის მიხედვით წყალგამყოფები ორივე მხარეს თან მიჰყვება კალაპოტს და სხვადასხვა წერტილებში ებჯინება მას. ამრიგად, წყალშემკრები გადაჭიმულია წყალგამყოფების გადაკვეთის წერტილიდან მიბჯენის უშორეს წერტილამდე. თუ რელიეფის განსახილველი წყალშემკრების მთელი ფართობისათვის განივი კვეთების აგება დასრულებულია, მაშინ მათ შორის უკანასკნელი განსაზღვრავს ამ წერტილს და $b_{ჯ\ მახ} = b_{მახ}$.

დასკვნა

χ ფუნქციის როლში შესაძლებელია გვქონდეს სიდიდეები, რომლებიც მთლიანადაა დამოკიდებული რელიეფის მაჩვენებლებზე, მაგალითად, ფერდობების, ტალვეგისა და წყალგამყოფების ქანობები და სიგრძეები, მათი სიმქისის მაჩვენებლები და სხვ. მაგრამ წვიმისმიერი ჩამონადენის მოდელირების პროცესში, აგრეთვე საჭირო ხდება ისეთი მახასიათებლების საშუალო მნიშვნელობების გაანგარიშება, რომლებიც არ განისაზღვრება მხოლოდ რელიეფის მაჩვენებლებით, საჭიროებს რიგი გამარტივებებისა და დაშვებების მიღებას მახასიათებელთა მთელი კომპლექსებისათვის, რომლებსაც განსაზღვრავს მათი საანგარიშო დამოკიდებულებები. ასეთი მახასიათებლების მაგალითად შეგვიძლია მოვიყვანოთ წვიმისმიერი ნაკადის ჩამოდინების დრო, რომელიც კალაპოტის სიგრძისა და ნაკადის სიჩქარის საშუალო მნიშვნელობის თანაფარდობით განისაზღვრება [2], ისე ნაკადის ცალკეული მახასიათებლები, მოსალოდნელი ეროზიის ინტენსივობა და სხვ.

ლიტერატურა

1. **Кучмент Л.С.** Модели процессов формирования речного стока. Л.: Гидрометеоиздат, 1980, 143 с.
2. **Чеботарёв А.И.** Общая гидрология. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 544 с.

უაკ 628.:394

წყალსატევების წყლის დაბინძურების ხარისხის დესკრიფციული მოდელირება

ზაურ ციხელაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

ზედაპირული წყლის ობიექტები (წყალსაცავები, მდინარეები, ტბები და სხვ.) რთული კომპლექსური სისტემებია, რომლებიც გამოიყენება წყალსარგებლობის ცალკეული კატეგორიების მიხედვით (სასმელ-სამეურნეო წყალსარგებლობა, სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო წყალსარგებლობა, თევზსამეურნეო წყალსარგებლობა).

საქართველოს კანონის „*სურსათის უვნებლობის და ხარისხის შესახებ*“ თანახმად, საფრთხე არის ის ბიოლოგიური, ქიმიური და ფიზიკური აგენტი, რომელიც სასურსათო პროდუქტში (წყალში) ან ცხოველის საკვებში მოხვედრის შემთხვევაში ზიანს აყენებს ადამიანის ჯანმრთელობას ან სიცოცხლეს [1]. დადგენილია, რომ სურსათით ჯანმრთელობაზე გამოწვეული საფრთხის არასასურველი ზეგავლენა და მისი სიმძიმის ალბათობა არის რისკი ადამიანის ორგანიზმისათვის, რომელიც 30-90%-ს აღწევს. მისი გამომწვევი კი შეიძლება იყოს როგორც ქიმიური, ისე ბიოლოგიური და ფიზიკური წარმოშობის საფრთხეები, რომელთა შემცველობა სურსათში რეგულირდება მოქმედი ჰიგიენური ნორმების პრინციპებით.

ძირითადი ნაწილი

წყალსატევების ზედაპირული წყლის ხარისხის ნორმირება არის წყლის შემადგენლობისა და თვისებების მაჩვენებლების დადგენა, რომლებიც საიმედოდ უზრუნველყოფს მოსახლეობის ჯანმრთელობას, წყალსარგებლობის ხელსაყრელ პირობებს და წყალსატევების ეკოლოგიურ სისუფთავეს.

წყალსაცავების წყლის ხარისხის ნორმების დადგენა ხდება წყალსარგებლობის ცალკეული კატეგორიების მიხედვით:

- სასმელ-სამეურნეო წყალსარგებლობა;
- სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო წყალსარგებლობა;
- თევზსამეურნეო წყალსარგებლობა, რომელიც თავის მხრივ იყოფა უმაღლეს, პირველ და მეორე კატეგორიებად.

სასმელ-სამეურნეო წყალსარგებლობის კატეგორიას მიეკუთვნება წყალსატევები, რომელთა წყლის რესურსები გამოიყენება სასმელ-სამეურნეო მიზნებისათვის.

სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო წყალსარგებლობის კატეგორიას მიეკუთვნება წყალსატევები, რომელთა წყლის რესურსებით სარგებლობა წარმოებს სარეკრეაციო მიზნებისათვის, ან დასახლებული პუნქტების ფარგლებში.

თევზსამეურნეო წყალსარგებლობის კატეგორიას მიეკუთვნება წყალსატევები, ან მათი ნაწილები, რომლებიც გამოიყენება თევზის მარაგის აღწარმოებისათვის, თევზრეწვისა და თევზის მიგრაციისათვის, მათ შორის:

- უმაღლეს კატეგორიას განეკუთვნება წყალსატევების ის უბნები, სადაც არსებობს საქვირითე ადგილები, გამოსაზამთრებელი ორმოები განსაკუთრებულად ძვირფასი ჯიშის თევზებისათვის; დაცული ტერიტორიები, სადაც მიმდინარეობს ხელოვნური მოშენება;
- პირველ კატეგორიას განეკუთვნება წყალსატევები, გამოყენებული ძვირფასი ჯიშის თევზების შენარჩუნებისა და აღწარმოებისათვის, რომლებსაც ახასიათებს მაღალი მგრძნობიარობა წყალში ჟანგბადის შემცველობაზე;
- მეორე კატეგორიას განეკუთვნება წყალსატევები, რომლებიც გამოიყენება სხვა თევზსამეურნეო მიზნებისათვის.

ზედაპირული წყლების შემადგენლობის და თვისებების დადგენილი ნორმატივები წყალსარგებლობის კატეგორიების მიხედვით მოყვანილია №1 და №2 დანართებში.

(იხ. საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის მინისტრის ბრძანება №130, 1996 წლის 17 სექტემბერი, ქ. თბილისი „საქართველოს ზედაპირული წყლების დაბინძურებისაგან დაცვის წესების დამტკიცების შესახებ“).

დანართი 1 და 2-ის მონაცემების საფუძველზე, გადაწყვეტილია წყალსატევების წყლის, როგორც სასურსათო ნედლეულის, ხარისხის დესკრიფციული მოდელირების აგების შესაძლებლობა დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების შესაბამისად, წყალსარგებლობის აღნიშნული კატეგორიების მიხედვით.

მონაცემები დესკრიფციული მოდელების შესადგენად სასმელ-სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო წყალსარგებლობის წყალსატევებისთვის მოყვანილია ცხრ. 1-ში, ხოლო თევზსამეურნეო წყალსარგებლობის წყალსატევებისთვის ცხრ. 2-ში. შესაბამისად. ცხრ. 1-ში მოყვანილი ქიმიური ინგრედიენტების მიხედვით სასმელ-სამეურნეო წყალსარგებლობის წყალსატევებისათვის შედგენილია წყლის დაბინძურების ხარისხის შეფასების დესკრიფციული მოდელები (ცხრ. 3). აგრეთვე ცხრ. 2-ში მოყვანილი ინგრედიენტებისთვის თევზსამეურნეო წყალსარგებლობის წყალსატევებისათვის აგებულია წყლის დაბინძურების ხარისხის შეფასების დესკრიფციული მოდელები (ცხრ. 4).

ცხრილი 1

მონაცემები დესკრიფციული მოდელების შესადგენად სასმელ-სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო წყალსარგებლობის წყალსატევებისათვის

№	ინგრედიენტის დასახელება	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ)	ინგრედიენტის მნიშვნელობა ხარისხობრივ-კრიტერიალური შეფასების შესაბამისად (d=0,2→ცუდი, d=0,9→კარგი)
1	2	3	4
1	ამონიუმის აზოტი	0,39	ამონ=0,1 → d=0,7; ამონ=0,5 → d=0,2
2	ალუმინი	0,5	ალ=0,1 → d=0,8; ალ=0,7 → d=0,2
3	ბარიუმი	0,1	ბარ=0,02 → d=0,8; ბარ=0,15 → d=0,2
4	ბერილიუმი	0,0002	ბერ=0,0001 → d=0,8; ბერ=0,0009 → d=0,2
5	ბორი	0,5	ბორ=0,02 → d=0,8; ბორ=0,7 → d=0,2
6	დარიშხანი	0,05	დარ=0,01 → d=0,8; დარ=0,08 → d=0,2
7	ვანადიუმი	0,1	ვან=0,01 → d=0,8; ვან=0,15 → d=0,2
8	ვერცხლისწყალი	0,0005	ვერც=0,00005 → d=0,8; ვერც=0,0008 → d=0,2
9	ვოლფრამი	0,005	ვოლფ=0,008 → d=0,8; ვოლფ=0,009 → d=0,2
10	თუთია	1,0	თუთ=0,2 → d=0,8; თუთ=1,4 → d=0,2
11	კადმიუმი	0,001	კადმ=0,0001 → d=0,8; კადმ=0,003 → d=0,2
12	კობალტი	0,1	კობ=0,05 → d=0,8; კობ=0,18 → d=0,2
13	კაპროლაქტამი	1,0	კაპრ=0,2 → d=0,8; კაპრ=1,5 → d=0,2
14	მანგანუმი	0,1	მანგ=0,05 → d=0,8; მანგ=0,18 → d=0,2
15	მოლიბდენი	0,25	მოლ=0,1 → d=0,8; მოლ=0,35 → d=0,2
16	ნიტრატები	45,0	ნიტრა=10,1 → d=0,8; ნიტრა=55 → d=0,2
17	ნიტრიტები	3,3	ნიტრ=1,0 → d=0,8; ნიტრ=5 → d=0,2
18	ნიკელი	0,1	ნიკ=0,05 → d=0,8; ნიკ=0,18 → d=0,2
19	რკინა	0,3	რკ=0,1 → d=0,8; რკ=0,5 → d=0,2
20	სელენი	0,001	სელ=0,0005 → d=0,8; სელ=0,008 → d=0,2
21	სპილენძი	1,0	სპ=0,05 → d=0,8; სპ=1,5 → d=0,2
22	სულფატები	500,0	სულფ=50 → d=0,8; სულფ=600 → d=0,2
23	სტიბიუმი	0,05	სტიბ=0,02 → d=0,8; სტიბ=0,1 → d=0,2
24	ტალიუმი	0,0001	ტალ=0,00005 → d=0,8; ტალ=0,007 → d=0,2

ცხრილი 1 (გაგრძელება)

1	2	3	4
25	ტიტანი	0,1	ტიტ=0,02 → d=0,8; ტალ=0,15 → d=0,2
26	ტყვია	0,03	ტყ=0,01 → d=0,8; ტყ=0,7 → d=0,2
27	ტელური	0,01	ტელ=0,005 → d=0,8; ტელ=0,05 → d=0,2
28	ფოსფორი	0,0001	ფოსფ=0,00008 → d=0,8; ფოსფ=0,05 → d=0,2
29	ფტორიდები	0,05	ფტორ=0,02 → d=0,8; ფტორ=0,1 → d=0,2
30	ქლორიდები	350,0	ქლორ=35 → d=0,8; ქლორ=450 → d=0,2
31	ქრომი	0,1	ქრ=0,05 → d=0,8; ქრ=0,15 → d=0,2
32	ციანიდები	0,1	ციან=0,05 → d=0,8; ციან=0,15 → d=0,2
33	ეთილენი	0,5	ეთ=0,1 → d=0,8; ეთ=0,9 → d=0,2
34	სზან	0,1	სზან=0,02 → d=0,8; სზან=0,15 → d=0,2
35	მეთანოლი	0,3	მეთ=0,5 → d=0,8; მეთ=4 → d=0,2
36	ნავთობპროდუქტები	0,3	ნავთ=0,05 → d=0,8; ნავთ=1,5 → d=0,2
37	ფორმალდეჰიდი	0,05	ფორმ=0,001 → d=0,8; ფორმ=0,09 → d=0,2
38	აცეტონი	2,2	აცეტ=0,08 → d=0,8; აცეტ=3,5 → d=0,2
39	ბუთილის სპირტი	0,1	ბუთ=0,02 → d=0,8; ბუთ=0,15 → d=0,2
40	ფენოლები	0,001	ფენ=0,0001 → d=0,8; ფენ=0,005 → d=0,2

ცხრილი 2

მონაცემები დესკრიფციული მოდელების შესადგენად თევზსამეურნეო წყალსარგებლობის წყალსატევებისათვის

№	ინგრედიენტის დასახელება	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ)	ინგრედიენტის მნიშვნელობა ხარისხობრივ-კრიტერიალური შეფასების შესაბამისად (d=0,2→ცუდი, d=0,9→კარგი)
1	2	3	4
1	ამონიუმის აზოტი	0,39	ამონ=0,1 → d=0,8; ამონ=0,5 → d=0,2
2	ალუმინი	0,5	ალ=0,1 → d=0,8; ალ=0,7 → d=0,2
3	ბარიუმი	2,0	ბარ=0,5 → d=0,8; ბარ=3,0 → d=0,2
4	ბერილიუმი	0,0002	ბერ=0,0001 → d=0,8; ბერ=0,0009 → d=0,2
5	ბორი	10,0	ბორ=1,0 → d=0,8; ბორ=15 → d=0,2
6	დარიშხანი	0,05	დარ=0,01 → d=0,8; დარ=0,1 → d=0,2
7	ვანადიუმი	0,001	ვან=0,0009 → d=0,8; ვან=0,003 → d=0,2
8	ვერცხლისწყალი	0,00001	ვერც=0,000001 → d=0,8; ვერც=0,009 → d=0,2
9	ვოლფრამი	0,0008	ვოლფ=0,0001 → d=0,8; ვოლფ=0,001 → d=0,2
10	თუთია	0,01	თუთ=0,009 → d=0,8; თუთ=0,05 → d=0,2
11	კადმიუმი	0,005	კადმ=0,0009 → d=0,8; კადმ=0,09 → d=0,2
12	კობალტი	0,01	კობ=0,005 → d=0,8; კობ=0,09 → d=0,2
13	კაპროლაქტამი	1,0	კაპრ=0,2 → d=0,8; კაპრ=1,5 → d=0,2
14	მანგანუმი	0,01	მანგ=0,05 → d=0,8; მანგ=0,09 → d=0,2
15	მოლიბდენი	0,012	მოლ=0,008 → d=0,8; მოლ=0,04 → d=0,2
16	ნიტრატები	40,0	ნიტრა=5 → d=0,8; ნიტრა=50 → d=0,2
17	ნიტრიტები	0,08	ნიტრი=1,0 → d=0,8; ნიტრი=0,15 → d=0,2
18	ნიკელი	0,01	ნიკ=0,005 → d=0,8; ნიკ=0,09 → d=0,2
19	რკინა	0,005	რკ=0,0008 → d=0,8; რკ=0,05 → d=0,2
20	სელენი	0,0016	სელ=0,0008 → d=0,8; სელ=0,05 → d=0,2
21	სპილენძი	0,001	სპ=0,0001 → d=0,8; სპ=0,009 → d=0,2
22	სულფატები	100,0	სულფ=10 → d=0,8; სულფ=120 → d=0,2
23	სტიბიუმი	0,05	სტიბ=0,02 → d=0,8; სტიბ=0,1 → d=0,2

ცხრილი 2 (გაგრძელება)

1	2	3	4
24	ტალიუმი	0,0001	ტალ=0,00005 → d=0,8; ტალ=0,007 → d=0,2
25	ტიტანი	0,1	ტიტ=0,02 → d=0,8; ტალ=0,15 → d=0,2
26	ტყვია	0,1	ტყ=0,02 → d=0,8; ტყ=0,15 → d=0,2
27	ტელური	0,0028	ტელ=0,001 → d=0,8; ტელ=0,0035 → d=0,2
28	ფოსფორი	0,0001	ფოსფ=0,00008 → d=0,8; ფოსფ=0,008 → d=0,2
29	ფტორიდები	0,05	ფტორ=0,02 → d=0,8; ფტორ=0,1 → d=0,2
30	ქლორიდები	300,0	ქლორ=10 → d=0,8; ქლორ=380 → d=0,2
31	ქრომი	0,001	ქრ=0,0008 → d=0,8; ქრ=0,05 → d=0,2
32	ციანიდები	0,05	ციან=0,0,, → d=0,8; ციან=0,7 → d=0,2
33	ეთილენი	0,5	ეთ=0,1 → d=0,8; ეთ=1,0 → d=0,2
34	სზან	0,1	სზან=0,02 → d=0,8; სზან=0,15 → d=0,2
35	მეთანოლი	0,1	მეთ=0,05 → d=0,8; მეთ=0,18 → d=0,2
36	ნავთობპროდუქტები	0,05	ნავთ=0,008 → d=0,8; ნავთ=0,15 → d=0,2
37	ფორმალდეჰიდი	0,01	ფორმ=0,008 → d=0,8; ფორმ=0,08 → d=0,2
38	აცეტონი	0,05	აცეტ=0,08 → d=0,8; აცეტ=0,15 → d=0,2
39	ბუთილის სპირტი	0,03	ბუთ=0,01 → d=0,8; ბუთ=0,15 → d=0,2
40	ფენოლები	0,001	ფენ=0,0001 → d=0,8; ფენ=0,005 → d=0,2

ცხრილი 3

დესკრიფციული მოდელები სასმელ-სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო წყალსარგებლობის წყალსატევებისთვის

№	ინგრედიენტის დასახელება	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ)	დესკრიფციული მოდელი d∈[0,1]	$d_{ზდკ}$
1	2	3	4	
1	ამონიუმის აზოტი	0,39	$d_{ამონ}=exp[-exp(-1,994+4,94_{ამონ})]$	0,39
2	ალუმინი	0,5	$d_{ალ}=exp[-exp(-1,829+3,293_{ალ})]$	0,43
3	ბარიუმი	0,1	$d_{ბარ}=exp[-exp(-1,8+25,2_{ბარ})]$	0,46
4	ბერილიუმი	0,0002	$d_{ბერ}=exp[-exp(-1,747+3,479_{ბერ})]$	0,75
5	ბორი	0,5	$d_{ბორ}=exp[-exp(-1,56+2,9_{ბორ})]$	0,41
6	დარიშხანი	0,05	$d_{დარ}=exp[-exp(-1,78+28,23_{დარ})]$	0,50
7	ვანადიუმი	0,1	$d_{ვან}=exp[-exp(-1,64+14,11_{ვან})]$	0,45
8	ვერცხლისწყალი	0,0005	$d_{ვერცხ}=exp[-exp(-1,63+2634,7_{ვერცს})]$	0,48
9	ვოლფრამი	0,005	$d_{ვოლფ}=exp[-exp(-1,69+240,97_{ვოლფ})]$	0,54
10	თუთია	1,0	$d_{თუთ}=exp[-exp(-1,829+1,646_{თუთ})]$	0,42
11	კადმიუმი	0,001	$d_{კადმ}=exp[-exp(-1,57+681,3_{კადმ})]$	0,66
12	კობალტი	0,1	$d_{კობ}=exp[-exp(-2,26+15,2_{კობ})]$	0,62
13	კაპროლაქტამი	1,0	$d_{კაპრ}=exp[-exp(-1,8+1,52_{კაპრ})]$	0,47
14	მანგანუმი	0,1	$d_{მანგ}=exp[-exp(-2,26+15,2_{მანგ})]$	0,62
15	მოლიბდენი	0,25	$d_{მოლ}=exp[-exp(-2,29+7,9_{მოლ})]$	0,48
16	ნიტრატები	45,0	$d_{ნიტრ}=exp[-exp(-1,994+0,044_{ნიტრ})]$	0,36
17	ნიტრიტები	3,3	$d_{ნიტრი}=exp[-exp(-1,994+0,494_{ნიტრი})]$	0,50
18	ნიკელი	0,1	$d_{ნიკ}=exp[-exp((-2,26+15,2_{ნიკ})]$	0,62
19	რკინა	0,3	$d_{რკ}=exp[-exp(-1,994+4,94_{რკ})]$	0,55
20	სელენი	0,001	$d_{სელ}=exp[-exp(-1,63+263,5_{სელ})]$	0,77
21	სპილენძი	1,0	$d_{სპ}=exp[-exp(-1,57+1,36_{სპ})]$	0,44

ცხრილი 3 (გაგრძელება)

1	2	3	4	
22	სულფატები	500,0	$d_{სულფ}=exp[-exp(-1,68+0,0036_{სულფ})]$	0,33
23	სტიბიუმი	0,05	$d_{სტიბ}=exp[-exp(-1,994+24,7_{სტიბ})]$	0,62
24	ტალიუმი	0,0001	$d_{ტალ}=exp[-exp(-1,514+284,32_{ტალ})]$	0,79
25	ტიტანი	0,1	$d_{ტიტ}=exp[-exp(-1,804+15,2_{ტიტ})]$	0,47
26	ტყვია	0,03	$d_{ტყ}=exp[-exp(-1,529+2,86_{ტყ})]$	0,78
27	ტელური	0,01	$d_{ტელ}=exp[-exp(-1,719+43,9_{ტელ})]$	0,75
28	ფოსფორი	0,0001	$d_{ფოსფ}=exp[-exp(-1,52+249,5_{ფოსფ})]$	0,79
29	ფტორიდები	0,05	$d_{ფტორ}=exp[-exp(-1,994+24,7_{ფტორ})]$	0,62
30	ქლორიდები	350,0	$d_{ქლორ}=exp[-exp(-1,67+0,0048_{ქლორ})]$	0,37
31	ქრომი $Cr^{(+6)}$	0,1	$d_{ქრ}=exp[-exp(-2,488+19,76_{ქრ})]$	0,55
32	ციანიდები	0,1	$d_{ციან}=exp[-exp(-2,488+19,76_{ციან})]$	0,55
33	ეთილენი	0,5	$d_{ეთ}=exp[-exp(-1,747+2,47_{ეთ})]$	0,55
34	სზან	0,1	$d_{სზან}=exp[-exp(-1,804+15,2_{სზან})]$	0,47
35	მეთანოლი	0,3	$d_{მეთ}=exp[-exp(-1,78+0,564_{მეთ})]$	0,40
36	ნავთობპროდუქტები	0,3	$d_{ნავთ}=exp[-exp(-1,568+1,363_{ნავთ})]$	0,73
37	ფორმალდეჰიდი	0,05	$d_{ფორმ}=exp[-exp(-1,52+22,2_{ფორმ})]$	0,51
38	აცეტონი	2,2	$d_{აცეტ}=exp[-exp(-1,546+0,578_{აცეტ})]$	0,46
39	ბუთილის სპირტი	0,1	$d_{ბუთ}=exp[-exp(-1,804+15,2_{ბუთ})]$	0,47
40	ფენოლები	0,001	$d_{ფენ}=exp[-exp(-1,54+403,27_{ფენ})]$	0,72

ცხრილი 4

დესკრიფციული მოდელები შედგენილი თევზსამეურნეო წყალსარგებლობის წყალსატევებისთვის

№	ინგრედიენტის დასახელება	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ)	დესკრიფციული მოდელი d∈[0,1]	$d_{ზდკ}$
1	2	3	4	
1	ამონიუმის აზოტი	0,39	$d_{ამონ}=exp[-exp(-1,994+4,94_{ამონ})]$	0,39
2	ალუმინი	0,5	$d_{ალ}=exp[-exp(-1,829+3,293_{ალ})]$	0,43
3	ბარიუმი	0,1	$d_{ბარ}=exp[-exp(-1,895+0,79_{ბარ})]$	0,48
4	ბერილიუმი	0,0002	$d_{ბერ}=exp[-exp(-1,747+2470_{ბერ})]$	0,75
5	ბორი	10,0	$d_{ბორ}=exp[-exp(-1,64+0,14_{ბორ})]$	0,46
6	დარიშხანი	0,05	$d_{დარ}=exp[-exp(-1,719+21,96_{დარ})]$	0,58
7	ვანადიუმი	0,001	$d_{ვან}=exp[-exp(-2,34+940,95_{ვან})]$	0,78
8	ვერცხლისწყალი	0,00001	$d_{ვერცხ}=exp[-exp(-1,5+219,58_{ვერცს})]$	0,79
9	ვოლფრამი	0,0008	$d_{ვოლფ}=exp[-exp(-1,719+2195,5_{ვოლფ})]$	0,36
10	თუთია	0,01	$d_{თუთ}=exp[-exp(-1,93+48,2_{თუთ})]$	0,79
11	კადმიუმი	0,005	$d_{კადმ}=exp[-exp(-1,52+22,18_{კადმ})]$	0,78
12	კობალტი	0,01	$d_{კობ}=exp[-exp(-1,62+23,25_{კობ})]$	0,77
13	კაპროლაქტამი	1,0	$d_{კაპრ}=exp[-exp(-1,8+1,52_{კაპრ})]$	0,47
14	მანგანუმი	0,01	$d_{მანგ}=exp[-exp(-1,62+23,25_{მანგ})]$	0,77
15	მოლიბდენი	0,012	$d_{მოლ}=exp[-exp(-1,994+61,7_{მოლ})]$	0,75
16	ნიტრატები	40,0	$d_{ნიტრ}=exp[-exp(-1,72+0,044_{ნიტრ})]$	0,35
17	ნიტრიტები	0,08	$d_{ნიტრი}=exp[-exp(-1,64+14,11_{ნიტრი})]$	0,55
18	ნიკელი	0,01	$d_{ნიკ}=exp[-exp((-1,62+23,25_{ნიკ})]$	0,77
19	რკინა	0,005	$d_{რკ}=exp[-exp(-1,53+40,16_{რკ})]$	0,77
20	სელენი	0,0016	$d_{სელ}=exp[-exp(-1,53+40,16_{სელ})]$	0,77

ცხრილი 4 (გაგრძელება)

1	2	3	4	
21	სპილენძი	0,001	$d_{სპ}=\exp[-\exp(-1{,}52+222{,}0_{სპ})]$	0,76
22	სულფატები	100,0	$d_{სულფ}=\exp[-\exp(-1{,}68+0{,}018_{სულფ})]$	0,32
23	სტიბიუმი	0,05	$d_{სტიბ}=\exp[-\exp(-1{,}994+24{,}7_{სტიბ})]$	0,62
24	ტალიუმი	0,0001	$d_{ტალ}=\exp[-\exp(-1{,}514+284{,}32_{ტალ})]$	0,79
25	ტიტანი	0,1	$d_{ტიტ}=\exp[-\exp(-1{,}8+15{,}2_{ტიტ})]$	0,47
26	ტყვია	0,1	$d_{ტყ}=\exp[-\exp(-1{,}8+15{,}2_{ტყ})]$	0,47
27	ტელური	0,0028	$d_{ტელ}=\exp[-\exp(-2{,}29+790{,}4_{ტელ})]$	0,40
28	ფოსფორი	0,0001	$d_{ფოსფ}=\exp[-\exp(-1{,}52+249{,}5_{ფოსფ})]$	0,79
29	ფტორიდები	0,05	$d_{ფტორ}=\exp[-\exp(-1{,}994+24{,}7_{ფტორ})]$	0,62
30	ქლორიდები	300,0	$d_{ქლორ}=\exp[-\exp(-1{,}8+0{,}006_{ქლორ})]$	0,39
31	ქრომი	0,001	$d_{ქრ}=\exp[-\exp(-1{,}53+40{,}16_{ქრ})]$	0,77
32	ციანიდები	0,05	$d_{ციან}=\exp[-\exp(-1{,}529+2{,}86_{ციან})]$	0,78
33	ეთილენი	0,5	$d_{ეთ}=\exp[-\exp(-1{,}72+2{,}2_{ეთ})]$	0,58
34	სზან	0,1	$d_{სზან}=\exp[-\exp(-1{,}804+15{,}2_{სზან})]$	0,47
35	მეთანოლი	0,1	$d_{მეთ}=\exp[-\exp(-2{,}26+15{,}2_{მეთ})]$	0,62
36	ნავთობპროდუქტები	0,05	$d_{ნავთ}=\exp[-\exp(-1{,}61+13{,}92_{ნავთ})]$	0,67
37	ფორმალდეჰიდი	0,01	$d_{ფორმ}=\exp[-\exp(-1{,}72+27{,}44_{ფორმ})]$	0,79
38	აცეტონი	0,05	$d_{აცეტ}=\exp[-\exp(-1{,}61+13{,}92_{აცეტ})]$	0,67
39	ბუთილის სპირტი	0,03	$d_{ბუთ}=\exp[-\exp(-1{,}64+14{,}11_{ბუთ})]$	0,74
40	ფენოლები	0,001	$d_{ფენ}=\exp[-\exp(-1{,}54+403{,}27_{ფენ})]$	0,72

დესკრიფციული მოდელების შედგენისას გამოყენებულ იქნა [2, 3]-ში მოყვანილი მეთოდოლოგიური მიდგომა. კერძოდ, გამოყენებულ იქნა ე.წ. სასურველობის ფუნქციები, რომელთა მიხედვით შესაძლებელი შეიქმნა ექსპერტის (სპეციალისტის) მიერ განვითარებული მოსაზრებების მოდელირება ე.წ. ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასება ჰარინგტონის უგანზომილებო სკალაზე შემდეგი რიცხვითი ინტერვალების შესაბამისად:

$d \in (0{,}00–0{,}29) \rightarrow$ „ძალიან ცუდი“;

$d \in (0{,}20–0{,}37) \rightarrow$ „ცუდი“;

$d \in (0{,}37–0{,}63) \rightarrow$ „დამაკმაყოფილებელი“;

$d \in (0{,}63–0{,}80) \rightarrow$ „კარგი“;

$d \in (0{,}80–1{,}00) \rightarrow$ „ძალიან კარგი“.

ცხრ. 3-ში და ცხრ. 4-ში მოყვანილი მოდელებით შესაძლებელია განისაზღვროს საანალიზო ქიმიური ინგრედიენტისთვის არსებული დაბინძურების ხარისხი, რისთვისაც საჭირო იქნება მოცემულ ინგრედიენტისთვის შედგენილ მოდელში რეალური ანალიზით მიღებული ფაქტობრივი მნიშვნელობის ჩასმა. იმის მიხედვით, თუ შეფასების სკალაზე რა მნიშვნელობას მიიღებს საანალიზო ინგრედიენტი d, შესაბამისად შეფასდება მისი დაბინძურების ხარისხიც.

ამრიგად, მოყვანილი მოდელებით შესაძლებელია დიფერენციულად განისაზღვროს თითოეული ინგრედიენტით გამოწვეული შესაბამისი დაბინძურების ხარისხი. წყლის საერთო ხარისხის შესაფასებლად მიღებული დიფერენციული ხარისხობრივი შეფასებების მონაცემების კრიტერიული შეკვრით შესაძლებელი ხდება განზოგადებული (ინტეგრირებული) ხარისხობრივი შეფასების გამოყვანაც. ამ მიზნით შეიძლება გამოყენებულ იქნეს [2, 3]-ის მიხედვით შემოთავაზებული საშუალო გეომეტრიულის განსაზღვრის კრიტერიუმი, რომელიც ზემოთ მოყვანილი სკალის იგივე ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების ინტერვალებით ხასიათდება:

$$D(d_1,\cdots,d_m)=\exp\left(\sum_{i=1}^{m}\frac{1}{m}\ln d_i\right)=\prod_{i=1}^{m}d_i^{1/m}\ ,$$

სადაც $D(d_1,\cdots,d_m)$ – საანალიზო ჯგუფის ინგრედიენტების მიხედვით განსაზღვრული საერთო ხარისხობრივი შეფასების მნიშვნელობაა, Π – ნამრავლის აღების ნიშანი.

დასკვნა

ამრიგად, ზედაპირული წყლების დაბინძურების ხარისხის ინტეგრირებულ მართვისთვის შემუშავებულია წყალსატევების (წყალსაცავები, მდინარეები, ტბები და სხვ.) წყლის დაბინძურების ხარისხის შეფასება-პროგნოზირების დესკრიფციული ტიპის მოდელები რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს წყალსარგებლობის კატეგორიების შესაბამისად (მოსახლეობის სასმელ-სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო და თევზსამეურნეო წყალსარგებლობა), როგორც ზედაპირულ წყლებზე სუბიექტების მიერ გამოწვეული ანთროპოგენური და ტექნოგენური დაბინძურების თავიდან აცილების, დამაბინძურებელ ქიმიურ ნივთიერებათა ჩაშვების რეგლამენტირების, მონიტორინგის, კონტროლის (ზედამხედველობის) რეალური ინსტრუმენტული საშუალება.

მოდელირების შედეგები რეკომენდებულია დასანერგად საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს ხაზით ზედაპირული წყლის რესურსების დაბინძურების ხარისხის ინტეგრირებული მართვისთვის და ყველა იმ წყალსამეურნეო სუბიექტისათვის ვინც საქმიანობით დაკავშირებულია წყალსატევების წყლის დაბინძურებასთან.

ლიტერატურა

1. **ლაფერაშვილი ქ.** სურსათის უვნებლობა – მეცნიერული საფუძვლები, თანამედროვე პრინციპები და სამართლებრივი რეგულირების ზოგადი დებულებები. საქართველოს სტრატეგიული კვლევებისა და განვითარების ცენტრი, ბიულეტენი №110, 2008, ოქტომბერი, 114 გვ.
2. **Калинина Э.В., Лапига А.Г. и др.** Оптимизация качества. Сложные продукты и процессы. М.: Химия, 1989, 256 с.
3. **Цихелашвили З.И, Прангишвили А.И., Чхенкели Б.Дж.** Основы построения интеллектуальных систем управления пространственно-временными сетевыми потоками. Под ред. акад. *В.В. Чавчанидзе*. Тбилиси, Мецниереба, 1997. 264с.

დანართი №1

ზოგადი მოთხოვნები
წყალსატევებში წყლის შემადგენლობისა და თვისებების
რეგლამენტირება წყალსარგებლობის კატეგორიების მიხედვით

მაჩვენებლები	წყალსარგებლობის კატეგორია			
	მოსახლეობის სასმელ-სამეურნეო მიზნებისათვის	სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის	თევზსამეურნეო მიზნებისათვის	
			უმაღლესი და პირველი კატეგორია	მეორე კატეგორია
1	2	3	4	5
შეწონილი ნაწილაკები	დასაშვებია შეწონილი ნაწილაკების შემცველობის მატება არაუმეტეს:			
	0,25 მგ/ლ	0,75 მგ/ლ	0,25 მგ/ლ	0,75 მგ/ლ
	მდინარეებისათვის, რომლებიც შეიცავს წყალმცირობისას 30 მგ/ლ ბუნებრივ შეწონილ ნაწილაკებს, დასაშვებია მათი მომატება 5% ფარგლებში			
	თუ ჩამდინარე წყლები შეიცავს შეწონილ ნაწილაკებს, რომელთა დალექვის სიჩქარე აღემატება 0,2 მმ/წმ, მათი ჩაშვება აკრძალულია წყალსაცავებში (ტბებში), ხოლო თუ აღემატება 0,4 მმ/წმ – მდინარეებში (არხებში)			
მცურავი მინარევი (ნივთიერებები) შეფერილობა	წყლის ზედაპირზე არ უნდა იყოს ნავთობპროდუქტების, ზეთების და ცხიმების აფსკები, აგრეთვე სხვა მინარევები.			
	არ უნდა შეინიშნებოდეს წყლის სვეტში:		წყალმა არ უნდა მიიღოს უცხო ფერი	
	20 სმ	10 სმ		

დანართი №1 (გაგრძელება)

1	2	3	4	5
სუნი, გემო	წყალმა არ უნდა მიიღოს 1 ბალზე მეტი ინტენსიურობის სუნი და გემო, რომელიც შეინიშნება:		წყალმა არ უნდა მისცეს თევზის პროდუქტს უცხო სუნი და გემო	
	უშუალოდ, შემდგომი ქლორირების ან სხვაგვარი დამუშავების შემდეგ	უშუალოდ		
ტემპერატურა	წყლის ზაფხულის ტემპერატურამ ჩამდინარე წყლების ჩაშვების შემდეგ არ უნდა მოიმატოს 3^{0}C მეტად ბოლო 10 წლის განმავლობაში ყველაზე ცხელი თვის წყლის საშუალო თვიურ ტემპერატურასთან შედარებით		წყლის ტემპერატურამ არ უნდა მოიმატოს 3^{0}C მეტად წყალსატევის ბუნებრივ ტემპერატურასთან შედარებით. ამასთან ერთად წყლის ობიექტებში, სადაც ბინადრობს ცივი წყლის მოყვარული თევზები (ორაგულისებრნი და სიგასებრნი), მაქსიმალური დასაშვები ტემპერატურაა: 20^{0}C ზაფხულში და 5^{0}C ზამთარში, ხოლო დანარჩენ წყლის ობიექტებში 29^{0}C ზაფხულში და 8^{0}C ზამთარში	
რეაქცია (pH)	არ უნდა სცილდებოდეს 6,5-8,5			
წყლის მინერალიზაცია	არაუმეტეს 1000 მგ/ლ მათ შორის: ქლორიდები – 350 მგ/ლ, სულფატები – 500 მგ/ლ	ნორმირება ხდება ზემოთ მოყვანილ მაჩვენებლის „გემო“ მიხედვით	ნორმირება ხდება თევზსამეურნეო წყლის ობიექტების ტაკსაციების შესაბამისად	
წყალში გახსნილი ჟანგბადი	წლის ნებისმიერ დროს არ უნდა იყოს ნაკლები:			
	4 მგ/ლ	4 მგ/ლ	6 მგ/ლ	6 მგ/ლ
ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნილება, **ᲑᲮᲛ** სრული	20^{0}C ტემპერატურისას არ უნდა აღემატებოდეს:			
	3 მგ/ლ	6 მგ/ლ	3 მგ/ლ	6 მგ/ლ
ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნილება, **ᲥᲛ**	არ უნდა აღემატებოდეს:			
	მგ/ლ	მგ/ლ	–	–
ქიმიური ნივთიერებები	არ უნდა აღემატებოდეს № 2 დანართში მოყვანილ ნორმატივებს			
დაავადებათა გამომწვევები	წყალი არ უნდა შეიცავდეს დაავადებათა გამომწვევებს, მათ შორის სიცოცხლისუნარიან ჰელმინტების კვერცხებს, ტენიების ონკოსფეროებს და სიცოცხლისუნარიან პათოგენურ, ნაწლავის უმარტივესთა ცისტებს			
ლაქტოზა, ნაწლავის ჩხირები არა უმეტესი	10000 ლიტრში	5000 ლიტრში	–	–
კოლოფაგები არა უმეტესი	100 ლიტრში	100 ლიტრში	–	–
წყლის ტოქსიკურობა	–	–	ჩამდინარე წყალი წყლის ობიექტში ჩაშვების ადგილას არ უნდა ახდენდეს ტესტ-ობიექტებზე მწვავე ტოქსიკურ ზემოქმედებას წყლის ობიექტის წყალი საკონტროლო კვეთში არ უნდა ახდენდეს ქრონიკულ ტოქსიკურ ზემოქმედებას ტესტ-ობიექტებზე	

შენიშვნა: დეფისი – ნიშნავს, რომ მაჩვენებელი არ არის ნორმირებული

დანართი №2

წყალსატევებში დამბინძურებელ ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები წყალსარგებლობის კატეგორიების მიხედვით

№№	ინგრედიენტის დასახელება	ლიმიტირებელი ნიშანი	სასმელ-სამეურნეო-სასუფთავეხოვრებო წყალსარგებლობის წყალსაზომების		თევზსამეურნეო წყალსარგებლობის წყალსაზომების	
			მავნეობის ლიმიტირებული მახასიათებელი	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია, მგ/ლ	მავნეობის ლიმიტირებული წყალსაზომების მახასიათებელი	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია, მგ/ლ
1	2	3	4	5	6	7
1.	ამონიუმის ახოტი	3	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,39	ტოქსიკოლოგიური	0,39
2.	ალუმინი	2	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,5	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,5
3.	ბარიუმი	2	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,1	ორგანოლეპტიკური	2,0
4.	ბერილიუმი	1	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,0002	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,0002
5.	ბორი	2	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,5	ტოქსიკოლოგიური	10,0
6.	დარიშხანი	2	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,05	ტოქსიკოლოგიური	0,05
7.	ვანადიუმი	3	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,1	ტოქსიკოლოგიური	0,001
8.	ვერცხლისწყალი	1	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,0005	ტოქსიკოლოგიური	0,0001
9.	ვოლფრამი	2	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,005	ტოქსიკოლოგიური	0,0008
10.	თუთია	3	საერთო-სანიტარული	1,0	ტოქსიკოლოგიური	0,01
11.	კადმიუმი	2	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,001	ტოქსიკოლოგიური	0,005
12.	კობალტი	2	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,1	ტოქსიკოლოგიური	0,01
13.	კაპროლაქტამი	4	საერთო-სანიტარული	1,0	საერთო სანიტარული	1,0
14.	მანგანუმი	3	ორგანოლეპტიკური	0,1	ტოქსიკოლოგიური	0,01
15.	მოლიბდენი	2	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,25	ტოქსიკოლოგიური	0,012
16.	ნიტრატები	3	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	45,0	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	40,0
17.	ნიტრიტები	2	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	3,3	ტოქსიკოლოგიური	0,08

დანართი №2 (გაგრძელება)

1	2	3	4	5	6	7
18.	ნიკელი	3	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,1	ტოქსიკოლოგიური	0,01
19.	რკინა	3	ორგანოლეპტიკური	0,3	ტოქსიკოლოგიური	0,005
20.	სპლენი	2	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,001	ტოქსიკოლოგიური	0,0016
21.	სპილენძი	3	ორგანოლეპტიკური	1,0	ტოქსიკოლოგიური	0,001
22.	სულფატები	4	ორგანოლეპტიკური	500	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	100,0
23.	სტიბიუმი	2	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,05	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,05
24.	ტალიუმი	1	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,0001	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,0001
25.	ტიტანი	3	საერთო-სანიტარული	0,1	საერთო სანიტარული	0,1
26.	ტყვია	2	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,03	ტოქსიკოლოგიური	0,1
27.	ტკლური	2	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,01	ტოქსიკოლოგიური	0,0028
28.	ფოსფორი	1	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,0001	ტოქსიკოლოგიური	არ უნდა იყოს
29.	ფტორიდები	2	ტოქსიკოლოგიური	0,05	ტოქსიკოლოგიური	0,05
30.	ქლორიდები	4	ორგანოლეპტიკური	350,0	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	300,0
31.	ქრომი $Cr^{(+6)}$	3	ორგანოლეპტიკური	0,1	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,001
32.	ციანიდები	2	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,1	ტოქსიკოლოგიური	0,05
33.	ეთილენი	3	ორგანოლეპტიკური	0,5	ორგანოლეპტიკური	0,5
34.	ცაზან	3	ტოქსიკოლოგიური	0,1	ტოქსიკოლოგიური	0,1
35.	მეთანოლი	2	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	3,0	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,1
36.	ნავთობპროდუქტები	4	ორგანოლეპტიკური	0,3	სათვგზმგურნეო	0,05
37.	ფორმალდეჰიდი	2	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,05	სანიტარული	0,01
38.	ანტიონი	3	საერთო-სანიტარული	2,2	ტოქსიკოლოგიური	0,05
39.	ბუთინის სპირტი	2	სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური	0,1	ტოქსიკოლოგიური	0,03
40.	ფენოლები	4	ორგანოლეპტიკური	0,001	სათვგზმგურნეო	0,001

УДК 631.4

О ДАВЛЕНИИ НА ПОВЕРХНОСТИ РАЗДЕЛА КАПЛЯ-ПОДЛОЖКА

Чарбадзе З.Д.

Институт водного хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Оценка давления, действующая на материал преграды в процессе удара, впервые была исследована в 20-х годах нынешнего столетия. В течение последнего десятилетия она также интенсивно исследуется.

Боуер отметил, что хотя при соударении возникают большие радальные напряжения растяжения, они охватывают очень большую область и действуют в течении краткого времени [1]. Этот факт требует особого внимания при рассмотрении процессов разрушения и эрозии (о нем пойдет речь ниже), сначала дадим оценку величинам давления за каждый отдельный интервал времени.

По нашему мнению, в течении первого периода после соприкосновения, равном t_1, происходит упругое взаимодействие, что сочетается с мнением многих авторов (Фадеев И.Г. и др.) [2].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Согласно основным понятиям, давление равно отношению нормальной силы, действующей на участок поверхности к площади контакта:

$$P = 4F / \pi D_k^2 \qquad (1)$$

где π – давление капли на подложке; F – полная сила, с помощью которой капля сдавливается.

Рассмотрев задачу по аналогии соприкосновения твердых тел (Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц) [1], исходя из задачи Герца можно установить, что сила вдавливания сферического тела равна:

$$F = \frac{4}{3}\frac{E_в}{1-\sigma_в^2}\sqrt{\frac{D}{2}}\delta^{3/2}, \qquad (2)$$

где $E_в = \rho c^2$ – объемный модуль упругости воды (для пресной $E_в = 2\cdot 10^4 \frac{кг}{см^2}$); $\sigma_в$ – отношение поперечного сжатия к продольному растяжению – коэффициент Пуассона; δ – некоторое малое растяжение, на которое сближается центр притяжения капли с подложкой за период t_1.

Подставляя в формулу (1) значения $\delta = Vct_1 = \frac{DVc^2}{4C^2}; Dn_1 = \frac{DVc}{C}$ и значение F, учитывая $E_в = \rho c^2$, после некоторых преобразований получаем:

$$P_1 = \frac{\sqrt{2}}{3\pi\left(1-\sigma_в^2\right)}\rho c V. \qquad (3)$$

Такое решение справедливо только для начального периода, до растекания капли, так как капля является жидкой и после времени t_1 она начинает растекаться. Справедливость вышеуказанного решения объясняется тем, что (как было сказано выше) на первой стадии взаимодействия (в точке соприкосновения) в жидкости формируется скачок уплотнения и распространение такого возмущения которая в глубь жидкости образует ударную волну. Очевидно, что в этот период капля взаимодействует с преградой как твердое тело. Имеются работы, в которых удар капли сопоставляют с твердым соприкосновением [5]. Так, например, Гаронер для решения задачи применил схему упругого взаимодействия стержня с жесткой поверхностью, а характеристики жидкости

включили в конечную формулу .

После начала растекания у поверхности раздела "капля-почва" в жидкости образуются большие радарные скорости, которые и определяют величину давления на поверхности контакта. Величина этих давлений может быть определена уравнением Бернулли (Френкель Н.З.) [6]:

$$\mathrm{P}_2 = \rho\left(V_x^2 - V_4^2\right). \qquad (4)$$

Как известно, эти радиальные скорости имеют такие величины, которые близки к давлениям, рассчитанным по формуле (2) и формула (4) приобретает вид:

$$P_2 \approx P_1 - K\rho V_c C\,. \qquad (5)$$

После времени t_1 в растекании участвует уже вся жидкость и давление в пятке контакта может быть определено из уравнения гидравлической струи (Агроскин И.И.):

$$P = \rho V_c^2\,. \qquad (6)$$

В конце удара, до разбрызгивания, скорость капли убывает, но давление в жидкости все еще поддерживается за счет его расплющенного состояния. После t_2, для определения среднего значения силы удара, следует применить закон о сохранении импульса. Известно, что импульс силы $F\Delta t$ равен изменению количества движения тела за промежуток времени Δt. Согласно этому:

$$\overline{F}\Delta t = m_k V - m_k V_c\,, \qquad (7)$$

где $\overline{F}$ – среднее значение силы за промежуток времени Δt; m_k – масса капли, соответственно V_c и V_0 – значение скоростей до и после удара.

Выбрав систему координат так, чтобы плоскость x и y совпадали с плоскостью поверхности преграды, получаем, что при вертикальном падении капли, проекция количества движения на вертикальную ось до взаимодействия с преградой равна $m_k V_{cz} = -m_k V_c$, а после взаимодействия – $m_k V_{0z} = m_k V_c \cos\varphi$, где φ наиболее вероятный угол создаваемый брызгами, относительно вертикальной оси.

Следовательно, при вертикальном падении, капля симметрично разбрызгивается, сумма проекции количества движения на горизонтальную ось до и после взаимодействия равна нулю. Соответственно, из уравнения (7), получаем:

$$\overline{F}\Delta t = m_k V_c\left(1 + k\cos 4\right). \qquad (8)$$

Если за длительность взаимодействия Δt принять время равное времени полного растекания капли $\Delta t = \dfrac{D}{V_c}$, то после подстановки в уравнение (7) значение Δt и $m_k = \rho_в \dfrac{\pi D^3}{\sigma}$ (ρ плотность жидкости) получаем среднее значение силы:

$$F = \frac{\pi D^2}{n}\rho_в V_c^2\left(1 + k\cos\varphi\right). \qquad (9)$$

Приняв площадь коэффициента равной миделевому сечению капли $\rho = \dfrac{\pi d^2}{4}$, получаем выражение для среднего значения $\overline{p}$, возникающего в пятке контакта "капля –почва":

$$p = \frac{2}{3}\rho_в V_c^2\left(c + \cos 4\right). \qquad (10)$$

В случае, когда $k = 0$ (т.е. удар уже неупругий после τ, капля только растекается):

$$\overline{p} = \frac{2}{3}\rho_в V_c^2 \qquad (11)$$

и для $k = 0.7$ и $\varphi = 45^\circ$ $k\cos\varphi \approx 0.5$

$$\overline{p} = \rho_в V_c^2\,. \qquad (12)$$

Так как, в расплющенном состоянии происходит искривление поверхности, искривление поверхностного слоя также приводит к появлению дополнительного давления в жидкости, зависящего от поверхностного натяжения α.

На основании закона Лапласа давление по искривленной поверхности жидкости будет равно:

$$P_3 = 2\alpha\left(\frac{1}{D_2} + \frac{1}{D_в}\right), \qquad (13)$$

где D_2 и $D_в$ – соответственно горизонтальные и вертикальные главные радиусы кривизны.

Простыми вычислениями можно показать, что в случае, когда энергия капли полностью

преобразуется в поверхностную (идеализируется по диссипации энергии на внутреннее трение и не происходит разбрызгивание и не начинается до полного преобразования), тогда:

$$p = 0.5\rho V^2 . \qquad (14)$$

Многими исследователями предложен ряд формул, в основу которых положены различные модели протекания процесса. Так, для максимальных напряжений, возникающих при ударе капли, с учетом характеристик грунтов предложено выражение (Мирцхулава Ц.Е.):

$$\sigma_y = 4V_c\sqrt{\frac{\rho_в\left(1-K_2^2\right)C}{1.08M}}, \qquad (15)$$

где σ_y – максимальное значение напряжения в пятке контакта; V_c – конечная скорость капли; C – сцепление грунта; M – коэффициент, учитывающий уменьшение сцепления за счет трения; K – коэффициент восстановления.

Первые исследователи, которые столкнулись с эрозией узлов и деталей паровых турбин пытались связать величину эрозионного повреждения с давлением, возникающих при ударе на поверхности раздела жидкость – твердое тело, и почти во всех исследованиях по эрозии стали использовать, широко известную формулу гидравлического удара:

$$P = \rho_в cV . \qquad (16)$$

Обобщенная формула для определения давления с учетом характеристик материала преграды выведена Хелером, а еще ранее опубликована Эккертом [7] (Перельман Р.Г.):

$$P = \rho cV/\left(1+\rho c/\rho_t c_t\right), \qquad (17)$$

где ρ_t – плотность материала преграды;

c_t – скорость звука в преграде.

Хонегер отмечает, что точный расчет давления и распределения давления на поверхности раздела между каплей и телом для различных скоростей соударения с учетом поверхностного натяжения и вязкости воды, связан с такими математическими трудностями, что вряд ли их удастся преодолеть [7].

Инджел предложил достаточно детализированную модель столкновения капли воды с жесткой поверхностью и получил следующее выражение для расчета давления [7]:

$$P = 0.5\alpha\rho cV , \qquad (18)$$

где α – коэффициент, равный отношению средней скорости жидкости за волной сжатия к скорости соударения, характеризующей жесткость капли.

На основе уравнения постоянства количества движения Хонегер получил:

$$P = 3.92\cdot 10^3 V^2 . \qquad (19)$$

В работе Перельмана Р.Г. в широком диапазоне скоростей была получена зависимость:

$$P = \frac{\alpha'}{2}\left(\frac{1-\alpha/2}{1-\alpha}-\alpha\frac{c}{V}\right)\rho V c , \qquad (20)$$

где приводится экспериментально установленная зависимость α' от V в графическом виде, позволяющая воспользоваться полученным теоретическим уравнением для определения давления при решении практических задач.

Имеются еще много расчетных формул, как для определения давления, так и для установления величины скоростей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи с тем, что величина давления за весь период соприкосновения с преградой не постоянна, для конкретной задачи требуется полностью рассмотреть процесс и далее его дробить на интервалы (по времени) и определить – какой из этих интервалов является наиболее влияющим на эрозионный процесс. Так, например, по нашему мнению для дождевой эрозии почв наиболее важным интервалом по времени является интервал, соответствующий третьему периоду.

Литература

1. **Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.** Механика сплошных сред. Изд. 2-ое, М.,1953.
2. **Фадеев И.Т., Маслянко А.И. и др.** Расчетная оценка удельных давлений при высокосном ударе капель и струй о плоскую поверхность. //Изд. Вузов СССР, Энергетика № 6, М.1980.
3. **Мирцхулава Ц.Е.** Эрозия почв, прогноз, гидротехнические мероприятия по защите почв на склонах. //Сб. докладов объединенного пленума пяти отделении ВАСХНИЛ по комплексной проблеме. Тбилиси ,1974.
4. **Мирцхулава Ц.Е.** Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. М.: "Колос" 1970, (Монография)
5. **Агроскин И.И.** Гидравлика. М.: 1950.
6. **Френкель Н.З.** Гидравлика М-Л Госэнергоиздат, М. 1956.
7. **Перельман Р.Г.** О расчете давлений при соударении капли с плоскостью. Изд. Вузов СССР, Машиностроение №7, М.1968.
8. **Станюкович К.П.** Неустановившиеся движения сплошной среды.

УДК 556.5.048

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КРУПНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ НА МАКСИМАЛЬНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК ЮЖНОГО КАВКАЗА

Гасанова Н.И.

Бакинский Государственный Университет,
г. Баку, Азербайджан

ВВЕДЕНИЕ

Неравномерное распределение стока рек по территории Азербайджана и внутри года значительно затрудняет наиболее полное использование водных ресурсов. В послевоенные годы с целью регулирования стока и орошения засушливых земель было введено в действие более 100 водохранилищ. Общая площадь водного зеркала всех водохранилищ составляет около 1070 км^2. Наиболее крупными из них являются Мингечевирское, Шамкирское, Аразское, Еникендское и Сарсангское. В условиях Азербайджана водохранилища, в основном, используются для ирригационных и ирригационно-энергетических целей [4,5].

Строительство крупных водохранилищ, особенно с объемами больше 1 км^3, приводит к существенному изменению природных условий прилегающих территорий и режима рек [1, 2]. При этом изменяется соотношение между элементами водного баланса в пределах трех характерных зон речного бассейна: зоны затопления, зоны подтопления и прирусловой зоны реки ниже створа подпорного сооружения. Степень изменения и величина подверженной территории зависит как от местных факторов, так и от размеров и сработки уровня водохранилища. Наиболее сложные изменения характера водообмена имеют место в третьей зоне, где в зависимости от режима регулирования стока могут иметь место либо увеличение площадей затопления (при превышении сбросов в нижний бьеф над естественным стоком), либо их уменьшение (в фазе наполнения водохранилища, когда в нижний бьеф поступает воды меньше по сравнению с естественными условиями).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В данной работе на примере Мингечевирского (W = 16070 млн.м^3) и Аракского (W = 1350 млн.м^3) водохранилищ оценены изменения естественных максимальных расходов воды соответственно рек Кура и Аракс в нижних бьефах. Для каждой реки были выбраны по три створа: створ выше водохранилища, створ плотины и створ в нижнем бьефе.

Для установления факта влияния водохранилищ на максимальный сток выполнены следующие работы:

- анализ однородности исходных рядов стока за периоды до и после строительства водохранилищ;
- трендовый анализ максимальных расходов воды;
- анализ графиков связи максимального стока в створах выше водохранилища и в нижнем бьефе за периоды до и после создания водохранилищ;
- анализ графиков связи нарастающих сумм максимальных расходов воды в створах нижнего бьефа и выше водохранилища;
- анализ осредненных гидрографов максимального стока за периоды до и после создания водохранилищ.

Анализ однородности максимальных расходов воды осуществлен с помощью критериев Стьюдента, Фишера и Вилькоксона[3]. Все ряды были разделены на два периода – до и после создания водохранилища. При этом был принят двусторонний уровень значимости $\alpha = 5\%$. Установлено, что для ряда максималь-

ных расходов воды выше Мингечевирского водохранилища (Хулуф) гипотеза о равенстве средних и дисперсий не опровергается при $\alpha = 5\%$, т.е. этот ряд является статистически однородным. Ряд максимальных расходов воды выше Аракского водохранилища (Сурмалу) неоднороден по всем трем критериям (табл.1). Неоднородность ряда максимального стока у Сурмалу, видимо, можно объяснить созданием Ахурянского водохранилища в Армении (1981 г.).

Для рядов максимального стока в створах плотин (Мингечевир и Кызыл-Ванк) гипотеза о равенстве средних значений и дисперсий опровергается, что свидетельствует об изменении режима стока в этих створах после создания водохранилищ. Результаты оценки однородности рядов наблюдений в замыкающих створах нижних бьефов показали, что расхождения дисперсий по рядам Сурра и Сальяны оказались не существенными, а расхождении средних по всем рассматриваемым рядам оказались статистически значимыми.

В данной работе статистическая значимость линейного тренда максимальных расходов воды была оценена по значениям коэффициента парной корреляции [6, 7].

Для ряда максимальных расходов воды р. Кура в створе Хулуф тренд практически отсутствует. В створах Мингечевир и Сурра выявлен отрицательный линейный тренд. Наи более значимый тренд отмечается в створе Мингечевир. Немногим слабее линейный тренд в створе Сурра.

Для рядов максимального стока р.Аракс также выявлены отрицательные тренды, но они статистически незначимы.

Для установления изменений режима стока в створах ниже Мингечевирского водохранилища на реке Кура были использованы анализы графиков связи максимальных расходов воды в этих створах с расходами в створах, расположенных выше водохранилищ для периода до и после строительства водохранилища. Створы, находящиеся вне зоны подпора были использованы для восстановления естественного стока в нижележащих створах, подверженных влиянию водохранилищ. Для оценки возможности использования этих связей было проведено исследование их тесноты (табл.2).

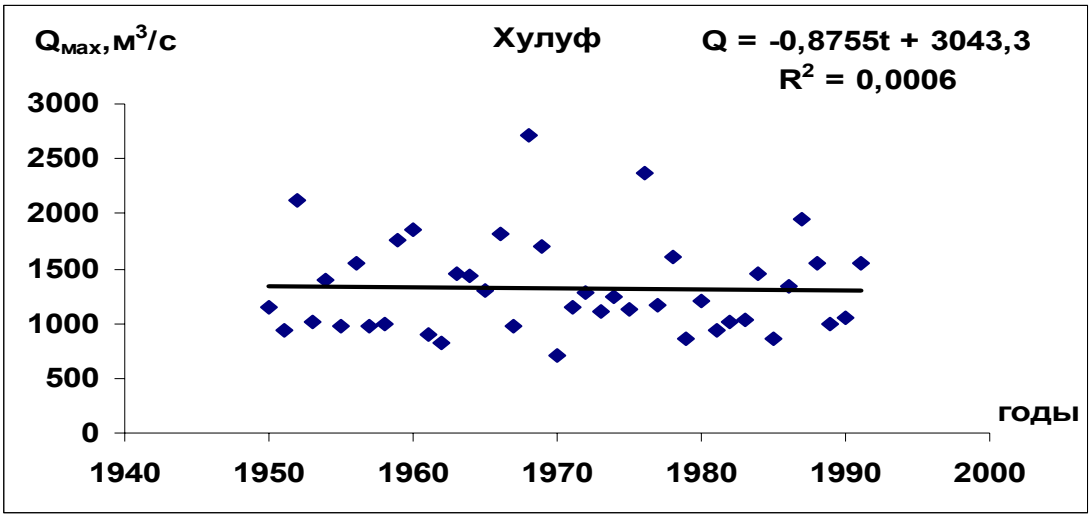
Анализ изменения тесноты и характера связей между стоком в исследуемых створах позволил сделать вывод о том, что до строительства водохранилища эти связи были достаточно тесными. В целом, коэффициенты парной корреляции рядов максимального стока до строительства водохранилища изменяются в пределах от 0,71 до 0,94. Для периода после создания водохранилища эти связи стали слабее, что свидетельствует об изменении режима стока. В замыкающих створах нижних бьефов после создания водохранилищ теснота связей заметно не изменилась (Сурра и Сальяны).

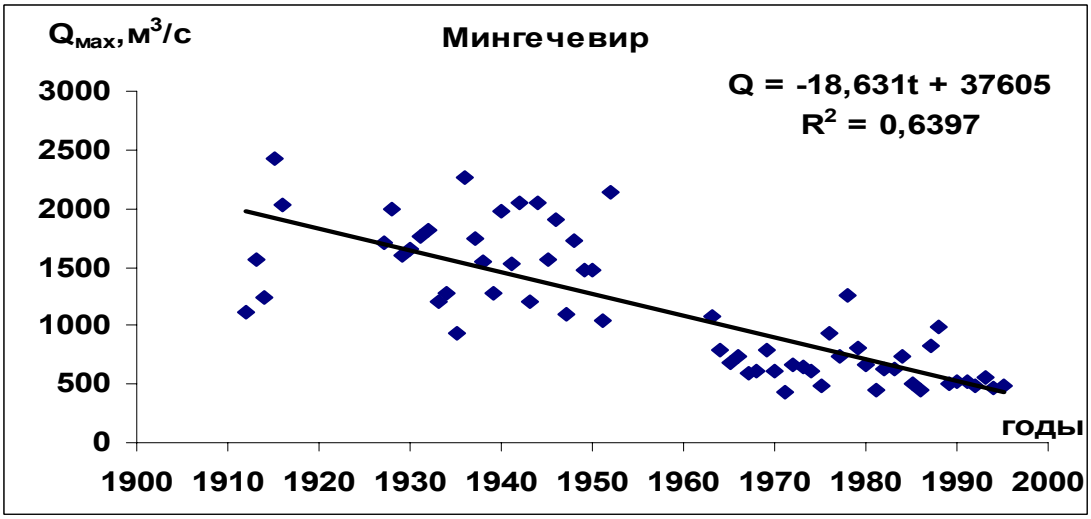
Таблица 1

Оценка однородности рядов максимальных расходов воды рек Кура и Аракс

Створ	Расчетный период до строительства водохранилища	Расчетный период после строительства водохранилища	Критерий однородности		
			Фишера	Стьюдента	Вилькоксона
Кура -Хулуф	1927-1952	1953-1991	+	+	+
Кура- Мингечевир	1927--1952	1953-1995	–	–	–
Кура- Сурра	1930-1952	1953-2006	+	–	–
Кура-Сальян	1927-1952	1953-2006	+	–	–
Аракс-Сурмалу	1946-1970	1971-2006	–	–	–
Аракс-Кызыл-Ванк	1946-1970	1971-2006	–	–	–
Аракс-Саатлы	1946-1970	1971-2006	–	–	–

Примечание: (+) *– ряды однородны,* (–) *– ряды неоднородны*





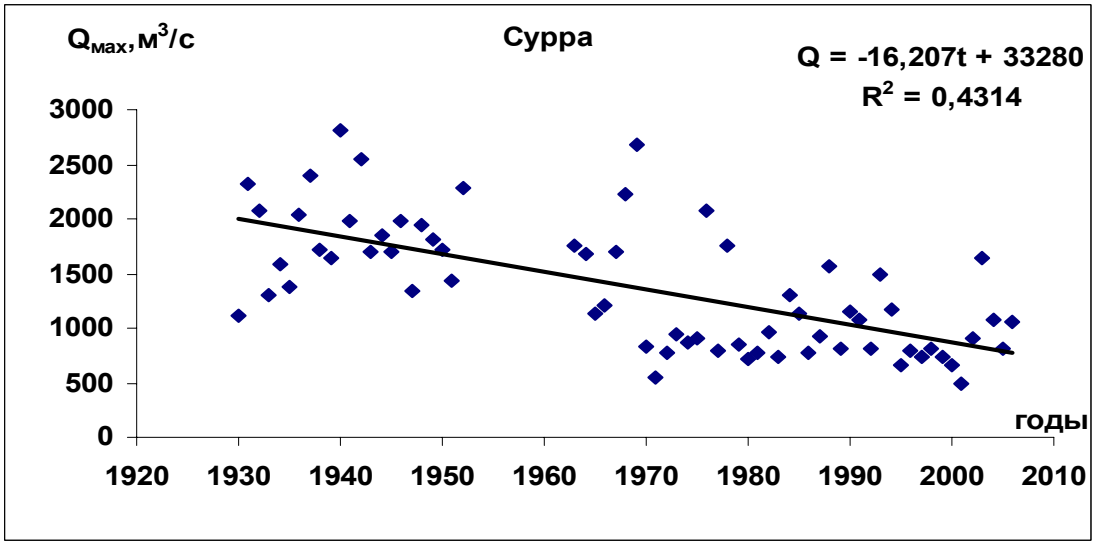


Рис.1. Линейный тренд рядов максимального стока р.Кура

Таблица 2

Корреляционная матрица максимальных расходов реки Куры

		1	2	3	4	5	6
1	Тбилиси	1	0,82	0,75 0,29	0,94 0.57	0,71 0.61	– 0.61
2	Хулуф		1	– 0,40	– 0,57	– 0,64	– 0,60
3	Мингечевир			1	0,86 0,90	0,72 0,53	0,85 0,54
4	Зардоб				1	0,87 0,71	0,89 0,73
5	Сурра					1	0,92 0,95
6	Сальян						1

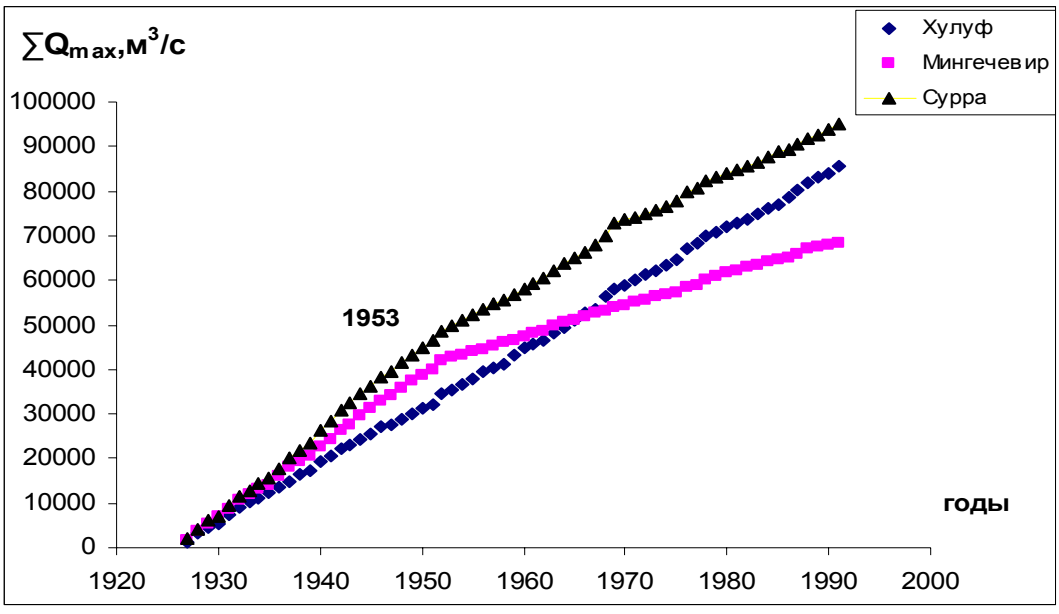
Примечание: в числителе – коэффициенты корреляции до строительства, в знаменателе-после строительства водохранилища.

Для установления года начала изменения максимального стока, вызванного влиянием водохранилища, в работе использованы графики связи вида:

$$\sum Q_{max2}=f(\sum Q_{max1}) \text{ и } \sum Q_{max}=f(T),$$

где Q_{max1} и Q_{max2} – соответственно, нарастающие суммы значений стока для створа реки, расположенного в зоне влияния водохранилища и для створа реки, сток в котором формируется в естественных условиях и не испытывает влияния водохранилища

Дата изменения стока в створах вследствие влияния водохранилища устанавливалась по перелому линии связи отдельно для каждого из двух рассматриваемых водохранилищ с использованием рядов максимальных расходов воды. На рис. 1 в качестве примера представлен график связи нарастающих сумм максимальных расходов воды за период 1927-1991 гг. для трех створов на р.Кура.



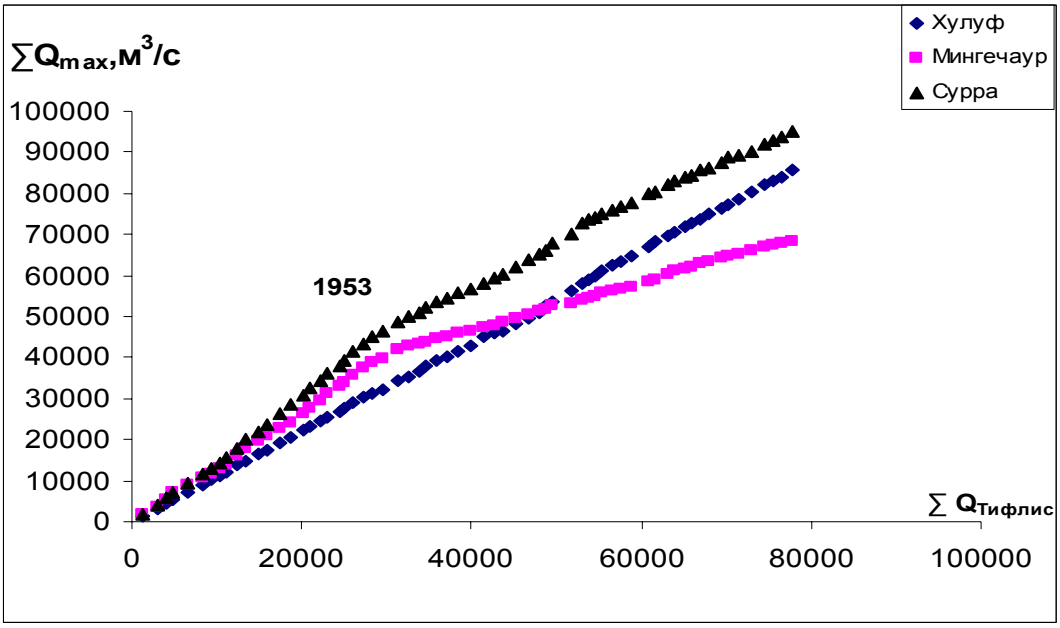


Рис. 2. Графики связи нарастающих сумм максимальных расходов воды р. Кура

На графиках связи нарастающих сумм максимальных расходов воды в створах плотин четко установлены точки перелома (1953г. для Мингечевирского и 1971 г. для Аракского водохранилищ). В створе Хулуф линия связи прямая.

За вышеуказанные временные интервалы для двух рассмотренных водохранилищ определены изменения максимального стока после их строительства. Значения этих изменений в расчетных створах представлены в таблице 3.

Таблица 3

Уменьшения средних максимальных расходов в расчетных створах после создания водохранилищ

Створ	Расчетный период до строительства водохранилища	Расчетный период после строительства водохранилища	Средний максимальный сток		
			до строительства вдхр.	после строительства вдхр.	Уменьшение стока
			$м^3$/сек	$м^3$/сек	$м^3$/сек (%)
Кура -Хулуф	1927-1952	1953-1991	1324	1312	12 (0.9)
Кура-Мингечевир	1927--1952	1953-1995	1624	663	961 (59)
Кура- Сурра	1930-1952	1953-2006	1872	1101	754 (41)
Кура-Сальян	1927-1952	1953-2006	1734	1065	548 (38)
Аракс-Сурмалу	1946-1970	1971-2006	711	441	270 (38)
Аракс-Кызыл-Ванк	1946-1970	1971-2006	851	440	411 (48)
Аракс-Саатлы	1946-1970	1971-2006	1078	505	573 (52)

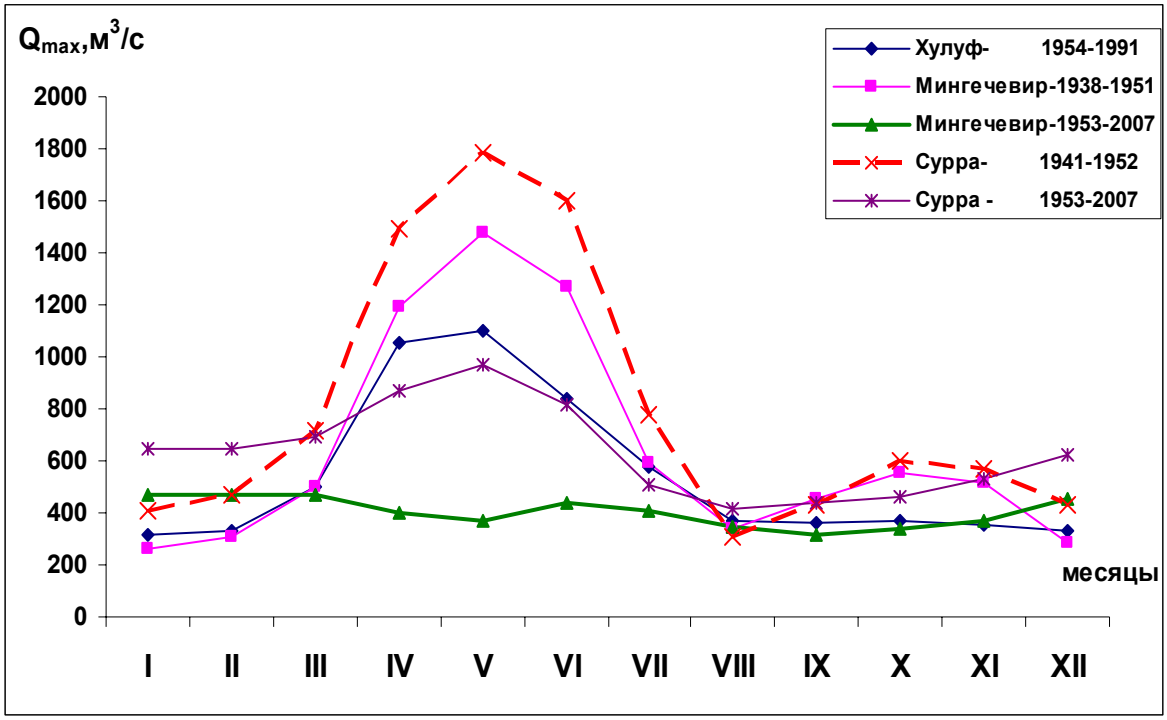


Рис.3. Осредненные по периодам гидрографы максимального стока р. Куры за различные периоды

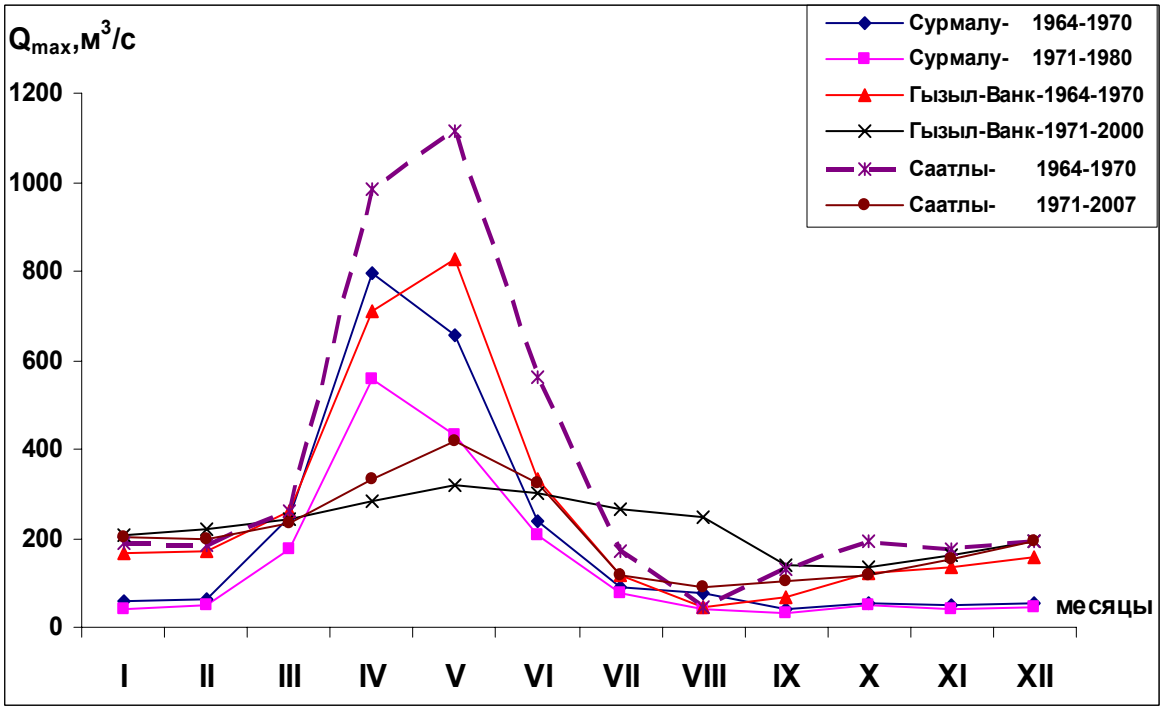


Рис.4. Осредненные по периодам гидрографы максимального стока р. Аракс за различные периоды

Из таблицы 3 видно, что в нижних бьефах рассматриваемых водохранилищ произошло уменьшение максимального стока, что подтверждает существенное влияние регулирования на режим стока в нижнем бьефе и его перераспределение во времени. Наиболее значительно это сказалось на изменении стока в створах плотин, где уменьшение по сравнению с естественными условиями в среднем составило 59% (Мингечевирское водохранилище) и 48% (Аракское

водохранилище). В створе, расположенном выше Мингечевирского водохранилища, по сравнению с естественными условиями сток практически не изменился (Хулуф-0.9%) .

Изменение стока, произошедшее в створе Сурра на реке Кура, в основном имеет те же тенденции, но они выражены чуть слабее (41%). Несмотря на то, что в створе Сурра величина изменения максимального стока по сравнению со створом плотины несколько уменьшилась, влияние Мингечевирского водохранилища отрицательно сказалось на максимальном стоке и в замыкающем створе нижнего участка Сальяны (снижение стока на 38%). Изменение максимальных расходов в створе г.Саатлы оказалось существенным, как и в нижнем створе плотины Кызыл-Ванк, составив около 52% от стока в естественных условиях.

Оценка изменений во внутригодовом распределении максимального стока получена путем сравнения осредненных гидрографов за периоды до строительства водохранилищ и после (рис.3 и 4).

Как видно из рис. 3, максимальные расходы воды до строительства Мингечевирского водохранилища на всех створах наблюдаются в весенне-летний период. После создания водохранилища гидрограф максимальных расходов в створе плотины практически выровнялся. В створе Сурра максимальный сток в весенне-летний период намного уменьшился, где за счет влияния Мингечевирского водохранилища произошла срезка высоких расходов воды и увеличение меженных.

Коренные изменения в распределении максимального стока на р.Аракс произошли после строительства Аракского водохранилища. Максимальные расходы воды на всех створах за весенне-летний период уменьшились, а в створе Кызыл-Ванк практически выровнялись по месяцам. В зимние месяцы сток немного увеличился.

ВЫВОДЫ

Таким образом, анализ изменения тесноты и характера связей между стоком в исследуемых створах позволил сделать вывод о том, что до строительства водохранилища эти связи были достаточно тесными, а после создания водохранилища эти связи стали слабее, что свидетельствует об изменении режима стока.

Было установлено, что в створе плотины Мингечевирского водохранилища средняя величина максимального стока уменьшилась на 59%, а в створе Кызыл-Ванк на реке Аракс – на 48%.

Сравнение осредненного максимального стока за периоды до строительства водохранилища и после показало, что максимальные расходы воды за весенне-летний период существенно уменьшились, а за зимний период – несколько увеличились.

Литература

1. **Мамедов А.Ш.** Защита горных водохранилищ от заиления. Вестник Бакинского Университета, серия естественных наук, Баку, №3, 2008, с. 209-212.
2. **Пряхина Г.В.** Оценка влияния крупных водохранилищ на сток рек в нижнем бьефе. //IV Всероссийский гидрометеорологический съезд, Санкт-Петербург. Метеоагенство Росгидромета, Москва, 2008, с. 105-109.
3. **Сикан А.В.** Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Санкт-Петербург, РГГМИ, 2007, 278 с.
4. **Халилов Ш.Б.** Водохранилища Азербайджана и их экологические проблемы. Издательство БГУ, Баку, 2003, 310 с.
5. **Фатуллаев Г.Ю.** Современные изменения водных ресурсов и водного режима рек Южного Кавказа. Издательство БГУ, Баку, 2002, 310 с.
6. **Burn, D.H. and Hag Elnur, M.A.** Detection of hydrologic trends and variability. //J.Hydrol., ,2002, 255, 107-122.
7. **Svensson C., Kundzewicz Z.W. and Maurer T.** Trends in flood and low flow hydrological time //series. WMO/TD-No. 1241, 2004, 44 pp.

ა ნ ო ტ ა ც ი ე ბ ი

შაკ 556.531.4

აფშერონის არქიპელაგის წყლის ხარისხის ჰიდროქიმიური მაჩვენებლები

ა. აბაკაროვი, გ. მეხტიევი

ბუნებრივი რესურსების კოსმოსური კვლევების ინსტიტუტი,
ეკოლოგიის ინსტიტუტი
ქ. ბაქო, აზერბაიჯანი

სტატიაში მოცემულია პერსპექტიული ტურიზმის განვითარების ზონის აფშერონის არქიპელაგის აკვატორიის წყლების ჰიდროქიმიური მაჩვენებლები. დამაბინძურებელი ნივთიერების შემცველობით იზრდება სამრეწველო და მოსახლეობის პუნქტების ახლოს განლაგებული უბნები. განხილულია არქიპელაგის აკვატორიის დაბინძურების მიზეზები რომელიც უარესდება წყალმეჩხერობით, რელიეფის სტრუქტურის სირთულით და ნაპირების დაკლაკნილობით, ზღვის უბეებით და ყურეებით.

საკვანძო სიტყვები: ჰიდროქიმიური მაჩვენებლები, აფშერონის არქიპელაგის აკვატორია.

შაკ 631.6:626.86

კოლექტორულ-დრენაჟული ქსელის საექსპლუატაციო საიმედოობა

ა. აივაზოვი, რ. ზაკიევა

აზერბაიჯანის ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი
ქ. ბაქო, აზერბაიჯანი

სტატიაში მოყვანილია კოლექტორულ-დრენაჟული სისტემის მუშაობის ეფექტურობის ანალიზის შედეგები სადრენაჟო ჩამონადენის მოდულის ფაქტიური მონაცემების საფუძველზე მიწების ათვისების პერიოდში.

დადგენილია მელიორაციული სისტემების მათემატიკურ-სტატისტიკური მაჩვენებლები, ალბათობა და საიმედოობა.

საკვანძო სიტყვები: კოლექტორულ-დრენაჟული ქსელი, საიმედოობა.

შაკ 04.00.06

ეკოლოგიურ გარემოებაზე ირიგაციული სისტემების ზემოქმედება აზერბაიჯანის რესპუბლიკის მილსკო-ყარაბახის მთისწინა დაბლობზე

ა. ალიმოვი, ტ. ზეინალოვი

აზერბაიჯანის ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი
ქ. ბაქო, აზერბაიჯანი

გაანალიზებულია ეკოლოგიურ-ჰიდროგეოლოგიური გარემოს ცვლილებები მსხვილი ირიგაციული სისტემების ექსპლუატაციაში შესვლის შემდეგ, სარწყავი ფართობების გაზრდის და შესაბამისად მოსარწყავად წყალმიწოდების შემდეგ.

მთისწინა დაბლობის მიწისქვეშა წყლები რეჟიმის ცვლილებით მკვეთრად განსხვავდება მდინარეების არტერიების გამოტანის კონუსის დასაწყისისა და ბოლო ნაწილისაგან, რაც დამოკიდებულია მიწისქვეშა წყლების სიჩქარეზე. ეს იწვევს მელიორაციული ღონისძიებების დიფერენცირებას.

საკვანძო სიტყვები: მიწისქვეშა წყლები, ირიგაცია, ეკოლოგია.

შაკ 591.553

ბიოცენოზის თანამედროვე მდგომარეობა კოლხეთის შელფურ ზონაში

თ. ახვლედიანი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში განიხილება კოლხეთის შელფურ ზონაში ბიოცენოზის განვითარების ანალიზი. შელფში აზოტის და ფოსფორის რაოდენობის შესამცირებლად ავტორის მიერ შემოთავაზებულია ბიოლოგიური მეთოდი – ლამინარიული წყალმცენარეების პლანტაციების შექმნა აუცილებელი პირობით – ბიომასის პერიოდული ამოღება სანაპირო ეკოსისტემიდან.

საკვანძო სიტყვები: კოლხეთის შელფის ბიოცენოზი, ევტროფირება, ლამინარია.

უაკ 634. 0,36

ტყეკაფვითი სამუშაოების ეკოლოგიურად უვნებელი ტექნოლოგია და მანქანები მთიან პირობებში

ზ. ბალამწარაშვილი, დ. მოსულიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

გაანალიზებულია საერთო შეხედულებები ხე-ტყის დამზადების პროცესებსა და ტყეკაფვითი სამუშაოების წარმოებაზე. დიდი ყურადღება აქვს დათმობილი ეკოლოგიურად უვნებელი ტყეკაფვითი სამუშაოების კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემების დამუშავებას და მათ განსახორციელებლად საჭირო ტყეკაფვის ასათვისებელი ტექნიკის: მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატების, მორსათრევი ხერხების, ერთმაგი და ორმაგი განივი გადასატანი მორსათრევი საბაგირო დანადგარების, მორსათრევ-სატრანსპორტო მანქანების, მაღალი გამავლობის თვლიანი ტრაქტორების და სხვ. ძიებასა და კვლევას.

გაანალიზებულია ავტორთა მიერ ჩატარებული თეორიული გამოკვლევების შედეგები, რომლებიც ეხება ტრაქტორ TT4-ის ბაზაზე შექმნილი მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის (მთა) გამავლობასა და მდგრადობას, გრძივი და განივი მიმართულებით მოძრაობის დროს.

საკვანძო სიტყვები: მორთრევა, ტყეკაფი, ინერციის ძალა, გორვის წინაღობის ძალა.

უაკ 624.627

წყალსატევებში წყლის დონის საზომი მოწყობილობის გაუმჯობესებული კონსტრუქცია

ი. გაბრიჩიძე, ზ. გედენიძე

შპს „ჰიდროპროექტი“,
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ქ. თბილისი, საქართველო

მოცემულია ახალი კონსტრუქციის წყლის დონის გამზომი, რომელიც ხასიათდება უნივერსალურობით, გაზომვის მაღალი სიზუსტით და საიმედოობით. გამზომი ხელსაწყო შედგება ტივტივას და განაწილებული საპირწონეების (საუბნო ტვირთების) შახტებისაგან. შახტების თავებზე განთავსებულია კბილანა ბორბლები, რომელთა ღერძის თავებზე მიერთებულია საზომი და გადამცემი აპარატურა. კბილანებზე გადადებულია ჯაჭვი ან ტროსი, რომლის ერთი ბოლო მიერთებულია ტივტივასთან, ხოლო მეორე – გამანაწილებელ საპირწონეებთან. წყალსატევში დონის ცვლილებით ტივტივა და შესაბამისად საპირწონეები აწარმოებენ წინსვლით-უკუსვლით მოძრაობას. გამზომი ხელსაწყო რეკომენდებულია პრაქტიკული დანერგვისათვის.

საკვანძო სიტყვები: საპირწონე, სარეგულაციო პრიზმა, სასარგებლო მოცულობა, ტივტივა, დონის საზომი.

უაკ 632.453.3

საქართველოში 2008 წლის აგვისტოში საომარი მოქმედების შედეგად გადამწვარი ტყის მასივების ეკოლოგიურ-ეკონომიური ზარალის შეფასება და მთის ფერდობებზე ნიადაგის ეროზიისაგან დამცავი ღონისძიებები

გ. გავარდაშვილი, მ. ვართანოვი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში დამუშავებული მეთოდოლოგიით დადგენილია, რომ საქართველოში 2008 წლის აგვისტოს თვეში საომარი მოქმედების გამო ბორჯომის, გორის მიმდებარე ტერიტორიაზე და ატენის ხეობაში გაჩენილი ხანძრის შედეგად გადამწვარი 1003 ჰექტარი ტყის ზარალმა შეადგინა 1 მილიარდ 212 მილიონ 595 ათასი ლარი, ანუ 550 მილიონი ევრო.

საველე ექსპედიციური გამოკვლევების შედეგად დადგენილ იქნა, რომ ბორჯომის რეგიონში მთლიანად გადამწვარი 250 ჰექტარი ტყის მასივიდან ეროზიული პროცესების მიმართ სენსიტიურ უბნებად დაფიქსირდა 191 ჰა (84%) ფართობი. ამ ფართობებზე ეროზიული პროცესების პროგნოზირების მიზნით გამოყენებულ იქნა ჩვენ მიერ დამუშავებული მეთოდი, ასევე აკად. ც. მირხცულავას მეთოდოლოგია და ინგლისელი პროფესორის რ. მორგანის სკალა, რომლის მიხედვითაც ამჟამად ნაღვარევის, მტს-ისა და ე.წ. რუსის

ღელეების წყალშემკრებ აუზებში გადამწვარი მთის ფერდობების მდგომარეობა შეესაბამება ეროზიის მე-2 კლასს, წელიწადში შესაბამისი 2-5 ტ/ჰა ნიადაგის ნაწილაკების ტრანსპორტირების ინტენსივობით.

გადამწვარ ფერდობებზე ეროზიული პროცესების საწინააღმდეგოდ განხილული და შემოთავაზებულია სხვადასხვა ტიპის ახალი რესურსდამზოგი მსუბუქი კონსტრუქციები (ზვინულებისა და ტერასების მოწყობის მიზნით), რომელთა მეცნიერულ-ტექნიკური სიახლის პრიორიტეტებიც დაცულია საქართველოსა და საზღვარგარეთის პატენტის მოწმობებით.

საკვანძო სიტყვები: ეკოლოგიურ-ეკონომიკური ზარალი, ტყის მასივები, ნიადაგის ეროზია, ხანძარი, კონსტრუქცია.

უაკ 361.9

საქართველოში მეწყრულ-გრავიტაციული მოვლენების შედეგები და მათი განვითარების კანონზომიერება

გ. გობეჩია,[1] ემ. წერეთელი,[2] ი. ბონდირევი,[2] გ. გაფრინდაშვილი,[2] ც. დონაძე[2]

[1)] საქართველოს საწარმოო ძალების და ბუნებრივი რესურსების შემსწავლელი სამეცნიერო ცენტრი,
[2)] ვახუშტი ბაგრატიონის სახელობის საქართველოს გეოგრაფიის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

განხილული და შეფასებულია მეწყრულ-გრავიტაციული პროცესების განვითარების კანონზომიერება, მათი ტიპოლოგიური თავისებურება. დადგენილია საშიშროების რისკი, განსაკუთრებული აქცენტია გაკეთებული ტექნო-გრავიტაციულ ფენომენზე. გეოლოგიური სტიქიის, მეწყრულ-გრავიტაციული პროცესების განვითარების რაოდენობრივი მაჩვენებლებისა და შესაძლო აქტივიზაციის რისკის შეფასებაზე დაყრდნობით მათი გავრცელებისა და წარმოქმნის პირობების მიხედვით საქართველოს ტერიტორია ზონირებული გვაქვს 7 პირობით (ზონად) რაიონად.

ზონირებული ტერიტორიების მიხედვით ორგანიზებულ უნდა იქნეს მუდმივმოქმედი რეგიონალური მნიშვნელობის გეომონიტორინგი მაღალი საშიშროების არეალში მყოფ ტერიტორიებზე, განსაკუთრებით დასახლებული პუნქტების და სტრატეგიული ობიექტების ფარგლებში (საავტომობილო გზებზე, ნავთობ– და გაზსადენების ტრასებზე, მაღალი ძაბვის ანძებზე და ელექტროგადამცემ ქსელებზე, ჰიდროტექნიკურ და მელიორაციულ ობიექტებზე, ლანდშაფტურ-გეოგრაფიულ სივრცეში).

როგორც ტერიტორიის ათვისებამდე, ასევე მშენებლობის პერიოდშიც უნდა იქნეს გაკეთებული სტიქიურ-გეოლოგიური პროცესების განვითარების შესაძლებლობის შეფასება და პროგნოზი და საპროექტო დონეზე გათვალისწინებულ იქნეს მათი ლიკვიდაციის ან შესუსტების ღონისძიებები. ცალკეულ რეპრეზენტატულ ობიექტებზე განხორციელდეს მეორე და მესამე დონის რეჟიმულ-ინსტრუმენტული დაკვირვებები.

საკვანძო სიტყვები: გეოეკოლოგიური სიტუაცია, ფერდობების დაძაბულობა, მეწყრულ-გრავიტაციული მოვლენები, ექსტრემალური და პაროქსიზმული გააქტიურება.

უაკ 627.15

წყლის გამრეცხი სიჩქარის გავლენა არხის სტრუქტურის ფორმირებაზე

ი. გოგსაძე,[1] კ. ბზიავა,[2] ი. ინაშვილი,[1] ნ. უნდილაშვილი[1]

[1)] საქართველოს სახელმწიფო აგრარული უნივერსიტეტი,
[2)] წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

მიღებულია ბუნებრივი არხების კალაპოტების მაფორმირებელი წყლის ნაკადის ზღვრული სიჩქარის ნახევრად ემპირიული დამოკიდებულება, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელია განსაზღვრულ იყოს მათი ოპტიმალური გეომეტრიული და მორფომეტრული პარამეტრები.

საკვანძო სიტყვები: გამრეცხი სიჩქარე, ზღვრული სიჩქარე, თვითგარეცხვადი კალაპოტი.

უაკ 551.482.214

მდ. მტკვრის შენაკადების ეკოქიმიური მდგომარეობის შეფასება ქ. თბილისის ტერიტორიის ფარგლებში

რ. დიაკონიძე,[1] ი. ფირცხალაიშვილი,[1] ნ. ვეფხვიაშვილი,[2] ც. მარტიაშვილი,[2] გ. ჩანკაშვილი[3]

[1)] წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
[2)] საქართველოს თავდაცვის სამინისტროს სპეცგეო,
[3)] საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ქ. თბილისი, საქართველო

სტატია ეძღვნება წყლის რესურსების ბუნებრივი და ანთროპოგენური ფაქტორებით დაბინძურების საკითხს ქ. თბილისის ტერიტორიის ფარგლებში.

წყლის რესურსების ხარისხის მძიმე ლითონებით დაბინძურების შესაფასებლად მდ. მტკვრის 20 შენაკადზე ჩატარდა საველე კვლევები. აგრეთვე გამოყენებულია ამ საკითხისადმი მიძღვნილი სხვა არსებული მასალები.

კვლევამ აჩვენა, რომ მდ. მტკვრის შენაკადები, ჩამდინარე წყლების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციების ნორმატივების თანახმად, ძლიერ არის დაბინძურებული მძიმე ლითონებით.

მდ. მტკვრის შენაკადების დაბინძურების ხარისხის შესაფასებლად ზემოხსენებულ საკითხზე იგეგმება საველე კვლევების გაგრძელება.

საკვანძო სიტყვები: ანთროპოგენური, კონცენტრაცია, დაბინძურება.

უაკ 556.535.6

საქართველოს მდინარეთა წყალშემკრები აუზების მცოცავ-მგორავი (ფსკერული) და მთლიანი მყარი ნატანის საანგარიშო ემპირიული დამოკიდებულებები

რ. დიაკონიძე, გ. ჩახაია, ლ. წულუკიძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

ჩვენ მიერ მიღებული ემპირიული დამოკიდებულებები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს საქართველოს შეუსწავლელი მდინარეების ფსკერული და მთლიანი მყარი ნატანის ჩამონადენის მიახლოებითი პროგნოზირებისათვის ბუნებრივ პირობებში.

საკვანძო სიტყვები: წყლის ხარჯი, ნატანის ჩამონადენი.

უაკ 551.3

თანამედროვე გეოდინამიკური პროცესები მესხეთ-ჯავახეთში

გ. დოხნაძე,[1] ჰ. სალუქვაძე,[2] ქ. დადიანი,[1] ი. ფირცხალაიშვილი[1]

[1)] წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
[2)] მინერალური ნედლეულის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

განხილულია ტერიტორიის გეოლოგიური და გეომორფოლოგიური თავისებურებები, რის ფონზეც აღწერილია თანამედროვე გეოდინამიკური პროცესები და მათი განვითარების ტენდენციები. პროცესთა განმსაზღვრელი ფაქტორების რაოდენობრივი მახასიათებლები წარმოდგენილია სქემების სახით.

საკვანძო სიტყვები: გეოდინამიკური პროცესები, გეოტექტონიკა, გეომორფოლოგია, ხევების სიმჭიდროვე, ხევების სიხშირე, ეროზიასაშიში წვიმები.

უაკ 338,1:626,86

სარწყავი წყლის ბინარული ტარიფიკაციის გამოყენების შესაძლებლობები

მ. ვართანოვი, კ. იორდანიშვილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

სარწყავი წყლის გამოყენების პროდუქტიულობის ამაგლების მიზნით მელიორაციული სისტემების შიგასამეურნეო ქსელისათვის წყლის მიწოდების მომსახურებაზე უნდა დაწესდეს დიფერენცირებული გადასახადი ძირითადი, შეღავათიანი და საჯარიმო ტარიფების მიხედვით მორწყვის ბუნებრივ – კლიმატურ და ტექნიკურ პირობებზე დამოკიდებულებით. ძირითადი ტარიფებით ხდება წყლის მიწოდების მომსახურების ანაზღაურება თესვისწინა და ვეგეტაციური რწყვებისათვის გეგმური მოცულობის ფარგლებში, რაც გაანგარიშებულია ტენმოხმარების ნორმატივების შესაბამისად დასამუშავებელი კულტურებისა და სავარგულების ცალკეული სახეობებისათვის, ასევე სხვა საწარმოო

საჭიროებისათვის. შედავათიანი ტარიფები გამოიყენება წყლის მიწოდების გასაანგარიშებლად გამრეცხი და ტენდამგროვებელი მორწყვისას. საჯარიმო ტარიფები გამოიყენება ვეგეტაციური რწყვებისა და სხვა სასოფლო-სამეურნეო და საწარმოო საჭიროებისათვის ზენორმატიულად აღებული წყლის რაოდენობის, ასევე წყლის თვითნებური ხარჯვის დასადგენად.

საკვანძო სიტყვები: ეკონომიკა, მელიორაცია, ტარიფიკაცია, ბინარული ტარიფი.

უაკ 628.365

კოლხეთის დაბლობის მძიმე თიხნარი ნიადაგების ფილტრაციის ზოგიერთი საკითხი

ი. ზაქაიძე, ლ. კეკელიშვილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

მოცემულია კოლხეთის დაბლობის მძიმე თიხნარი ნიადაგების ფილტრაციის საკითხები. განხილულია ფილტრაციის საწყისი გრადიენტის რიცხვითი მნიშვნელობის დასადგენად ჩატარებული ცდები. აქვე მოცემულია გრუნტის მთლიანი გაჯირჯვების დროს ფილტრაციის კოეფიციენტის ცვალებადობა წნევის გრადიენტის ზრდასთან დამოკიდებულებით. გაშუქებულია ნიადაგ-გრუნტებში არსებული ბმული წყლების მონაწილეობა ფილტრაციულ ნაკადში.

საკვანძო სიტყვები: ნიადაგი, ფილტრაცია, დაშრობა, წყალგამტარობა, ტენიანობა, გაჯირჯვება.

უაკ 06.01.02

ეკონომიკური ეფექტიანობის და ეროზიისგან ნიადაგის დაცვაზე გამოყოფილი სახსრების ოპტიმალური განაწილების გაანგარიშების მეთოდიკა

ტ. ზეინალოვი

აზერბაიჯანის ეკონომიკური პროგნოზირების
ეროვნული ცენტრი
ქ. ბაქო, აზერბაიჯანი

სტატიაში განხილულია მიწების გარანტირებული გაცემის ამაღლების, ასევე ნიადაგზე წყლის ეროზიისაგან მიყენებული ზიანის არიდებისა ან შემცირებისათვის გაანგარიშების მეთოდიკა.

დამუშავებული და შემოთავაზებულია ნიადაგის დამცავ ღონისძიებებზე გამოყოფილი სახსრების რაციონალური განაწილების მათემატიკური მოდელი და გაანგარიშების ტექნოლოგია. სოფლის მეურნეობის სარწყავი მიწების ეროზიისგან დაცვისათვის შემოთავაზებული გაანგარიშების ტექნოლოგია უზრუნველყოფს ნაყოფიერი ნიადაგის ზედა ფენის ჩამორეცხვის შემცირებას.

ნიადაგდამცავი ტექნოლოგიის გამოყენებით მორწყვა ითვალისწინებს სარწყავი კვალის სიგრძის შემცირებას, დამატებით დროებითი სარწყავი კვლების გაჭრას და მომსახურე პერსონალის შრომის ანაზღაურების ამაღლებას.

საკვანძო სიტყვები: ნიადაგის ეროზია, სარწყავი კვლები, ნიადაგდამცავი ტექნოლოგია.

უაკ 026.0015

მეცნიერებაში ბიბლიომეტრული სარეიტინგო მაჩვენებლების შესახებ

ვ. თევზაძე, ი. იორდანიშვილი, ზ. ჭარბაძე, ი. ირემაშვილი, კ. იორდანიშვილი, ე. ხოსროშვილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

მოყვანილია მეცნიერ-თანამშრომლების, სამეცნიერო ინსტიტუტების და სამეცნიერო ჟურნალების არსებული სარეიტინგო მაჩვენებლების შეფასების მეთოდების ანალიზი, რომლის საფუძველზე დგინდება ამ მეთოდების ნაკლოვანება.

ავტორების მიერ შემოთავაზებულია ქართული მეცნიერული პროდუქციის განახლებული და სრულყოფილი სარეიტინგო მაჩვენებლების გამოთვლის მეთოდიკა.

საკვანძო სიტყვები: სარეიტინგო მაჩვენებლები, მეცნიერული პროდუქცია, რეიტინგი.

შაკ 06.03.04. 04.00.24

ბორჯომის რაიონის სოფლების – წაღვერისა და დაბის მიმდებარე ნახანძრალი ტერიტორიების გეოეკოლოგიური გამოკვლევა

თ. თევზაძე, ვ. შურღაია, მ. შავლაყაძე, დ. ფოცხვერია

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

წარმოდგენილია ბორჯომის რაიონის სოფლების – წაღვერის და დაბას მიმდებარე ნახანძრალი ტერიტორიის გეოეკოლოგიური გამოკვლევების შედეგები. გამოკვლევათა ანალიზის საფუძველზე დადგენილია ის შეუქცევადი ცვლილებები, რაც განიცადა ბუნებრივმა გარემომ (გადამწვარია უნიკალური ტყე საკურორტო ზონაში, ნიადაგის ფენა, დაწყებულია ფერდობების ჩამორეცხვის პროცესი. ზედაპირულ ჩამონადენში 8,6-14,4-ჯერაა გაზრდილი ნატრიუმის იონის შემცველობა). მოყვანილია დასკვნები და რეკომენდაციები ნეგატიური პროცესების შემდგომი განვითარების აღმოსაფხვრელად.

საკვანძო სიტყვები: ნახანძრალი ტერიტორია, შიგა ხახუნის კუთხე, შეჭიდულობა, სიმკვრივე, კონსისტენცია, ანიონი, კათიონი.

შაკ 556-5.06

მცირე კავკასიონის მდინარეებზე ჰიდროლოგიური გვალვის დროისა და ჩამონადენითი მახასიათებლების განზოგადება

ფ. იმანოვი, ა. გულიევა

ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტი,
ქ. ბაქო, აზერბაიჯანი

ნაშრომში მოყვანილია მცირე კავკასიის მდინარეებზე ჰიდროლოგიური გვალვის დროისა და ჩამონადენის მახასიათებლების ანალიზი. კვლევები ჩატარებულია კომპლექსური გრაფიკების ანალიზის მეშვეობით, რომლებიც აგებულია წყალსამეურნეო წლისათვის. შემოთავაზებულია ჰიდროლოგიური გვალვის მახასიათებლების გაანგარიშების მეთოდები, რომლებიც ითვალისწინებს ჩამონადენის სივრცობრივ-დროისეულ კანონზომიერებებს.

საკვანძო სიტყვები: ჰიდროლოგიური გვალვა, წყლის რესურსები, მდინარეების ჩამონადენი.

შაკ 551.466

კოლხეთის შელფურ ზონაში სეისმური წარმოშობის ერთეული ტალღების ტრანსფორმაცია

ი. იორდანიშვილი, კ. იორდანიშვილი, ე. ხოსროშვილი, ი. მახარაძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

მოცემულია შავ ზღვაში მიწისძვრების შესახებ იმ პუბლიკაციების განზოგადება, რომლებსაც თან ახლავს ერთეული ტალღების – ცუნამის წარმოშობა. ჩატარდა შავი ზღვის ცუნამის დამანგრეველი შედეგების ანალიზი, განპირობებული ცუნამის მნიშვნელოვანი სიგრძით (45-110 კმ), გავრცელების სიჩქარით (120-400 კმ/სთ) და სიმაღლით (7 მ-მდე), რომელიც ქარისმიერი ტალღის სიმაღლის თანაზომადია.

გაანგარიშებულია ერთეული ტალღის თეორიული ტრანსფორმაცია გრინის კანონის გამოყენებით კოლხეთის ზონის მდორედ ცვლადი სიღრმეებისთვის. ანგარიშის შედეგები ემთხვევა დაკვირვებების მონაცემებს.

საკვანძო სიტყვები: ერთეული ტალღები, ცუნამი.

შაკ 624.137.5

ეროზირებული ფერდობების გასამაგრებელი საინჟინრო ღონისძიებების შემუშავება

ი. ირემაშვილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

განხილულია საქართველოს საავტომობილო გზებზე არსებული ეროზირებული ფერდობების მდგომარეობა და მათი გამაგრების ღონისძიებები. კვლევებისათვის შერჩეულ იქნა უბნები, რომლებიც არ ექვემდებარება ბიოსაინჟინრო ღონისძიებების გატარებას და ნაჩვენებია მდგომარეობის გაუარესების დინამიკა დროში.

დაზიანებულ უბნებზე განხორციელდა

რკინაბეტონის დამცავი საფარის მოწყობა ტორკრეტირების მეთოდის გამოყენებით.

გატარებულმა ღონისძიებებმა გვიჩვენა, რომ ეროზიული პროცესების შეჩერების მიზნით აღნიშნული მეთოდის გამოყენება ხასიათდება ეკონომიკურობით, ტექნოლოგიური სიმარტივით და პერსპექტიულობით, რაც საქართველოს პირობებისათვის მიზანშეწონილია მიღებულ იქნეს ეროზიის ერთერთ საწინააღმდეგო ღონისძიებად.

საკვანძო სიტყვები: ეროზია, დამცავი საფარი, ტორკრეტირება, პლასტიფიცირებული ბეტონი.

უაკ 624.138(07)

ბრუნტების თვისებების მართვის მეთოდების კლასიფიკაცია

ლ. იტრიაშვილი, ნ. ნიბლაძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შედგენილია გრუნტების მიზნობრივი მართვის მეთოდების ახალი, ზოგადი კლასიფიკაცია, რომელიც მაქსიმალურად აერთიანებს ყველა არსებულ შემადგენელ ელემენტს. ძირითადი მიზნები: განხორციელების მექანიზმები, რეკომენდებული დანამატები და გრუნტები, ძირითადი ტექნოლოგიური ოპერაციები, წარმოშობილი სტრუქტურები.

საკვანძო სიტყვები: გრუნტები, თვისებები, მართვა, მეთოდები, კლასიფიკაცია.

უაკ 628.113

ევტროფიკაციული პროცესები ტბებსა და წყალსაცავებში

**დ. კერესელიძე, ვ. ტრაპაიძე,
მ. ალავერდაშვილი, გ. ბრეგვაძე**

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი
თბილისი, საქართველო

ტბებისა და წყალსაცავების რესურსული დეგრადაცია იწვევს როგორც ანთროპოგენურ, ისე ბუნებრივ ევტროფიკაციას, რომლის შედეგად წყალსატევში ხდება ბიოგენური ელემენტების ჭარბი გადინება, ბიოგენების პირველადი პროდუქცია იწყებს მკვეთრ გადამეტებას დესტრუქციულზე, აერობულ პროცესებს ცვლის ანაერობული პროცესები, წყლის სასმელი და ჰიგიენური ხარისხი მცირდება, ეცემა წყალსატევის სანიტარული და რეკრეაციული მდგომარეობა.

ნაშრომში განხილულია ტბებისა და წყალსაცავების ევტროფიკაციის გამომწვევი ფაქტორები, შეფასების ინდიკატორები, შემუშავებულია წყალსაცავებში ევტროფიკაციული პროცესების პროგნოზირების მათემატიკური მოდელი, რომელიც აგებულია წყალსაცავში ფიტოპლანქტონის პოპულაციის დინამიკაზე. თეორიული მოდელი განხილულია ზოგიერთი ტბისა და წყალსაცავის მაგალითზე და მიღებულია პრაქტიკული შედეგები.

საკვანძო სიტყვები: ევტროფიკაცია, ტბები, წყალსაცავები.

უაკ 622.271.333

ფერდოს ჩამოშვავებული მასის საშიში დაცურების ზედაპირის დიფერენციალური განტოლების შედგენა და მისი გამოკვლევა დამატებითი დატვირთვების გათვალისწინებით

ტ. კვიციანი, გ. ხუციშვილი, თ. გარდაფხაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ქ. თბილისი, საქართველო

განხილულია ფერდოს სტატიკური მდგრადობა, როცა ფერდოს მასივზე საკუთარი სიმძიმის ძალის გარდა მოქმედებს აფეთქებისა და სეისმური ძალები. გამოყვანილია პირველი რიგის არაწრფივი ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლება, რომელსაც დააკმაყოფილებს ფერდოს მასის საშიში დაცურების ზედაპირის აღმწერი განტოლება. მოყვანილია ამ განტოლების ამოხსნა კვადრატურებში, ხოლო ზოგიერთი შემთხვევისათვის კი – ელემენტარულ ფუნქციებში, რაც საშუალებას იძლევა დავადგინოთ ფერდოს მასივის ჩამონგრევის ზონები.

საკვანძო სიტყვები: ფერდობი, დატვირთვები, დაცურების წირი, მიწისძვრა, გრუნტი.

უაკ 624.138

ფერდობების ეროზიის საწინააღმდეგო გამაგრება ახალი პოლიკომპლექსის სსბმ-ის გამოყენებით

ხ. კიკნაძე, ნ. ნიბლაძე, ი. ხუბულავა

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
თბილისი, საქართველო

განხილულია ფერდობების კომპლექსური გამაგრების საკითხები ბალახის დათესვისა და დამცავი პოლიმერგრუნტის ქერქის შექმნის გზით.

მოყვანილია მონაცემები პოლიმერ-გრუნტის ქერქის ეკვივალენტური შეჭიდულობის წყალმდგრადობის, წყლისა და ქარის ეროზიის მიმართ წინააღმდეგობის, წვიმის სხვადასხვა ინტენსივობის და ქარის სიძლიერის ცვალებადობისას, გამაგრებული ზედაპირის ქვეშ ტემპერატურული და წყლის რეჟიმი, ბალახის აღმოცენებისა და განვითარების შესახებ, აგრეთვე მოცემულია პოლიკომპლექსის რეკომენდებული დოზები სხვადასხვა ტიპის გრუნტებისათვის.

საკვანძო სიტყვები: ფერდობი, ეროზია, სტაბილიზატორები, პოლიმერგრუნტის ქერქი, ბალახი.

უაკ 621.674

ჰიდროეკოლოგიური პროცესების მათემატიკური მოდელირება ცვალებადი სასაზღვრო პირობების დროს და მათი კომპიუტერული იმიტაცია

რ. კილაძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
თბილისი, საქართველო

განხილულია ჰიდროეკოლოგიური პროცესების (ნალექებით გამოწვეული ჩამონადენი, ზედაპირული, თვითდინებითი მორწყვა, ინფილტრაცია და სხვა) მათემატიკური აღწერა. ეს პროცესები, როგორც წესი, მრავალეტაპიანია განსხვავებული სასაზღვრო პირობებით, რომელთა შეცვლის მომენტი წინასწარ უცნობია და დამოკიდებულია პროცესის მსვლელობაზე. ასეთი რთული პროცესების კომპიუტერული იმიტაციის მიზნით გამოიყენება სრული თეორიული ბაზა წყლის ნაკადის დაუმყარებელი მოძრაობის დიფერენციალურ განტოლებათა სახით (ინფილტრაციის გათვალისწინებით), ხოლო სისტემის ამოხსნისათვის რიცხვითი (სასრულ-სხვაობიანი) მეთოდები, რაც მთლიანი პროცესის სხვადასხვა ეტაპების გადაბმისა და გაერთიანების საშუალებას იძლევა.

საკვანძო სიტყვები: ჰიდროეკოლოგიური პროცესები, მათემატიკური მოდელირება, კომპიუტერული იმიტაცია, მართვა.

უაკ 631.674

ინფილტრაციის შესწავლის და ასახვის თეორიული და ექსპერიმენტული მეთოდები

რ. კილაძე, ლ. კეკელიშვილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
თბილისი, საქართველო

განიხილება ინფილტრაციის თეორიული და ექსპერიმენტული ასახვის მეთოდები წყალჟონვად ფსკერზე ცვალებადი მასის წყლის ნაკადის მოძრაობის დროს. შემუშავებულია ინფილტრაციის ასახვის ეფექტური მეთოდები. პირველი – საიდენტიფიკაციო პარამეტრების განსაზღვრა უშუალოდ მორწყვის პროცესში (მის საწყის ეტაპზე), ინფილტრაციაზე სპეციალური ცდების ჩატარების გარეშე და მეორე - ინფილტრაციაზე ცდების მონაცემების უშუალოდ გამოყენება ამ მონაცემების დამუშავების გარეშე.

საკვანძო სიტყვები: მორწყვა, ინფილტრაცია, საველე ცდები.

უაკ 504.054:63:69.002.68

სუფთა ტექნოლოგიების და ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქციის წარმოების დანერგვა და განვითარება უკრაინის მდგრადი განვითარებისათვის

ს. კუზინი, ე. უტკინა

ვ.ნ. კარაზინის სახელობის ხარკოვის
ეროვნული უნივერსიტეტი
უკრაინის ეკოლოგიური პრობლემების
სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი,
ქ. ხარკოვი, უკრაინა.

ნაშრომში განხილულია ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქციის და სუფთა ტექნოლოგიების დანერგვის სფეროში არსებული ტენდენციები უკრაინაში. მოყვანილია არსებული სამრეწველო სიმძლავრეების უფრო ეფექტური

გამოყენების რეკომენდაციები. მოცემულია მოქმედი საკანონმდებლო ბაზის ანალიზი და მისი შესაძლო ადაპტაცია ცვლად პირობებთან.

საკვანძო სიტყვები: სუფთა ტექნოლოგიები, ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქცია.

უაკ 631.6:626.86

დახურული დრენაჟის კონსტრუქციის ფილტრაციული წინაღობა

ნ. მახმუდოვი

აზერბაიჯანის ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის სამეცნიერო-საწარმოო გაერთიანება
ქ. ბაქო, აზერბაიჯანი

სტატიაში მოყვანილია ქვიშა-ხრეშის მასალის ფილტრიანი პოლივინილქლორიდის მილებისაგან მომზადებული დახურული დრენაჟის კვლევის შედეგები. დადგენილია დრენაჟის მუშაობის ფილტრაციული წინაღობები (საერთო, ძირითადი და დამატებითი) და შედარებულია მათ საანგარიშო სიდიდეებთან.

საკვანძო სიტყვები: დახურული დრენაჟი, ფილტრაციული წინაღობა.

უაკ 631.459.43

ბმული ღვარცოფის ირიბი ჰიდრავლიკური ნახტომი

ო. ნათიშვილი, ვ. თევზაძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

შემოთავაზებულია ბმული (მაღალკონცენტრირებული) ღვარცოფული ნაკადის ირიბი ჰიდრავლიკური ნახტომის საანგარიშო სქემა მისი ვერტიკალურ კედელზე ზემოქმედების დროს, რომელიც განსაზღვრული კუთხით არის განთავსებული ნაკადის მოძრაობის მიმართ. რეკომენდირებულია ბმული ღვარცოფის მახასიათებლების საანგარიშო დამოკიდებულება მისი ნარიყის კონუსზე მოძრაობის დროს. მიღებულია მხედველობაში ბმული ღვარცოფის ანომალიური ბუნება.

საკვანძო სიტყვები: ღვარცოფი, გამოტანის კონუსი, ირიბი ნახტომი, ვერტიკალური კედელი.

უაკ 631.367

დასაწვიმი დანადგარის მდგრადობა განივი დახრის ფერდობზე მუშაობის დროს

ო. ნანიტაშვილი,[1] ე. რეხვიაშვილი,[2] ვ. ნანიტაშვილი[2]

[1)] წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
[2)] საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
ქ. თბილისი, საქართველო

განხილულია დასაწვიმი დანადგარის მდგრადობა განივი დახრის ფერდობზე მუშაობის დროს. დანადგარზე მოქმედ ძალთა მომენტების ბალანსირების განტოლების საფუძველზე, მიღებულია დამოკიდებულება და დიაგრამა დასაწვიმი დანადგარის დინამიკური მდგრადობის კრიტიკული კუთხეების განსაზღვრისათვის.

საკვანძო სიტყვები: დასაწვიმი დანადგარი, პოზიციური ქმედება, რეაქტიული ძალა, დინამიკური მდგრადობა, კრიტიკული კუთხე, მიკრორელიეფი.

უაკ 35.776;73

მთის მდინარეების წყალმიმღები ნაგებობების ახალი კონსტრუქციები

რ. პეტევოტიანი

ერევნის არქიტექტურის და მშენებლობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ქ. ერევანი, სომხეთი

შემოთავაზებულია მთის მდინარეებზე წყალმიმღები კვანძის კონსტრუქციული ამოხსნა, რომლის მეშვეობით შესაძლებელია წყალმოვარდნის დროს მაქსიმალური ხარჯის გაშვება ნაგებობების დაზიანების გარეშე. ამავდროულად, უზრუნველყოფილი იქნება ეფექტურად, წინასწარ გაწმენდილი საჭირო მოცულობის წყლის მიღება და აგრეთვე, ნაგებობებში წარმოქმნილი ნალექის მოცილება და წყალსატევში ჩადინება.

საკვანძო სიტყვები: წყალმიმღები და გამწმენდი ნაგებობები, მთის მდინარეები.

შაკ 06.01.02

ნავიგაციური კონტროლის ოპტიმალური მარშრუტის დაგეგმვის ინფორმაციული ფორმალიზაცია ეკოლოგიურ მონიტორინგში

ბ. რუსტამბეკოვი

აზერბაიჯანის მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ფიზიკის ინსტიტუტი
ქ. ბაქო, აზერბაიჯანი

დამუშავებულია მათემატიკური იმიტაციური დისტანციური სპექტრულ- ფოტომეტრული ექსპერიმენტის მოდელი. ინფორმაციული გაზომვების გამოყენებით მოდელურ დონეზე ჩატარებულია მრავალ დონური გაზომვების ეტალონირება და ოპტიმალური დაგეგმვა დედამიწის ზედაპირის ოპტიკურად არაერთგვაროვან სხვადასხვა ტიპის მონაკვეთებზე.

საკვანძო სიტყვები: აეროკოსმოსური კვლევები, მონიტორინგი, დედამიწის ზედაპირი.

შაკ 631.3:631.626.86

საბორავი არხსაჭრელის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა

ვ. სამხარაძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

წარმოდგენილია არხსაჭრელის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგი, მიზანია დადგინდეს დამოკიდებულება კონუსური ტიპის კვალსაჭრელის გეომეტრიულ დახასიათებებსა და ნიადაგის მაჩვენებლებს შორის: სინესტეს, სიმკვრივესა და მუშა ორგანოს ზედაპირზე ნიადაგის ნაწილაკების მიწებების ხარისხი. შემოთავაზებულია კვლის ფერდების დახრის ოპტიმალური პარამეტრები.

საკვანძო სიტყვები: საგორავი კვალსაჭრელი, გუთანი, ჭრა, ტკეპნა, მოდელი, ჭრის კუთხე.

შაკ 532.517.3

ენერგიის დანაკარგის გაანგარიშება არამყარი ლამინარული მოძრაობისას ბლანტი სითხის რგოლისებრ ცილინდრულ მილში

ა. სარუხანიანი

არქიტექტურისა და მშენებლობის ერევნის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,
ქ. ერევანი, სომხეთი

განხილულია ბლანტი სითხის არამყარი ლამინარული მოძრაობა რგოლისებრ ცილინდრიან მილში. გაკეთებულია ამოცანის მათემატიკური მოდელი. ჩამოყალიბებულია ამოცანის ამოხსნა ზოგადი შემთხვევისათვის, როდესაც საწყისი და ზღვრული პირობები მოცემულია ნებსითი ფუნქციის სახით. მიღებული ზოგადი ამოხსნა საშუალებას გვაძლევს ამოვხსნათ კერძო ამოცანები და განვსაზღვროთ ნაკადის ცოცხალი კვეთით სიჩქარეების პროფილი, საშუალო სიჩქარის ცვლილება და მოძრაობის მოცულობის კოეფიციენტი, აგრეთვე ენერგიის დანაკარგები დროში

საკვანძო სიტყვები: არამყარი მოძრაობა, რგოლისებრი მილი, ენერგიის დანაკარგები, ვებერის ფუნქციები, ამოხსნა, სიჩქარეების პროფილი.

შაკ 148,93

წყალმოვარდნებით ნიადაგის დაზიანებები და მათი თავიდან აცილების გზები

ლ. ფურცელაძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
თბილისი, საქართველო

მოცემულია მიწის რესურსების აღწერა, განხილულია ნიადაგის ეროზია, როგორც წყლის, მდინარეებისა და ქანების მიერ ნიადაგსაფარის რღვევისა და დაშლის მრავალფეროვანი პროცესი, რომლის დროსაც ირღვევა ნიადაგის ნაყოფიერი ზედა ფენა.

განხილულია ეროზიის რამდენიმე სახე: წყლისმიერი, ირიგაციული და ტექნიკური, რომლებიც მრავალი ბუნებრივი და ხელოვნური ფაქტორითაა გამოწვეული; შემოთავაზებულია მათი აცილების გზები.

საკვანძო სიტყვები: წყალი, ნიადაგი, ეროზია, ეკოლოგია, პროგნოზირება

უაკ 631.11(479)

ნიადაგ-გრუნტების დასაშვები სიჩქარე ზედაპირულ-მოლეკულური ეფექტების გათვალისწინებით

თ. ქაცარავა,[1] შ. კუპრეიშვილი,[2] პ. სიჭინავა[2]

[1)] საქართველოს სახელმწიფო აგრარული უნივერსიტეტი,
[2)] წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

განხილულია გამრეცხ სიჩქარეთა საანგარიშო მოდელში ზედაპირულ-მოლეკულური ეფექტების გათვალისწინება, რაც რადიკალურად ცვლის ამ პარამეტრის რაოდენობრივ სიდიდეს. ამასთან ერთად აღნიშნულია, რომ არსებული საანგარიშო მოდელები მართებულია მხოლოდ მყარი ნატანისათვის და ის მოკლებულია დამაჯერებლობას მაღალდისპერსიული თიხა-გრუნტებისათვის.

ტრივიალური მოდელის საფუძველზე შეფასებულია რაოდენობრივი პროგნოზი ეროზიის ინტენსივობაზე დასაშვები სიჩქარის ნორმატიული სიდიდის მიხედვით და მასთან რაოდენობრივ კავშირში.

საკვანძო სიტყვები: ტურბულენტური ნაკადი, ჰიდრომექანიკური წნევა, გრავიტაციული ძალა, აფსკური წყალი.

უაკ 632.125

მდინარე ცხენისწყლის აუზში ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესების პროგნოზირება

გ. ჩახაია, რ. დიაკონიძე, ლ. წულუკიძე, ფ. ლორთქიფანიძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

მდინარე ცხენისწყლის წყალშემკრებ აუზში შესწავლილია ღვარცოფული ხასიათის 14 შენაკადი, რომლებისთვისაც, დაზიანების ხარისხის გათვალისწინებით, დადგენილია მთის ფერდობის ეროზიის კოეფიციენტები. აგრეთვე დადგენილია ეროზიული პროცესების რაოდენობრივი მახასიათებლები და ღვარცოფის სხვადასხვა უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯები.

ჩვენ მიერ მდინარე ცხენისწყლის წყალშემკრებ აუზში ჩატარებული კვლევების საფუძველზე მიღებული საპროგნოზო სიდიდეები გვაძლევს შესაძლებლობას წარმოდგენა ვიქონიოთ აღნიშნული მდინარის აუზში არსებული იმ ეკოლოგიური სიტუაციის შესახებ, რომლის გამოყენება შესაძლებელია ეროზიულ-ღვარცოფული მოვლენების წინააღმდეგ ბრძოლისას.

საკვანძო სიტყვები: ეროზია, ღვარცოფი.

უაკ 556. 013

რელიეფის ზედაპირის სქემატიზირებისა და წვიმისმიერი ჩამონადენის მოდელირების ზოგიერთი საკითხი

გ. ჩიტიშვილი, ლ. კეკელიშვილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

განიხილულია რელიეფის ზედაპირის სქემატიზირებისა და მათემატიკური ასახვის შედეგების გამოყენება წვიმისმიერი ჩამონადენის მათემატიკური მოდელირების საქმეში.

მოცემულია ორი ფერდობი და მათ შორის მდებარე კალაპოტისაგან შექმნილი რელიეფის ელემენტის განივი კვეთი; ამ კვეთის წერტილებისაგან რელიეფის მახასიათებელ მრუდთა კოორდინატული აგების წესი, ასევე ნაკადისა და რელიეფის სხვა მაჩვენებლების გაანგარიშების შესაძლებლობა.

საკვანძო სიტყვები: რელიეფი, ჩამონადენი, წვიმისმიერი, მოდელირება, ნაკადი.

უაკ 628.394

წყალსატევების წყლის დაბინძურების ხარისხის დესკრიფციული მოდელირება

ზ. ციხელაშვილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

ზედაპირული წყლების დაბინძურების ხარისხის ინტეგრირებული მართვისთვის შემუშავებულია წყალსატევების (წყალსაცავები, მდინარეები, ტბები და სხვ.) წყლის დაბინძურების ხარისხის შეფასებისა და პროგნოზირების დესკრიფციული (აღწერითი) მოდელები, რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს წყალსარგებლობის კატეგორიების შესაბამისად

(მოსახლეობის სასმელ-სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო და თევზსამეურნეო წყალსარგებლობა), როგორც ზედაპირულ წყლებზე სუბიექტების მიერ გამოწვეული ანთროპოგენური და ტექნოგენური დაბინძურების თავიდან აცილების, დამაბინძურებელ ქიმიურ ნივთიერებათა ჩაშვების რეგლამენტირების, მონიტორინგის და კონტროლის (ზედამხედველობის) რეალური ინსტრუმენტული საშუალება.

მოდელირების შედეგები რეკომენდებულია დასანერგად საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს ხაზით ზედაპირული წყლის რესურსების დაბინძურების ხარისხის ინტეგრირებული მართვისთვის და ყველა იმ წყალსამეურნეო სუბიექტისათვის ვინც საქმიანობით დაკავშირებულია წყალსატევების წყლის დაბინძურებასთან.

საკვანძო სიტყვები: წყალსატევები, მოსახლეობის სასმელ-სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო და თევზსამეურნეო წყალსარგებლობა, წყლის დაბინძურების ხარისხის შეფასება-პროგნოზირების დესკრიფციული მოდელები, წყალსატევების წყლის დაბინძურების ხარისხის ინტეგრირებული მართვა, წყალსამეურნეო სუბიექტები.

უაკ 631.4

სასაზღვრო ზღუდეზე მოსული წნევის შესახებ

ზ. ჭარბაძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში მოცემულია დარტყმის მომენტში სასაზღვრო ზღუდეზე მოსული წნევის შეფასება. დადგენილია, რომ წნევის სიდიდე ზღუდის შეხების მთელი პერიოდისათვის არ არის მუდმივი. კონკრეტული საკითხის გადაჭრა მოითხოვს მიმდინარე პროცესის მთლიანობაში განხილვას, შეფასებას და მხოლოდ ამის შემდეგ უნდა მოხდეს მიმდინარე პროცესის დაყოფა ინტერვალებად, რის შემდეგაც მოხდება იმ ინტერვალის შერჩევა რომელიც ყველაზე უფრო მოქმედებს ეროზიულ პროცესზე.

საკვანძო სიტყვები: წვეთი, წნევა, დაცემა.

უაკ 556.5.048

მსხვილი წყალსაცავების გავლენის შეფასება სამხრეთ კავკასიონის ტრანსმოსაზღვრე მდინარეების წყლის მაქსიმალურ ხარჯებზე

ნ. ჰასანოვა

ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტი,
ქ. ბაქო, აზერბაიჯანი.

ნაშრომში მოყვანილია მინგეჩაურის და არაქსის წყალსაცავების და შესაბამისად მდ. მტკვრის და მდ. არაქსის ბუნებრივი მაქსიმალური ხარჯების ცვლილებების შეფასების შედეგები წყალსაცავების შექმნამდე და შექმნის შემდეგ. გამოყენებულია სტატისტიკური, გრაფიკული და შედარების მეთოდები. დადგენილია, რომ მინგეჩაურის კვეთში საშუალო წლიური მაქსიმალური წყლის ხარჯი შემცირდა 59%-ით, ხოლო კიზილ-ვანკის მდ. არაქსის კვეთში – 48%-ით.

საკვანძო სიტყვები: წყლის ხარჯი, ჰიდროგრაფი, წყალსაცავები.

А Н Н О Т А Ц И И

УДК 556.531.4

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОД АПШЕРОНСКОГО АРХИПЕЛАГА

Абакаров А.М., Мехтиева Г.Ю.

Институт космических исследований
природных ресурсов,
Институт Экологии НАКА,
г. Баку, Азербайджан

В статье рассмотрены гидрохимические показатели вод акватории Апшеронского архипелага – зоны перспективного развития туризма. Содержание загрязняющих веществ в районе возрастает вблизи промышленных участков и населенных пунктов, уменьшаясь при их отдаленности. Рассмотрены загрязнения акватории архипелага, которые усугубляются ее мелководностью, сложной структурой рельефа дна и изрезанностью берегов, ослабляющие водообмен большинства бухт и заливов.

Ключевые слова: гидрохимические показатели; акватория Апшеронского архипелага.

УДК 631.6:626.86

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ

Айвазов А.М., Закиева Р.А.

Азербайджанский Научно-исследовательский
Институт Гидротехники и Мелиорации
г. Баку, Азербайджан

В статье приведены результаты анализов эффективности работы коллекторно-дренажной системы по фактическим данным модуля дренажного стока в период сельхозосвоения земель.

Определены математико-статистические показатели, вероятность и надежность мелиоративной системы.

Ключевые слова: коллекторно-дренажная сеть, надежность.

УДК 04.00.06

ВЛИЯНИЕ ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ МИЛЬСКО-КАРАБАХСКОЙ ПРЕДГОРНОЙ РАВНИНЫ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Алимов А.К., Зейналов Т.С.

Азербайджанский Научно-исследовательский
Институт Гидротехники и Мелиорации
г. Баку, Азербайджан

В статье анализируются изменения эколого-гидрогеологической обстановки после ввода в эксплуатацию крупных ирригационных систем, увеличения орошаемых площадей и соответственно водоподачи на орошение.

Изменение режима подземных вод предгорной равнины резко отличается между начальной и конечной частями конуса выноса речных артерий, что связано со скоростями потока подземных вод. Это приводит к дифференцированию мелиоративных мероприятий.

Ключевые слова: подземные воды, ирригация, экология.

УДК 591.553

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БИОЦЕНОЗА В ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ КОЛХИДЫ

Ахледиани Т.Е.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В работе рассматривается анализ развития биоценоза в шельфовой зоне Колхиды. Для уменьшения содержания азота и фосфора в шельфе автором предлагается биологический метод – создание плантаций ламинариевых водорослей с необходимым условием периодического изъятия биомассы из прибрежной экосистемы.

Ключевые слова: биоценоз шельфа Колхиды, эвтрофирование, ламинария.

УДК 634.0,36

ЛЕСОСЕЧНЫЕ РАБОТЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Баламцарашвили З.Г., Мосулишвили Д.И.

Грузинский Технический Университет,
Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

Проанализированы общие воззрения на лесозаготовки и на производство лесосечных работ. Большое внимание уделено разработке технологических схем комплексной механизации экологически безвредных лесосечных работ и для их осуществления необходимой для освоения лесосек техники: агрегатов трелёвочных самопогрузчиков, трелёвочных пил, одинарных и двойных поперечных передвижных трелёвочных канатных установок, трелёвочных транспортных машин, колёсных тракторов высокой проходимости.

Проанализированы результаты теоретических исследований, которые касаются проходимости и устойчивости – во время продольного и поперечного направления движения, созданных на базе трактора ТТ4 агрегатов трелёвочных самопогрузчиков (МТА).

Ключевые слова: трелёвка, лесосека, сила инерции, сила сопротивления перекатывания.

УДК 338.1:626.86

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИНАРНОЙ ТАРИФИКАЦИИ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

Вартанов М.В., Иорданишвили К.Т.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

С целью повышения продуктивности использования оросительной воды предлагается установить плату за услуги по подаче воды во внутрихозяйственную сеть мелиоративных систем дифференцированно в зависимости от природно-климатических и технических условий орошения по основным, льготным и штрафным тарифам. Основные тарифы применяются при оплате услуг по подаче воды, используемой для предпосевных и вегетационных поливов в пределах плановых объемов, рассчитанных в соответствии с нормативами влагопотребления по конкретным видам возделываемых культур и угодий, а также для других производственных нужд. Льготные тарифы применяются при расчетах за подачу воды, используемой для проведения промывочных и влагозарядковых поливов.

Штрафные тарифы применяются при сверхнормативном заборе воды для проведения вегетационных поливов, на другие сельскохозяйственные и производственные нужды, а также за самовольный забор воды.

Ключевые слова: экономика, мелиорация, тарификация, бинарный тариф.

УДК 624.627

УЛУЧШЕННАЯ КОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В ВОДОЕМАХ

Габричидзе И.Д., Геденидзе З.Ш.

ООО «Гидропроект»,
Грузинский Технический Университет,
г. Тбилиси, Грузия

В работе приводится описание новой конструкции прибора для измерения уровня воды, который характеризуется универсальностью, высокой точностью измерения и надёжностью. Прибор состоит из поплавка и регулирующих шахт для противовесов (грузов). В оголовках шахт расположены зубчатые колеса, верхняя часть оси которых подсоединена к измерительной передаточной аппаратуре. На зубчатки перекинута цепь или трос, один конец которого подсоединен к поплавку, а второй к распределительным противовесам. В соответствии с изменением уровня воды в водоёме поплавок и, соответственно, противовесы производят возвратно-поступательное движение.

Измерительный прибор рекомендуется для практического внедрения.

Ключевые слова: противовес, призма регулирования, полезный объём, поплавок, измеритель уровня.

УДК 632.453.3

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ПОЖАРОВ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ, ВОЗНИКШИХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ В ГРУЗИИ В АВГУСТЕ 2008 ГОДА И МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ГОРНЫХ ОТКОСОВ ОТ ЭРОЗИИ

Гавардашвили Г.В., Вартанов М.В.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В результате возникших во время военных действий пожаров в Боржомском регионе на территории, прилежащей к г. Гори, а также в Атенском ущелье Грузии в августе 2008 года было уничтожено 1003 га лесных массивов. Величина возникшего ущерба, рассчитанного по методологии Института Водного Хозяйства Грузии, составила 1 миллиард 212 миллионов 595 тысяч лари или 550 миллионов евро.

На основе полево-экспедиционных исследований установлено, что в результате пожара в Боржомском регионе полностью сгорело 250 га лесных массивов, из которых 84% (191 га) признаны как эрозионно-сенситивные площади.

Для прогнозирования и оценки эрозионных процессов наряду с разработанным нами методом и методологией академика Ц.Е. Мирцхулава, была использована эрозионная шкала английского профессора Р. Моргана. В результате оценки процессов, происходящих на сожженной площади водосборных бассейнов рр. Нагваревис-геле, МТС-геле и Русис-геле, было установлено, что состояние горных откосов соответствует второму классу эрозии, а интенсивность траспортировки частиц почвы составляет 2-5 т/га в год.

Для предотвращения эрозионных процессов на сгоревших горных откосах с целью создания валов и террас рассмотрены и предложены ресурсосберегающие новые виды различных противоэрозионных легких конструкций, научно-техническая новизна которых защищена Грузинскими и иностранными патентными свидетельствами.

Ключевые слова: эколого-экономический ущерб; лесные массивы; эрозия почвы; пожар; конструкция.

УДК 556.5.048

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КРУПНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ НА МАКСИМАЛЬНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК ЮЖНОГО КАВКАЗА

Гасанова Н.И.

Бакинский Государственный Университет,
г. Баку, Азербайджан

В данной статье на примере Мингечевирского и Аракского водохранилищ оценены изменения естественных максимальных расходов воды соответственно рек Кура и Аракс за периоды до и после строительства водохранилищ. Использованы статистические и графические методы, а также метод сравнения. Установлено, что в створе Мингечевир средний многолетний максимальный расход воды уменьшился на 59%, а в створе Кызыл-Ванк на реке Аракс – на 48%.

Ключевые слова: расход воды, гидрограф, водохранилища.

УДК 627.52

ОПОЛЗНЕ-ГРАВИТАЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ГРУЗИИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ РАЗВИТИЯ

Гобечия Г.Н.,[1] Церетели Э.Д.,[2] Бондырев И.В.,[2] Гаприндашвили Г.Г.,[2] Донадзе Ц.А.[2]

[1)] Центр по изучению производительных сил и природных ресурсов Грузии,
[2)] Институт географии Вахушти Багратиони
г. Тбилиси, Грузия

В результате изучения и анализа развития геологической стихии, количественных и характерных показателей развития оползне-гравитационных явлений территория Грузии зонирована нами на 7 условных районов (зон).

По зонированным территориям должен быть организован постоянно действующий мониторинг регионального характера, особенно по стратегическим объектам (автомобильные дороги, нефтяные и газопроводные трассы, башни и сети электропередач высокого напряжения, гидротехнические и мелиоративные объекты, населенные пункты и ландшафто-географические пространства), оказавшиеся в ареале высокой опасности.

Как до освоения территорий, так и в период строительства должна быть дана конкретная оценка возможности развития стихийно-геологических процессов и на проектном уровне следует предусмотреть мероприятия по их ликвидации или ослаблению.

На указанных территориях и на отдельных репрезентативных объектах необходимо организовать режимно-инструментальные наблюдения II и III порядка.

Ключевые слова: геоэкологическая ситуация, напряжение откосов, оползне-гравитационные явления, экстремальная и пароксизмальная активность.

УДК 627.15

ВЛИЯНИЕ РАЗМЫВАЮЩЕЙ СКОРОСТИ ВОДЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КАНАЛА

Гогсадзе И. З.,[1] Бзиава К. Г.,[2] Инашвили И. Д.,[1] Ундилашвили Н. А.[1]

[1)] Грузинский Государственный Сельскохозяйственный Университет
[2)] Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

Получена полуэмпирическая зависимость предельной руслоформирующей скорости водного потока, при помощи которой возможно определить оптимальные геометрические и морфометрические параметры естественных каналов водотока.

Ключевые слова: размывающие и предельные скорости; саморазмывающие русла.

УДК 551.482.214

ЭКОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЙ ПРИТОКОВ Р. МТКВАРИ (КУРА) НА ТЕРРИТОРИИ Г.ТБИЛИСИ

Диаконидзе Р.В.,[1] Пирцхалаишвили И.Т.,[1] Вепхвиашвили Н.А.,[2] Мартиашвили Ц.Т.,[2] Чанкашвили Г.Т.[3]

[1)] Институт Водного Хозяйства,
[2)] Спецгео Министерство обороны Грузии,
[3)] Грузинский Технический Университет,
г. Тбилиси, Грузия

Статья посвящена вопросу загрязнения водных ресурсов, вызванными природными и антропогенными факторами на территории г. Тбилиси.

Для оценки степени загрязнения водных ресурсов тяжелыми металлами проведены полевые исследования на 20 притоках водосборного бассейна р. Мтквари. В работе также использованы другие имеющиеся материалы по этому вопросу.

Исследования показали, что притоки р. Мтквари по критериям предельно допускаемых концетраций сточных вод сильно загрязнены тяжелыми металлами.

Для полной оценки качества загрязнения притоков р. Мтквари намечается продолжение полевых исследований по вышеуказанному вопросу.

Ключевые слова: антропогенный, концентрация, загрязнение

УДК 556. 535.6

ЭМПИРИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЛЕКОМЫХ (ДОННЫХ) И ПОЛНОГО СТОКА НАНОСОВ ВОДОСБОРОВ РЕК ГРУЗИИ

Диаконидзе Р.В., Чахая Г.Г., Цулукидзе Л.Н.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

Полученные зависимости можно применять для приближенного расчета как влекомых (донных) , так и полного стока наносов для неизученных рек Грузии в естественных условиях.

Ключевые слова: расход воды, сток наносов.

УДК 551.3

СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МЕСХЕТ -ДЖАВАХЕТИ

Дохнадзе Г.П.,[1] Салуквадзе Г.А.,[2] Дадиани К.З.,[1] Пирцхалаишвили И.Т.[1]

[1)] Институт Водного Хозяйства,
[2)] Институт Минерального Сырья,
г. Тбилиси, Грузия

В статье на фоне геологических и геоморфологических особенностей территории рассмотрено современное состояние возможностей проявления и развития геодинамических процессов. Количественные характеристики обуславливающих факторов представлены в виде схем.

Ключевые слова: геодинамические процессы, геотектоника, геоморфология, плотность оврагов, частота оврагов, эрозионные опасные дожди.

УДК 628.365

НЕКОТОРЫЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ТЯЖЕЛОГЛИНИСТЫХ ПОЧВ КОЛХИДСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Закаидзе И.Г., Кекелишвили Л.Г.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В статье рассмотрены фильтрационные вопросы тяжелоглинистых почв Колхидской низменности. Рассмотрены опыты по установлению численного значения начального градиента фильтрации. Здесь же приведено изменение коэффициента фильтрации при полном набухании грунтов в зависимости от действующих градиентов. В статье освещено участие связанных вод в фильтрационном потоке.

Ключевые слова: почва, фильтрация, осушение, водопроницаемость, влажность, набухание.

УДК 06.01.02

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫДЕЛЕННЫХ СРЕДСТВ НА ЗАЩИТУ ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ

Зейналов Т.С.

Национальный Центр Экономического
Прогнозирования Азербайджана
г. Баку, Азербайджан

В статье рассматривается методика расчета повышения гарантированной отдачи земель, а также предотвращения или сокращения ущерба, причиненного водной эрозией почв. Нами разработана и предложена математическая модель и технология расчета рационального распределения средств, выделенных на почвоохранные мероприятия. Для защиты почв от эрозии на орошаемых сельскохозяйственных землях предлагаемая нами технология расчета обеспечит значительное уменьшение смыва верхней плодородной почвы. Полив по предлагаемой почвоохранной технологии предполагает уменьшить длину поливных борозд, дополнительно нарезать временные оросители и некоторое повышение затрат на оплату труда поливальщиков.

Ключевые слова: эрозия почви, поливные борозды, почвоохранная технология.

УДК 556,5.06

ОБОБЩЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ И СТОКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАСУХИ НА РЕКАХ МАЛОГО КАВКАЗА

Иманов Ф.А., Гулиева А.А.

Бакинский Государственный Университет
г. Баку, Азербайджан

В статье приведен анализ временных и стоковых характеристик гидрологической засухи на реках Малого Кавказа. Исследование осуществлено путем анализа комплексных графиков, построенных для водохозяйственного года. Предложены методы расчета характеристик гидрологической засухи, учитывающие пространственно-временные закономерности колебания стока

Ключевые слова: гидрологическая засуха, водные ресурсы, сток рек.

УДК 551.466

ТРАНСФОРМАЦИЯ ОДИНОЧНЫХ ВОЛН СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ КОЛХИДЫ

Иорданишвили И.К., Иорданишвили К.Т., Хосрошвили Е.З., Махарадзе Я.В.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В работе приводится обобщение существующих публикаций о землетрясениях в Черном море, сопровождающимися возникновением одиночных волн – цунами. Анализируется разрушительное воздействие Черноморской цунами, обусловленной ее значительной длиной (45-110 км) и скоротечностью распространения (120-400 км/час) при высоте ее волны (до 7 м), соизмеримой с высотой ветровой волны.

Рассчитана теоретическая трансформация

высоты одиночной волны с использованием закона Грина для условий плавно изменяющихся глубин в Приколхидской зоне Черного моря. Данные расчетов полностью совпадают с данными наблюдений.

Ключевые слова: одиночные волны, цунами.

УДК 624.137.5

РАЗРАБОТКА ИНЖЕНЕРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ЭРОЗИРОВАННЫХ СКЛОНОВ

Иремашвили И.Р.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В работе рассмотрены вопросы состояния эрозированных склонов и откосов на автомобильных дорогах Грузии и мероприятия по их укреплению. Для исследования были выбраны участки, которые не подлежат проведению биоинженерных мероприятий и показана динамика ухудшения состояния грунтов во времени.

На поврежденных участках для укрепления грунтов были проведены мероприятия по устройству монолитного железобетонного покрытия методом торкретирования.

Проведенные работы показали, что устройство бетонных защитных покрытий указанной методикой, характеризуется технологической простотой, экономичностью и перспективностью, что является немаловажным для условий Грузии и могут быть приняты наравне с известными методами антиэрозионных мероприятий.

Ключевые слова: эрозия, защитное покрытие, торкретирование, пластифицированный бетон.

УДК 624.138(07)

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ СВОЙСТВАМИ ГРУНТОВ

Итриашвили Л.А., Нибладзе Н.Ш.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В статье приводится критический обзор существующих классификаций методов управления свойствами почвогрунтов. Предлагается новая общая классификация, в которую впервые заложены практически все существующие методы, цели и направления их достижения, технологии осуществления, получаемые результаты и образующиеся структуры для всех типов грунтов.

Ключевые слова: грунты, свойства, управление, методы, классификация.

УДК 631.11(479)

ДОПУСКАЕМАЯ СКОРОСТЬ РАЗМЫВА ПОЧВОГРУНТОВ С УЧЕТОМ ПОВЕРХНОСТНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ЭФФЕКТОВ

Кацарава Т.Е.,[1] Купреишвили Ш.З.,[2] Сичинава П.О.[2]

[1)] Грузинский Государственный Сельскохозяйственный Университет,
[2)] Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

Рассматривается учет поверхностных молекулярных эффектов в размывающей скорости, что радикально меняет количественную величину этих параметров. Также отмечается, что существующие расчетные модели приемлемы только для твердого стока и не применяемы для высокодисперсионных глинистых грунтов.

На основе тривиальной модели произведена оценка количественного прогноза интенсивности эрозии по нормативной величине размывающей скорости.

Ключевые слова: турбулентный поток, гидромеханическое давление, гравитационная сила, пленочная вода

УДК 622.271.333

ВЫВОД И ИССЛЕДОВАНИЕ УРАВНЕНИЯ ОПАСНОЙ КРИВОЛИНЕЙНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ ОБВАЛЬНОЙ МАССЫ ОТКОСА С УЧЁТОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК

Квициани Т.А., Хуцишвили Г.Т., Гардапхадзе Т.Г.

Грузинский Технический Университет,
г. Тбилиси, Грузия

В работе рассмотрена устойчивость откоса, когда на массиве откоса кроме собственного веса действуют взрывные и сейсмические нагрузки. Составлено обыкновенное нелинейное

дифференциальное уравнение первого порядка, описывающее наиболее опасную плавную криволинейную поверхность скольжения обвальной массы откоса.

Даётся решение этого уравнения в квадратурах, а в некоторых случаях – в элементарных функциях, что позволяет выделить в обвальной массе зоны обрушения.

Ключевые слова: склоны, эрозия, нагрузки, поверхности скольжения, землетрясения, грунт.

УДК 628.113

ЭВТРОФИКАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОЗЕРАХ И ВОДОХРАНИЛИЩАХ

Кереселидзе Д.Н., Трапаидзе В.З., Алавердашвили М.Ш., Брегвадзе Г.И.

Тбилисский Государственный Университет им. И. Джавахишвили, г. Тбилиси, Грузия

Ресурсная деградация озер и водохранилищ определяет как естественную, так и антропогенную эвтрофикацию, в результате которой имеет место избыточное вытекание биогенных элементов из водоемов, первичная продукция биогенных элементов начинает резкое превышение над деструкционным элементом, аэробные процессы меняются на анаэробные, уменьшается питьевое и гигиеническое качество вод, падает санитарное и рекреационное состояние водоемов.

В работе рассмотрены индикаторы оценки и определяющие факторы эвтрофикации в озерах и водохранилищах, составлена математическая модель для прогнозирования эвтрофикационных процессов в водохранилищах, которая построена на динамике популяции фитопланктона в водохранилище. Теоретические модели рассмотрены для некоторых озер и водохранилищ Грузии, получены практические результаты.

Ключевые слова: эвтрофикация, озера, водохранилища.

УДК 624.138

ПРОТИВОЭРОЗИОННОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ СКЛОНОВ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВОГО ПОЛИКОМПЛЕКСА СДВ-М

Кикнадзе Х.Л., Нибладзе Н.Ш., Хубулава И.В.

Институт Водного Хозяйства, г. Тбилиси, Грузия

Статья посвящена вопросу комплексного закрепления откосов путем их засева многолетними травами и создания защитной полимергрунтовой корки.

Приведены данные по установлению эквивалентного сцепления, водостойкости, сопротивления водной и ветровой эрозии при различных интенсивностях дождя и силы ветра, водного и температурного режима под закрепленной поверхностью прорастания травосмесей.

Приведены рекомендуемые дозы нанесения поликомплекса для различных типов грунтов.

Ключевые слова: откос, эрозия, стабилизаторы, корка полимергрунтов, трава.

УДК 631.674

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ И ОСНОВЫ ИХ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИМИТАЦИИ

Киладзе Р.М.

Институт Водного Хозяйства, г. Тбилиси, Грузия

Рассматривается математическое описание гидроэкологических процессов (поверхностный сток, самотечное орошение, инфильтрация и др.). Эти процессы, как правило, многоэтапные с различными граничными условиями, момент смены которых заранее неизвестен и зависит от протекания самого процесса. С целью компьютерной имитации таких сложных процессов используется полная теоретическая база в виде соответствующих дифференциальных уравнений неустановившегося движения воды с отсчетом расхода вдоль пути. Для их решения используются численные (конечно-разностные) методы, что даёт возможность охватить и объединить различные этапы полного процесса.

Ключевые слова: гидроэкологические процессы, математическое моделирование, компьютерная имитация, управление.

УДК 631. 674

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОПИСАНИЯ ИНФИЛЬТРАЦИИ

Киладзе Р.М., Кекелишвили Л.Г.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

Рассматриваются и анализируются теоретические методы описания и учёта инфильтрации при движении водного потока переменной массы на проницаемом дне. Разработаны эффективные методы учёта инфильтрации. Первый метод – непосредственное определение идентификационных параметров во время самого полива (в начальной его стадии) без проведения специальных опытов по инфильтрации. Второй метод – непосредственное использование опытных данных по инфильтрации без необходимости обработки этих данных.

Ключевые слова: орошение, инфильтрация, полевые опыты.

УДК 504.054:63:69.002.68

ВНЕДРЕНИЕ И РАЗВИТИЕ БОЛЕЕ ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ УКРАИНЫ

Кузин С. А., Уткина Е. Б.

Харьковский Национальный Университет
им. В.Н. Каразина,
Украинский Научно-Исследовательский Институт
Экологических Проблем,
г. Харьков, Украина

В статье рассмотрены существующие тенденции в области внедрения более чистых технологий и производства экологически чистой продукции в Украине. Даны рекомендации по более эффективному использованию существующих производственных мощностей. Проведен анализ действующей законодательной базы и ее возможной адаптации к изменяющимся условиям.

Ключевые слова: чистые технологии, экологически чистая продукция.

УДК 631.6:626.86

ФИЛЬТРАЦИОННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА

Махмудов Н.Н.

Научно-Производственное Объединение
Азербайджанского Научно-Исследовательского
Института Гидротехники и Мелиорации
г. Баку, Азербайджан

В статье приведены результаты исследований закрытого дренажа из поливинилхлоридных труб с фильтром из песчано-гравийного материала. Установлены фильтрационные сопротивления (общие, основные и дополнительные) по работе дрены и сопоставлены с расчетными их величинами.

Ключевые слова: закрытый дренаж, фильтрационные сопротивления.

УДК 631.367

УСТОЙЧИВОСТЬ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА ПОПЕРЕЧНЫХ СКЛОНАХ

Наниташвили О.С.,[1] Рехвиашвили Э.Р.,[2] Наниташвили В.О.[2]

[1)] Институт Водного Хозяйства,
[2)] Грузинский Технический Университет,
г. Тбилиси, Грузия

Рассматривается вопрос устойчивости дождевальных установок на поперечных склонах. На основе балансового уравнения моментов сил, действующих на установку при её работе на поперечном склоне, получена зависимость и диаграмма для определения критического угла поперечной динамической устойчивости дождевальной установки.

Ключевые слова: дождевальная установка, позиционное действие, реактивная сила, динамическая устойчивость, критический угол, склон, микрорельеф.

УДК 631. 459.43

КОСОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРЫЖОК СВЯЗНОГО СЕЛЕВОГО ПОТОКА

Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

Предлагается схема расчета косого гидравлического прыжка связного (высококонцентрированного) селевого потока при его воздействии на вертикальную стенку, расположенную под определенным углом по отношению движения потока. Рекомендуются зависимости для характеристики потока при свободном расширении на конусе выноса. Принимается во внимание аномальная природа связного селевого потока.

Ключевые слова: селевой поток, конус выноса, косой прыжок, вертикальная преграда.

УДК 35.776;73

НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ВОДОПРИЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ГОРНЫХ РЕКАХ

Петевотян Р. А.

Ереванский Государственный Университет
Архитектуры и Строительства,
г. Ереван, Армения

В статье представлены конструктивные решения водоприемного узла на горных реках. Благодаря этим разработкам, будет достигнута возможность в период паводка пропускать максимальные расходы воды, без повреждения сооружений, одновременно, обеспечивая прием необходимого количества воды, ее эффективной предварительной очистки, а также удаление образовавшегося в сооружениях наносов в водоем.

Ключевые слова: водозаборные и очистные сооружения, горные реки.

УДК 148.93

МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВ, ВЫЗВАННЫЕ НАВОДНЕНИЯМИ

Пурцеладзе Л.Д.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

Даны описания почвенных ресурсов, подверженных нарушениям от дождевых, ветровых и речных воздействий. Изучены многообразные процессы нарушения верхнего почвенного покрова ценных сельскохозяйственных угодий.

Рассмотрены несколько видов эрозий (водная, ирригационная и техническая), вызванные многочисленными природными и искусственными факторами. Предложены мероприятия по их устранению.

Ключевые слова: вода, почва, эрозия, экология, прогнозирование.

УДК 06.01.02

ИНФОРМАЦИОННАЯ ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ НАВИГАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

Рустамбеков Б.М.

Институт Физики Национальной Академии Науки Азербайджана
г. Баку, Азербайджан

Разработана математическая имитационная модель дистанционного спектрофотометрического эксперимента. На ее основе с помощью введенной меры информативности на модельном уровне проведено эталонирование и оптимальное планирование многоуровневых (разновысотных) спектральных измерений различных типов оптически неоднородных участков земной поверхности.

Ключевые слова: аэрокосмические исследования, мониторинг, поверхность земли.

УДК 631.3:631.626.86

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТКОВОГО КАНАЛОКОПАТЕЛЯ

Самхарадзе В.И.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В работе излагаются результаты теоретических и экспериментальных исследований с целью установления зависимости между геометрическими характеристиками каналореза конической формы и показателями почвы: влажностью, плотностью и прилипаемости

частиц почвы на поверхность рабочего органа. Предлагаются оптимальные параметры откосов канала.

Ключевые слова: катковый бороздорез, резка, выдавливание, модель, угол нарезки.

УДК 532.517.3

К РАСЧЕТУ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ ПРИ НЕУСТАНОВИВШЕМСЯ ЛАМИНАРНОМ ДВИЖЕНИИ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В КОЛЬЦЕВОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ТРУБЕ

Саруханян А.А.

Ереванский Государственный Университет
Архитектуры и Строительства,
г. Ереван, Армения

Рассматривается неустановившееся ламинарное движение вязкой жидкости в кольцевой цилиндрической трубе. Составлена математическая модель задачи. Изложен ход решения задачи для общего случая, когда начальные и граничные условия заданы в виде произвольных функций. Полученные общие решения позволяют решить частные задачи и определить профиль скоростей по живому сечению потока, изменение средней скорости и коэффициента количества движения, а также потери энергии по времени.

Ключевые слова: неустановившееся движение, кольцевая труба, потери энергии, функции Вебера, решение, профиль скоростей.

УДК 026.0015

О БИБЛИОМЕТРИЧЕСКИХ РЕЙТИНГОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ В НАУКЕ

Тевзадзе В.И., Иорданишвили И.К., Чарбадзе З.Д., Иремашвили И.Р. Иорданишвили К.Т., Хосрошвили Е.З.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В работе приводится анализ существующих методик оценки рейтинговых показателей научных сотрудников , научно-исследовательских институтов и научных журналов, на основании которого установлены недостатки этих методик.

Авторами предложена усовершенствованная и более полная методика расчётов рейтинговых показателей Грузинской научной продукции.

Ключевые слова: рейтинговые показатели, научная продукция, рейтинг.

УДК 06.03.04. 04.00.24

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОХВАЧЕННЫХ ПОЖАРОМ ТЕРРИТОРИЙ СЕЛ ЦАГВЕРИ И ДАБА БОРЖОМСКОГО РАЙОНА

Тевзадзе Т.В., Шургая В.Ш., Шавлакадзе М.С., Поцхверия Д.Г.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В статье представлены результаты геоэкологических исследований охваченных пожаром территорий, прилегающих к селам Цагвери и Даба Боржомского района. В результате анализа установлены те необратимые процессы, которые произошли в окружающей среде (сгорел уникальный лес в курортной зоне и почвенный покров, начался процесс размыва). Содержание ионов натрия в поверхностном стоке повышено (в 8,6-14,4 раз). Приведены заключения и рекомендации для устранения дальнейшего развития негативных процессов.

Ключевые слова: сожженная территория, угол внутреннего трения, связность, плотность, консистенция, анион, катион.

УДК 628.394

ДЕСКРИПТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ ВОДОЕМОВ

Цихелашвили З.И.

Грузинский Технический Университет
г. Тбилиси, Грузия

Предлагаются дескриптивные модели оценки и прогнозирования качества загрязнения воды водоемов (водохранилищ, рек, озер и др), которые можно использовать в соответствии с категориями водопользования (питьевого, хозяйственно-бытового и рыбохозяйственного водопользования), как реальное инструментальное средство в интегральном управлении качеством загрязнения воды в водохозяйственной антропогенной и техногенной деятельности субъектов, с целью регламентирования спуска

поверхностных вод с загрязняющими веществами, контроля (наблюдения), мониторинга, оценки, прогнозирования и предотвращения состояния загрязнения водоемов.

Результаты моделирования рекомендуются для внедрения и использования в Министерстве охраны окружающей среды и природных ресурсов Грузии в деле интегрального управления качеством загрязнения поверхностных водных ресурсов и в водохозяйственной деятельности субъектов, связанных с загрязнением воды водоемов.

Ключевые слова: водоемы, жилищно-бытовое и хозяйственное водопользование, дескриптивные модели оценки и прогнозирования загрязнения воды, интегрированное управление качеством загрязнения воды в водоемах, водохозяйственные субъекты.

УДК 631.4

О ДАВЛЕНИИ НА ПОВЕРХНОСТИ РАЗДЕЛА КАПЛЯ-ПОДЛОЖКА

Чарбадзе З. Д.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В статье даётся оценка давления, действующего на материал преграды в процессе удара. Установлено, что величина давления за весь период соприкосновения с преградой не постоянна. Для решения конкретной задачи требуется полностью рассмотреть процесс и далее дробить на интервалы (по времени) и определить – какой из этих интервалов является наиболее влиятельным на эрозионный процесс.

Ключевые слова: капля, давление, удар.

УДК 632.125

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭРОЗИОННО-СЕЛЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЦХЕНИС-ЦКАЛИ

Чахая Г.Г., Диаконидзе Р.В., Цулукидзе Л.Н., Лордкипанидзе Ф.Н.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В бассейне реки Цхенис-цкали изучено 14 притоков селевого характера, для которых установлены коэффициенты склоновой эрозии с учетом степени повреждения. Также установлены количественные характеристики процессов эрозии и максимальные селевые расходы разной процентной обеспеченности.

Прогнозируемые характеристики, полученные в результате проведенных нами исследований в бассейне реки Цхенис-цкали, дают возможность оценить существующую экологическую ситуацию в водосборном бассейне реки Цхенис-цкали, использовать результаты исследований в борьбе против эрозионно-селевых явлений.

Ключевые слова: эрозия, сель.

УДК 556. 013

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СХЕМАТИЗАЦИЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕЛЬЕФА И МОДЕЛИРОВАНИЯ ДОЖДЕВОГО СТОКА

Читишвили Г.Ш., Кекелишвили Л.Г.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В статье излагаются результаты применения схематизаций поверхности рельефа и его математического описания в деле моделирования дождевого стока.

Рассматривается поперечное сечение элемента рельефа, состоящего из двух склонов и русла между ними, правила координатного построения характеристических линий рельефа и возможности расчёта других показателей потока и рельефа.

Ключевые слова: рельеф, дождевой сток, моделирование, поток.

A B S T R A C T S

UAC 556.531.4

HYDROCHEMICAL INDICATORS OF QUALITY OF WATERS OF APSHERON'S ARCHIPELAGO

A. Abakarov, G. Mekhtieva

Institute for Space Research of Natural Resources,
Institute Ecology, NASA,
Baku, Azebaijan

In the article looked through hydro chemical indicators of waters area of Apsheron's archipelago for the future development of tourism. The maintenance of polluting substances in the area increases in close industrial sites and settlements, decreasing at their remoteness. Has been looked through pollution of archipelago's water area which are aggravated it shallow, difficult structure of a relief's bottom and section of the coast, weakened by water exchange of the majority of bays and gulfs.

Key words: hydrochemical characteristics, waters area of Apsheron archipelago.

UAC 631.6:626.86

OPERATIONAL RELIABILITY OF COLLECTOR-DRAINAGE NETWORK

A. Aivazov, R. Zakieva

Azerbaijan Scientific-Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation,
Baku, Azebaijan

The paper describes the results of analysis regarding the efficiency of collector-drainage network, which were obtained on the basis of actual data of drain flow module within the period of land development.

There were determined probability and reliability, mathematical-statistical indices of irrigation schemes.

Key Words: Collector-Drainage Network, reliability.

UAC 591.553

THE PRESENT SITUATION OF BIOCOENOSIS IN KOLKHETI SHELF ZONE

T. Akhvlediani

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

The paper describes the analysis of the development of biocoenosis in Kolkheti Shelf Zone. To decrease the quantity of nitrogen and phosphorus in the shelf, the inventor suggests using a biological method, which provides the creation of the plantation of Laminaria plants and the periodical removal of biomass from the coastal ecosystem.

Key Words: biocoenosis of Kolkheti shelf zone, eutrophication, Laminaria

UAC 04.00.06

THE IMPACT OF IRRIGATION SYSTEMS ON ECOLOGICAL CONDITION OF MIL-KARABAKH PIEDMONT PLAIN OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN

A. Alimov, T. Zeinalov

Azerbaijan Scientific-Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation,
Baku, Azebaijan

The paper analyzes the changes of ecological and hydrogeological conditions that appeared after putting into operation large irrigation systems, increasing irrigated areas and water supply for irrigation, respectively.

The alteration of groundwater regime of piedmont plain differs between top and end of the detrital cone of river arteries, which is associated with the flow rate of groundwater. This leads to the differentiation of ameliorative activities.

Key words: ground waters, irrigation, ecology.

UAC 634. 0,36

ECOLOGICALLY SAFE TECHNOLOGIES AND LOGGING MACHINERY IN MOUNTAINOUS CONDITIONS

Z. Balamtsarashvili, D. Mosulishvili

Georgian Technical University,
Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

This paper includes the analysis of fundamentals regarding the logging and felling operations. The special attention is paid to the development of technological schemes needed for the complex mechanization of ecologically safe logging operations and the investigation of logging machinery needed for the implementation of the above-mentioned operations: logways, loggers, single and double rope pullies, log-transfer devices, wheeled tractors etc.

Also, the paper includes the results of theoretical surveys implemented by the authors regarding the passability and safety of log-transfer device (MTA) developed on the basis of tractor TT4 during the lateral and longitudinal motions.

Key Words: logging, logway, inertial force, rolling resistance force.

UAC 632.125

PREDICTION OF EROSION PROCESSES AND DEBRIS FLOWS IN THE BASIN OF THE TSKHENISTSKALI RIVER

G. Chakhaia, R. Diakonidze, L. Tsulukidze, P. Lortkipanidze

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

Taking into account the quality of damages, the erosion coefficients of slopes were determined for the 14 tributaries (debris flow-type) in the catchment basin of the Tskhenistskali River. Also, there were determined quantitative values of erosion processes and maximum discharges of different debris-flow events.

The predictable values, obtained on the basis of our surveys implemented in the catchment basin of the Tskhenistskali River, allow us to consider the existing ecological situation in the basin of the mentioned river and to use them against erosion and debris flow conditions.

Key Words: erosion, debris flow.

UAC 631.4

ABOUT SURFACE PRESSURE ORIGINATED AT THE MOMENT OF IMPACT STROKE (BEAD-BARRIER)

Z. Charbadze

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

This paper assesses pressure at the boundary barrier at the moment of impact stroke. We have determined that pressure is not fixed during the whole period of contact with barrier. The solution of concrete problem requires examining and assessing current process as a whole, and, only after the above-mentioned, it should be subdivided into intervals. Then, these intervals should be chosen in accordance with the fact, which of them has more influence on the erosion process.

Key Words: drop, pressure, fall.

UAC 556.013

SOME QUESTIONS OF THE SCHEMATIZATIONS OF THE SURFACE OF THE RELIEF AND THE SIMULATION OF THE RAIN DRAIN

G. Chitishvili, L. Kekelishvili

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

In the article it is presented the results of applying the schematizations of the surface of relief and its mathematical description in a matter of the simulation of rain drain. The cross section of the element of the relief of that consisting of two slopes and river bed between them is examined; Rules of the coordinate construction characteristic of the line of relief and possibility of calculating other indices of flow and relief.

Key Words: a relief, a drain, the rain, modelling, a stream.

UAC 551.482.214

ASSESSMENT OF ECOCHEMICAL SITUATION OF THE TRIBUTARIES OF THE MTKVARI RIVER WITHIN TBILISI AREA

R. Diakonidze,[1] I. Pirtskhalaishvili,[1] N. Vepkhviashvili,[2] Ts. Martiashvili,[2] M. Chankashvili[3]

[1)] Water Management Institute,
[2)] Ministry of Defense of Georgia,
[3)] Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

The paper describes the problem of natural and anthropogenic factors affecting water resources within Tbilisi area.

To assess the contamination of water resources with heavy metals, we have carried out field surveys of twenty tributaries of the Mtkvari River. Also, we have used other materials, which describe the above-mentioned problem.

The survey reveals that the tributaries of the Mtkvari River are strongly contaminated with heavy metals in accordance with the norms concerning the permissible concentrates of waste waters.

To assess the quality of contamination in the tributaries of the Mtkvari River, we plan to continue our field surveys.

Key Words: anthropogenic, concentration, contamination.

UAC 556. 535.6

EMPIRICAL DEPENDENCES OF ROLLING (BOTTOM) AND SOLID SEDIMENTS IN THE CATCHMENT BASINS OF THE RIVERS OF GEORGIA

R. Diakonidze, G. Chakhaia, L. Tsulukidze

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

Our empirical dependences (see table 1) can be used to provide approximate prediction for the unstudied rivers of Georgia regarding the discharge of bottom and solid sediments in natural conditions.

Key Words: water discharge, sediment discharge.

UAC 551.3

MODERN GEODYNAMICAL PROCESSES IN MESKHETI AND JAVAKHETI

G. Dokhnadze,[1] H. Salukvadze,[2] K. Dadiani,[1] I. Pirtskhalashvili[1]

[1)] Water Management Institute,
[2)] Institute of Mineral,
Tbilisi, Georgia

The paper describes geological and geomorphologic peculiarities of area, including modern geodynamical processes and the tendencies of their development. The quantitative measures of factors defining the processes are given in the form of schemes.

Key Words: geodynamical processes, geotechnics, geomorphology, tightness of gullies, frequency of gullies, rains, which cause erosion.

UAC 624.627

IMPROVED WATER LEVEL METER DESIGN FOR THE PONDS

I. Gabrichidze, Z. Gedenidze

LTD “Hydraulic Project”,
Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

This paper describes a new water level meter, which is characterized by its universality, high accuracy level and safety. The measuring device consists of float and counterweight (plummets) shafts. The measuring and transfer devices are connected to the axe-heads of toothed wheels located above the shafts. One end of the chain or rope thrown over the toothed wheels is connected to the float, and the other - to the counterweights. Variation of pond water level causes the flight and, appropriately, the counterweights to move up and down. The measuring device is recommended to be used in practice.

Key Words: counterweight, control prism, placing volume, float, water level meter.

UAC 632.453.3

ASSESSMENT OF ECONOMICAL AND ECOLOGICAL DAMAGE TO FORESTS BURNED AS A RESULT OF WAR TOOK PLACE IN GEORGIA (AUGUST, 2008) AND PREVENTIVE MEASURES AGAINST SOIL EROSION ON MOUNTAINOUS SLOPES

G. Gavardashvili, M. Vartanov

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

On the basis of methods developed in the Institute of Water Management, we have determined that the damage to forest (1003 ha) burned by a fire in Borjomi and Ateni ravines and near Gori during the war, which took place in Georgia (August, 2008), is equal to 1 milliard 212 million 595 thousands GEL, i.e. 550 million euro.

On the basis of field surveys, we have determined that about 191 ha (84%) of 250 ha forest burned in Borjomi District can be considered as sections sensitive to erosion processes. To predict the erosion processes for the above-mentioned areas, we have used our own methods, methods of Acad. Ts.Mirtskhoulava, scale of English Professor R.Morgan, according to which the conditions of slopes within the catchment basins of Nagvarevi, Mtsa and so-called Rusi can be considered as the Second Class of erosion with 2-5 t/ha transportation of soil particles annually.

To prevent erosion processes on burned slopes, we have considered a lot of different resource-saving light structures (to construct levees and terraces), their scientific priorities are protected by Georgian and foreign patents.

Key Words: ecological-economical damage, woodlands, soil erosion, fire, structures.

UAC 361.9

RESULTS OF LANDSLIDE-GRAVITATIONAL CONDITIONS AND PRINCIPLES OF THEIR DEVELOPMENT IN GEORGIA

G. Gobechia,[1] Em. Tsereteli,[2] I. Bondirev,[2] G. Gaprindashvili,[2] Ts. Donadze[2]

Scientific Research Center of Industrial and Natural Resources of Georgia,
Vakhushti Bagrationi Institute of Geography of Georgia,
Tbilisi, Georgia

This paper describes and assesses the principles of landslide-gravitational conditions, including their typological specification. Also, we have determined dangerous risk, and paid special attention to techno-gravitational phenomenon. On the basis of the quantitative measures of geological threat, landslide-gravitational processes and the risk of their possible activation in accordance with their distribution and occurrence, we have subdivided the territory of Georgian into 7 conventional regions (zones).

In accordance with the zoned areas, a regional significance Geo-Monitoring should be organized for the areas located within the most dangerous zones, especially, for the settlements and strategical objects (highways, oil and gas pipelines, high-voltage transmission towers and electric power grids, hydraulic and irrigation objects, in landscape-geographic area).

The assessment and prediction of geological processes should be implemented both prior the land development and during the construction. Their liquidation or mitigation measures should be taken into account at the project level. Mode-instrumental observations of the second and the third levels should be implemented for the separate representative objects.

Key Words: geoecological situation, strength of slopes, landslide-gravitation measures, extreme and paroxysmal activation.

UAC 627.15

IMPACT OF WATER FLOW RATE ON THE FORMATION OF CANAL STRUCTURE

I. Gogsadze,[1] K. Bziava,[2] I. Inashvili,[1] N. Undilashvili[1]

[1)] Georgian State Agricultural University,
[2)] Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

We have obtained a semi-empirical limit dependence of channel-forming water flow velocity, which allows us to determine parameters needed for the designing and construction of channels.

Key Words: Flow Velocity, Channel-Forming Limit Velocity; Self-Flushing Channel.

UAC 556.5.048

ASSESSMENT OF EFFECTS OF LARGE RESERVOIRS ON PEAK DISCHARGES OF TRANSBOUNDARY RIVERS, SOUTH CAUCASUS

N. Hasanova

Baku State University,
Baku, Azerbaijan

This paper describes the results of assessment concerning the changes in natural maximum discharges of the Mingechaur and the Araks Reservoirs, and appropriately, of the Mtkvari and the Aragvi Rivers prior and after the construction of reservoirs.

I have used statistic, graphic and comparative methods. Also, the average annual maximum water discharge decreased by 59% in the section of Mingechaur, and by 48% - in the Kizil Vank section of the Araks River.

Key Words: water discharge, hydrograph, reservoirs.

UAC 556-5.06

GENERAL CONCLUSION CONCERNING THE TIME OF HYDROLOGICAL DROUGHT AND THE PROPERTIES OF RUNOFF IN THE RIVERS OF SMALL CAUCASUS

F. Imanov, A. Guliyeva

Baku State University,
Baku, Azerbaijan

This paper analyzes the time and properties of hydrological drought in the rivers of Small Caucasus. The surveys have been implemented via the analysis of complex diagrams plotted for hydro economic year. The methods needed to analyze the properties of hydrological drought are proposed on the basis of space-time fluctuations of runoff.

Key Words: hydrological drought, water resources, river runoff.

UAC 551.466

TRANSFORMATION OF SEPARATE SEISMIC WAVES IN KOLKHETI SHELF ZONE

I. Iordanishvili, K. Iordanishvili, E. Khosroshvili, I. Makharadze

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

This paper includes general information about the publications regarding the earthquakes in the Black Sea, which cause separate waves – tsunami. Also, we have analyzed the disastrous results of tsunami in the Black Sea, which were stipulated by a length of tsunami (45-110 km), velocity of distribution (120-400 km/hour) and height (up to 7 m), which can be considered as equal to wind wave.

The theoretical transformation of separate wave was calculated on the basis of Grin law taking into account different depths of Kolkheti zone. The results of report coincide with observations.

Key Words: separate waves, tsunami.

UAC 624.137.5

DEVELOPMENT OF ENGINEERING MEASURES FOR THE PROTECTION OF EROSIVE SLOPES

I. Iremashvili

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

The paper describes the existing conditions of erosive slopes on the highways of Georgia and measures for their protection. The survey sections were not considered as subject to bioengineering measures and, the survey revealed the dynamics of their impairment with time.

The damaged sections were covered with a layer of reinforced concrete using the method of shotcreting.

The implemented measures revealed that the above-mentioned method can be use to suspend erosive processes, because of its efficiency, technological simplicity and availability. And, it can be

considered as one of the erosion preventive measures for the conditions of Georgia.

Key Words: erosion; protective layer, shotcreting, plasticized concrete.

UAC 624.138(07)

CLASSIFICATION OF METHODS TO CONTROL SOIL PROPERTIES

L. Itriashvili, N. Nibladze

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

The paper includes a new general classification of methods to control soil properties, which maximally combine all constituent elements. General scopes are as follows: mechanisms of implementation, recommended additives and soils, general technological operations, derivative structures.

Key Words: soils, properties, control, methods, classification.

UAC 631.11(479)

PERMISSIBLE VELOCITY OF SOILS TAKING INTO ACCOUNT SURFACE MOLECULAR EFFECTS

T. Katsarava,[1] Sh. Kupreishvili,[2] P. Sichinava[2]

[1)] Georgian State Agricultural University,
[2)] Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

The paper describes flushing velocities in the designed model taking into account surface molecular effects, which radically changes quantitative value of these parameters. Moreover, we have mentioned that the existing designed models suit solid sediments only, and, they can't be trusted in case of finely dispersed clays.

On the basis of simple model, we have assessed quantitative prediction regarding the intensity of erosion in accordance with normal value of permissible velocity and quantitative relation.

Key Words: turbulent flow, hydromechanical pressure, gravitational force, film water

UAC 628.113

EUTROPHICATION PROCESSES IN PONDS AND RESERVOIRS

D. Kereselidze, V. Trapaidze, M. Alaverdashvili, G. Bregvadze

I. Javakhishvili Tbilisi State University,
Tbilisi, Georgia

Resource degradation of ponds and reservoirs is caused by anthropogenic and natural eutrophication, which causes loss of biogenic elements from the reservoirs. The initial biogenetic reproduction starts to exceed destructive processes, as a result aerobic processes take place of anaerobic ones, hygiene and drinking water quality as well as sanitary and recreation conditions of pond are reduced.

The paper describes the factors, which cause eutrophication of ponds and reservoirs, and assessment indices. Also, we have developed mathematical model to forecast eutrophication processes in reservoirs, which depends on the population dynamics of phytoplankton in reservoir. The theoretical model is based on the examples of some ponds and reservoirs. Also, we have obtained practical results.

Key Words: eutrophication, ponds, reservoirs.

UAC 624.138

PROTECTION OF SLOPE AGAINST EROSION USING NEW POLYCOMPLEX SSBM

Kh. Kiknadze, N. Nibladze, I. Khubulava

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

The paper describes complex protection of slopes by means of plant sowing and polymeric coating.

Also, there are given data about the following components: water resistant polymeric coating of equivalent friction, resistance to water and wind erosion, different intensity of rain and changeability in wind force, temperature and water regimes under the protected surface, plant growth and vegetation, and recommended doses of polycomplexes for the different types of soils.

Key Words: slope, erosion, stabilizer, polymeric coating, grass.

UAC 621. 674

MATHEMATICAL MODELLING OF HYDRO ECOLOGICAL PROCESSES DURING CHANGEABLE BOUNDARY CONDITIONS AND THEIR COMPUTER SIMULATION

R. Kiladze

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

This paper includes mathematical description of hydro ecological processes (flow caused by sediments, surface and flow irrigation, infiltration etc.). These processes, as a rule, are multistage with different boundary conditions, the moment of their change is not known preliminary and depends on process movement. Complete theoretical base in the form of differential equations of the uncontrolled motion of water flow (taking into account infiltration) should be used to provide computer simulation of such difficult processes, and numerical methods (finite-dimensional) – to sum the system, which can allow us to bind and unite different stage of process.

Key Words: hydro ecological processes, mathematical modeling, computer simulation, control.

UAC 631. 674

THEORETICAL AND EXPEREMINT METHODS TO INVESTIGATE AND EXPRESS INFILTRATION

R. Kiladze, L. Kekelishvili

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

This paper describes theoretical and experimental methods to express infiltration during the motion of variable water flow on leaking bottom. We have developed effective methods to express infiltration. The first – determination of identification parameters, especially, during the irrigation (initial stage), without implementation of special tests and, the second – use of test data concerning the infiltration without their processing.

Key Words: irrigation, infiltration, field tests.

UAC 504.054:63:69.002.68

ADOPTION AND DEVELOPMENT OF CLEANER TECHNOLOGIES AND PRODUCTION OF ECOLOGICALLY CLEAN PRODUCTION AS A BASE FOR THE STABLE DEVELOPMENT OF UKRAINE

A. Kuzin, E. Utkina

V.N. Karazin Kharkov National University, Ukrainian Scientific Research Institute of Ecological Problems,
Kharkov, Ukraine

The article examines current trends in implementation of Cleaner Production technologies and Organic food production in Ukraine and gives recommendations regarding more efficient usage of current production capacities. Existing legislative framework and its potential adaptation to changing conditions are examined.

Key Words: cleaner technologies ecologically clean production.

UAC 622.271.333

GENERATION OF DIFFERENTIAL EQUATION FOR THE DANGEROUS SLIDING SURFACE OF LANDSLIDE-AFFECTED SLOPE AND ITS STUDY CONSIDERING ADDITIONAL LOADS

T. Kvitsiani, G. Khutsishvili, T. Gardaphkhadze

Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

The work deals with the stability of the slope, when the slope massif, in addition to its own weight, is subject to blast and seismic forces. An ordinary first-order differential equation has been drafted describing a relatively dangerous smooth curved surface of sliding the sliding mass of the slope. The solution to this equation is given as quadratures, and in some cases – as elementary functions which allows identifying the zones of collapse in the sliding mass.

Key Words: slope, loads, sliding land, earthquake, soil.

UAC 631.6:626.86

SEEPAGE RESISTANCE OF SUBSURFACE DRAINAGE FACILITY

N. Makhmudov

Scientific Production Association of the Azerbaijan Institute for Scientific Research of Hydraulic Engineering and Land Reclamation,
Baku, Azerbaijan

The paper describes the results of surveys about the subsurface drainage made of PVC pipes placed on sandy gravel material. We have determined seepage drainage resistances (total, general and additional) and compared them with rating values.

Key Words: subsurface drainage, seepage resistance.

UAC 631.367

STABILITY OF SPRINKLING MACHINES WORKING ON THE TILTED SLOPE

O. Nanitashvili,[1] E. Rekhviashvili,[2] V. Nanitashvili[2]

[1)] Water Management Institute,
[2)] Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

This paper describes the stability of sprinkling machine working on the tilted slope. On the basis of force-moment balance equation, we have got dependence and diagram to determine critical angles for the dynamic stability of sprinkling machine.

Key Words: sprinkling machine, positioning action, reactive force, dynamic stability, critical angle, microrelief.

UAC 631. 459. 43

INDIRECT HYDRAULIC JUMP OF COHESIVE DEBRIS FLOW

O. Natishvili, V. Tevzadze

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

This paper includes design diagram for the indirect hydraulic jump of cohesive (high-concentration) debris flow during its influence on vertical wall, which is located at a certain angle to the motion of flow. It is recommended to consider the designed dependence of cohesive debris flow during its motion on the talus train. We have taken into account anomalous nature of cohesive debris flow.

Key Words: debris flow, talus train, indirect jump, vertical wall.

UAC 35.776;73

NEW INTAKE STRUCTURES ON MOUNTAIN RIVERS

R. Petevotyan

Yerevan State University of Architecture and Construction,
Yerevan, Armenia

The article presents constructive solutions for the intake units on mountain rivers, which can provide maximum discharges during floods without damaging the structures. At the same time, they will provide efficient reception of required water, its preliminary treatment, removal of sediments from the structures and their supply to the basin.

Key Words: intakes and cleaning structures, mountain rivers.

UAC 148,93

SOIL DAMAGES CAUSED BY FLOODS AND WAYS TO AVOID THEM

L. Purtseladze

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

This paper describes soil resources, soil erosion is considered as a varied process of soil damages and breaches caused by water, rivers and motion, which cause destruction of upper fertile layer.

I have described some types of erosion: caused by water, irrigation and technical, which are caused by different natural and man-made factors. Also, I have proposed ways to avoid them.

Key Words: water, soil, erosion, ecology, forecasting.

UAC 06.01.02

INFORMATION FORMALIZATION FOR THE PLANNING OF OPTIMAL ROUTE OF NAVIGATIONAL CONTROL DURING THE ECOLOGICAL MONITORING

B. Rustambekov

Institute of Physics of National Academy
of Sciences of Azerbaijan,
Baku, Azerbaijan

There was described a mathematical simulation model of spectrophotometric experiment. Using this model, we have implemented optimal planning and calibration of multi-level spectral measurements concerning the radiation field for the different optically inhomogeneous sections of the earth's surface.

Key Words: aerospace surveys, monitoring, the earth's surface

UAC 631.3:631.626.86

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL SURVEY OF ROLLING TRENCHING MACHINE

V. Samkharadze

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

The paper describes the results of theoretical and experimental survey concerning the trenching machine. The scope of this survey is to determine dependence between the geometrical properties of cone-shaped trenching machine and soil properties: moisture, density and adhesive capacity of soil particles on the surface of working body. We have offered optimal parameters of slope gradient.

Key Words: trenching machine; plough; ramming; model; cut angle.

UAC 532.517.3

TO THE CALCULATION OF ENERGY LOSSES FOR THE NONSTATIONARY LAMINAR MOTION OF VISCOUS FLUID IN RING CYLINDRICAL PIPE

A. Sarukhanian

Yerevan State University of Architecture and Construction,
Yerevan, Armenia

We have considered nonstationary laminar motion of viscous fluid in ring cylindrical pipe. Also, we have prepared mathematical module of this problem. The course of problem solution has been set out for general cases, when starting conditions and boundary conditions are provided in the form of random functions. The received general solutions allow resolving specific problems and determine the profile of velocities across the cross section of the flow, change in average velocity, and the quantity coefficient of motion, as well as loss of energy over time.

Key Words: nonstationary motion, energy losses, Weber functions, solution, velocity profile.

UAC 026.0015

TO THE ISSUES OF BIBLIOMETRIC RATE INDICES IN SCIENCE

V. Tevzadze, I. Iordanishvili, Z. Charbadze, I. Iremashvili, K. Iordanishvili, E. Khosroshvili

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

This paper reviews the assessment methods concerning the existing rate values of scientists, scientific institutes and scientific journals. The shortcoming of these methods has been revealed on the basis of the above-mentioned review.
The authors propose the methods to asses update rate values of Georgian scientific production.

Key Words: rate values, scientific production, rating.

UAC. 06.03.04. 04.00.24

GEOENVIRONMENTAL SURVEYS OF BURNED AREAS LOCATED NEAR TSAGVERI AND DABA VILLAGES, BORJOMI DISTRICT

T. Tevzadze, V. Shurgaia, M. Shavlakadze, D. Potskhveria

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

This paper includes the results of geoecological surveys of burned areas located near Tsagveri and Daba villages of Borjomi District. On the basis of analysis we have determined that the natural environment underwent irreversible influence

(unique forest burned in health-resort zone, a layer of soil destroyed, slopes are under the influence of erosion processes, surface flow includes increased volume of sodium ions by 8,6-14.4). Conclusions and recommendations are proposed to avoid the further development of negative processes.

Key Words: burned territory, angle of internal friction, friction, density, consistence, cation.

UAC 628.394

DESCRIPTIVE MODELLING OF WATER POLLUTION RATE IN WATER RESERVOIRS

Z. Tsikhelashvili

Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

The descriptive models needed to assess and predict water pollution rate were developed to provide integrated control of surface water pollution rate in water reservoirs (reservoirs, rivers, lakes etc.). They can be used as real instrumental tools to provide, regulation of chemical contaminants, monitoring and control (supervision) and to avoid anthropogenic and technogeneous pollution of surface waters in accordance with the categories of water use (potable and residential water use and fishery water use).

The results of modeling are recommended for the adoption by the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Georgia to provide integrated control of water pollution rate and by all those subjects, who are connected with the pollution of water reservoirs.

Key Words: reservoirs, water use, water pollution, descriptive models.

UAC 338,1:626,86

POSSIBILITIES TO USE BINARY TARIFFICATION OF IRRIGATION WATER

M. Vartanov, K. Iordanisvhili

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

To increase efficiency in use of irrigation water, a new differentiated tax should be assigned for water supply to the inner agricultural schemes. This tax should depend on natural - climatic and technical conditions of irrigation in according with general and preferential tariffs and penalties. The general tariffs include water supply for preliminary watering and irrigation season. The above-mentioned is calculated in accordance with the existing norms regarding the types of crops and separate farms as well as other industrial needs. The preferential tariffs include water supply for water spreading and flushing. Penalties include excessive water supply during the irrigation season and for the other agricultural and industrial needs as well as unauthorized use of water.

Key Words: economy, irrigation, tariffication, binary tariff.

UAC 628 365

SOME ISSUES REGARDING THE FILTRATION OF HEAVY CLAY SOILS IN THE KOLKHETI LOWLANDS

I. Zakaidze, L. Kekelishvili

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

This paper considers the issues regarding the filtration of heavy clay soils in the Kolkheti Lowlands. There are described tests implemented to determine the value of initial filtration gradient. Also, the variation in filtration coefficient is considered depending on the increase in pressure gradient during the swollen conditions. The paper describes the participation of the existing cohesive soil flows in filtration flow.

Key Words: soil, filtration, drainage, transmissibility, moisture, swelling.

UAC 06.01.02

CALCULATION METHODS OF OPTIMAL DISTRIBUTION FOR THE FUNDS ALLOCATED TO PROTECT SOILS AGAINST EROSION AND ECONOMIC EFFICIENCY

T.Zeinalov

Azerbaijan Center for Ecological Prognosis,
Baku, Azerbaijan

The paper describes the calculation methods to avoid or mitigate soil erosion caused by water and to increase guaranteed allocation of lands. We have

developed and proposed mathematic model and calculation technology to facilitate the efficient distribution of funds allocated to protect soils against erosion. The calculation technology proposed to protect soils irrigated for agricultural purposes against erosion reduces soil erosion on upper surfaces. Using soil protection technology the irrigation provides the reduction of irrigation lines and, additionally, the arrangement of temporary irrigation lines and salary increase for maintenance personnel.

Key Words: soil erosion, irrigation line, soil protection technology.

ინფორმაცია წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის მოღვაწეობის შესახებ 2008-2009 წლებში (ქ რ ო ნ ი კ ა)

ინსტიტუტში, რომელიც დაფუძნებულია 1929 წლიდან, ამჟამად მუშაობს 72 თანამშრომელი, აქედან 52% მეცნიერ-თანამშრომელია, მათ შორის: 2 საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსი, 1 – სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი, 5 – საინჟინრო აკადემიის წევრი, 8 სამეცნიერო ხარისხის დოქტორი, 16 აკადემიური ხარისხის დოქტორი, 4 დოქტორანტი და 2 მაგისტრი.

ინსტიტუტის სამეცნიერო კვლევითი საქმიანობა

- ინსტიტუტის მეცნიერ-თანამშრომლების მიერ 2008–2009 წლების პერიოდულ გამოცემებში გამოქვეყნებულ იქნა 105 სტატია, 4 მონოგრაფია და 15 სახელმძღვანელო;
- ინსტიტუტში მუშავდება 17 საბიუჯეტო თემა, რომლებიც აქტუალურია ქვეყანაში მიმდინარე გახშირებული ბუნებრივი კატასტროფებისა და გარემოს დაცვის ღონისძიებების მეცნიერულად დამუშავების თვალსაზრისით.

ინსტიტუტის სამეცნიერო ურთიერთობები

2008

- 2008 წლის 11-19 ოქტომბერს გრანტ-პროექტის "ლენტეხის გამგეობის დახმარება კატასტროფის პრევენციულ ზონებში" შესრულებასთან დაკავშირებით ინსტიტუტის სამუშაო ჯგუფი ინსტიტუტის დირექტორის გივი გავარდაშვილის ხელმძღვანელობით მივლინებულ იქნა ქ. ლენტეხში, სადაც განხორციელდა პროექტის ფიტომელიორაციული და საინჟინრო ღონისძიებები, ხოლო 20 ოქტომბერს ინსტიტუტში ჩატარდა პროექტის პრეზენტაცია, რომელსაც ესწრებოდნენ: ბ-ნი ერიკ კიაგარდი – საქართველოში გაეროს განვითარების პროგრამის მრჩეველი საგანგებო სიტუაციების მართვის საკითხებში, ქ-ნი ნიკოლ შერერი – სამხრეთ კავკასიაში შვეიცარიის განვითარების სააგენტოს საერთაშორისო პროგრამის ოფიცერი კატასტროფების რისკის მართვის საკითხებში და დავით ჭიჭინაძე – შვეიცარიის ლოზანის უნივერსიტეტის წარმომადგენელი საქართველოში;
- 2008 წლის 19 დეკემბერს ინსტიტუტში იმყოფებოდა გეოპოლიტიკური კვლევების საერთაშორისო ცენტრის თავმჯდომარე თენგიზ ფხალაძე. საუბარი შეეხო ინსტიტუტსა და ცენტრს შორის მომავალ თანამშრომლობას ინსტიტუტის საქმიანობის საერთაშორისო დონეზე პოპულარიზაციის მიზნით;
- საუბრისას ყურადღება გამახვილდა ტრანსსასაზღვრო თანამშრომლობის პროექტების მომზადებაზე ევროპული სამეზობლო და პარტნიორული ინიციატივის ფარგლებში.

2009

- 2009 წლის 23-28 სექტემბერს ქალაქ თბილისში (საქართველო) „იუნესკოს" მხარდაჭერით (კონტრაქტი №4500046308, 30 მაისი, 2008 წ., პარიზი, საფრანგეთი) წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დაარსებიდან 80 წლის იუბილეს აღსანიშნავად ინსტიტუტის სააქტო დარბაზში ჩატარდა საერთაშორისო სიმპოზიუმი თემაზე - „წყალდიდობები და მათთან ბრძოლის თანამედროვე მეთოდები", რომელშიც მონაწილეობა მიიღეს მსოფლიოს 25 ქვეყნის მეცნიერ-სპეციალისტებმა;
- საერთაშორისო სიმპოზიუმში მონაწილეობდა ინსტიტუტის 31 მეცნიერ-თანამშრომელი;
- 20 იანვარს ინსტიტუტში იმყოფებოდნენ სტუმრები ვაშინგტონიდან ბ-ნი შეინ აუსტინი და მაიკლ კუნზი – ახალი ბიზნესის საერთაშორისო ინიციატივის არასამთავრობო ორგანიზაციის თანამშრომლები. საუბარი შეეხო საქართველოში 2008 წლის აგვისტოს თვეში საომარი მოქმედებების შედეგად ახლადჩასახლებულ სოფლებში: გორის რ-ნის

სოფ. კარალეთსა და მცხეთის რაიონის სოფ. წეროვანში გორისა და ცხინვალის რეგიონიდან იძულებით გადაადგილებულ პირთათვის ცხოვრების ეკონომიკური დონის მოწყობისათვის ახლად გამოყოფილი სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების სამელიორაციო სისტემების რეაბილიტაციისა და დაპროექტების საკითხებს. შეთანხმდნენ, რომ აღნიშნულ საკითხს ამერიკის მხარე დააყენებს საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამინისტროში პროექტის განსახორციელებლად საერთაშორისო თანამშრომლობისათვის;

- 2009 წლის 23.03-დან 26.03-მდე ინსტიტუტის დირექტორი პროფ. გივი გავარდაშვილი NATO-ს გრანტის №შ 983833 შესრულებასთან დაკავშირებული საორგანიზაციო საკითხების გადასაწყვეტად იმყოფებოდა ქ. ერევანში 4 დღის ვადით.
- 2009 წლის 28.03-დან 1.04-მდე ინსტიტუტის დირექტორი პროფ. გივი გავარდაშვილი NATO-ს გრანტის №SF 983833 შესრულებასთან დაკავშირებული საორგანიზაციო საკითხების გადასაწყვეტად იმყოფებოდა ქ. ბაქოში 4 დღით;
- 2009 წლის 24 ივნისს ინსტიტუტში სტუმრად იმყოფებოდნენ გერმანელი კოლეგები გერმანიის ბაუჰაუზის უნივერსიტეტიდან: კაროლა ველს ჰარერი, სონია კელერი, ბრანისლავა მოსკოვიჩი და ხრისტიან სპრინგერი, რომლებიც დაინტერესებულნი იყვნენ საქართველოს საკურორტო ზონებით და გამოთქვეს ინსტიტუტთან ურთიერთთანამშრომლობის სურვილი;
- 2009 წლის 24 აპრილს შედგა ინსტიტუტის დირექტორის, ტექნ. მეცნ. დოქტორის, პროფ. გივი გავარდაშვილის და აშშ-ს მერილენდის უნივერსიტეტის პროფ. დოქტორ ბილალ აიუბის შეხვედრა ამერიკის საელჩოში ამერიკის ელჩთან ჯონ ტეფტთან და აშშ-ს საერთაშორისო განვითარების სააგენტოს ენერგეტიკის და გარემოს დაცვის დეპარტამენტის ხელმძღვანელთან ჯონ ჰანსენთან. საუბარი შეეხო ნატო-ს გრანტის "სამხრეთ კავკასიის რეგიონში მდინარეთა ქსელში განთავსებული ჰიდროტექნიკური სისტემების რისკზე დაფუძნებული უსაფრთხოების ანალიზი" შესრულების უზრუნველყოფის ღონისძიებებს. ამერიკის მხარე დაინტერესდა ინსტიტუტის საქმიანობით და სურვილი გამოთქვა გარემოს დაცვის საკითხებში შემდგომ თანამშრომლობაზე. საუბარი გაგრძელდა 2 საათს;
- 2009 წლის 4 დეკემბერს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დირექტორი პროფ. გივი გავარდაშვილი აზერბაიჯანის ქ. ბაქოში ნორვეგიის საელჩოში შეხვდა ნორვეგიის ელჩს ბ-ნ ჯონ რამბერგს და საელჩოს პირველ მდივანს ბ-ნ ლარს რაგნარ ალერუდ ჰანსენს. საუბარი შეეხო საქართველოს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტსა და ნორვეგიის სახელმწიფოს შორის გარემოს დაცვის საკითხებზე როგორც სამეცნიერო კვლევებში თანამშრომლობასა და გამოცდილების გაზიარებას, ასევე ახალგაზრდა მეცნიერთა გაცვლას;
- 2009 წლის 21-27 დეკემბერს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დირექტორი პროფ. გივი გავარდაშვილი იმყოფებოდა პოლონეთის ქ. ვროცლავში ვროცლავის გარემოს და სიცოცხლის მეცნიერების უნივერსიტეტის რექტორის პროფ. რომან კოლაჩის მიწვევით მათდამი დაქვემდებარებულ ინსტიტუტებს შორის საერთაშორისო ურთიერთთანამშრომლობის ხელშეკრულების გაფორმების მიზნით. 24 დეკემბერს უნივერსიტეტის რექტორთან რომან კოლაჩთან შეხვედრაზე ინსტიტუტების შესახებ ინფორმაციის გაცნობის შემდეგ დაიგეგმა ორივე მხრიდან შეთანხმებული ურთიერთთანამშრომლობის ხელშეკრულების მომზადება.

სახელმწიფო მასშტაბის პროექტები

2008

ბორჯომი

- საქართველოს პრემიერ-მინისტრის 2008 წლის 29 აგვისტოს №252 ბრძანებით ინსტიტუტი აქტიურად მონაწილეობს საქართველოში საომარი მოქმედებების შედეგად გარემოსათვის მიყენებული ზიანის შემფასებელი კომისიის მუშაობაში;
- წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტმა, მხოლოდ ერთადერთმა ორგანიზაციამ,

განახორციელა რუსეთის აგრესიის შედეგად გარემოზე მიყენებული (ბორჯომისა და გორის რეგიონებში) ზარალის ეკოლოგიურ-ეკონომიკური გაანგარიშება, რაც შემდგომ გამოყენებულ იქნა ქვეყნის მთავრობის მიერ;

- ინსტიტუტმა საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროში წარადგინა სამეცნიერო ანგარიშები:
  - "საქართველოში საომარი მოქმედებების შედეგად გარემოზე მიყენებული ზარალის შეფასება";
  - "ბორჯომის რაიონის სოფლების წაღვერისა და დაბას მიმდებარე ნახანძრალი ტერიტორიების გეოეკოლოგიური გამოკვლევა";
  - "საქართველოში 2008 წლის აგვისტოს თვეში საომარი მოქმედებების შედეგად ბორჯომისა და გორის რეგიონებში ნახანძრალ ტერიტორიებზე ნიადაგის ეროზიისაგან დაცვის საპროექტო წინადადება";
- 8 ოქტომბერს ინსტიტუტში შედგა გარემოს დაცვის სამთავრობო კომისიის სხდომა, რომელსაც ხელმძღვანელობდა საქართველოს პრეზიდენტის მრჩეველი სამეცნიერო დარგში, ფიზიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ალ. ღონღაძე. სხდომაზე განხილულ იქნა რუსეთის ანექსიის შედეგად ბორჯომის (950 ჰა), გორის (5 ჰა) და ხარაგაულის (50 ჰა) ტყეების დაწვის შედეგად გარემოსადმი მიყენებული ზარალის ფინანსური აღრიცხვისა და შემდგომი მოსალოდნელი პრობლემების შესახებ გარემოსდამცავი ღონისძიებების სავარაუდო სქემა, რომელიც შემდგომ ჩამოყალიბდა კონცეფციის სახით და ინსტიტუტის სახელით გაგზავნილ იქნა გარემოს დაცვის სამინისტროში;
- 23-25 ოქტომბერს დაბა ბაკურიანში შედგა ჟურნალისტთა საერთაშორისო ასოციაციის (GIPA) საინფორმაციო-ანალიტიკური ლექცია, სადაც მიწვეულნი იყვნენ საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი, სატყეო ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს თავმჯდომარე – გიზო ურუშაძე და ინსტიტუტის დირექტორი გივი გავარდაშვილი, რომელმაც წაიკითხა ლექცია "საქართველოში რუსეთის აგრესიის შედეგად გადამწვარი ტყეების ზარალის შეფასება და ეროზიის საწინააღმდეგო თანამედროვე ღონისძიებების დასახვა". სემინარს ესწრებოდნენ საქართველოს ბეჭდვითი მასმედიის ჟურნალისტები, კავკასიის ჟურნალისტიკის ცენტრის წარმომადგენელი – ნინო დვალიშვილი, ჟურნალისტთა საერთაშორისო ასოციაციის პროგრამის ხელმძღვანელი სამხრეთ კავკასიაში – რობი ტეილორი (აშშ), ამავე პროგრამის ხელმძღვანელი საქართველოში – გესინე დორენბლუტი (გერმანია) და სხვ.

დურუჯი

- 21, 27 ნოემბერს და 10 დეკემბერს ინსტიტუტში შედგა რესპუბლიკური თათბირები დურუჯის ეკოლოგიური პრობლემების გააქტიურებასთან დაკავშირებით, რომელიც საშიშროებას უქმნის ქ. ყვარელს. თათბირებს ხელმძღვანელობდა საქართველოს პრეზიდენტის მრჩეველი სამეცნიერო დარგში, ფიზიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ალ. ღონღაძე, სადაც დაისახა წყალდიდობის და ღვარცოფსაწინააღმდეგო გადაუდებელი ღონისძიებები.

2009

- ფოთის საზღვაო ნავსადგურის სამხრეთით განთავსებული დამცავი მოლოს არსებული მდგომარეობის შეფასება (დამკვეთი – ფოთის პორტი);
- წყალტუბოს მღვიმეში წყალდიდობის საწინააღმდეგო ღონისძიებების დაპროექტებისათვის მეთოდოლოგიის დამუშავება

საექსპერტო სამუშაოები:

2008

1. რიონის ჰიდროელექტროსადგურის გარემოზე ზემოქმედების შეფასება;
2. შაორის ჰიდროელექტროსადგურის გარემოზე ზემოქმედების შეფასება;
3. ლაჯანურის ჰიდროელექტროსადგურის გარემოზე ზემოქმედების შეფასება;
4. კახეთის ჰიდროელექტროსადგურის

გარემოზე ზემოქმედების შეფასება;
5. აჭარჰესის გარემოზე ზემოქმედების შეფასება;
6. გუმათის ჰიდროელექტროსადგურის გარემოზე ზემოქმედების შეფასება;
7. ძევრულას ჰიდროელექტროსადგურის გარემოზე ზემოქმედების შეფასება.

2009

1. "ლაჯანურის ჰიდროელექტროსადგურის გარემოზე ზემოქმედების შეფასების ანგარიშის" ეკოლოგიური ექსპერტიზა;
2. "რიონის ჰიდროელექტროსადგურის გარემოზე ზემოქმედების შეფასების ანგარიშის" ეკოლოგიური ექსპერტიზა;
3. "მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადამცემი ხაზის "ჭოროხის" გარემოზე ზემოქმედების შეფასების ანგარიში";
4. ფონდი – "ათასწლეულების გამოწვევა საქართველოს" – მიერ წარმოდგენილი „სოფელი კოდის გასასვლელი გზის რეაბილიტაციის გარემოზე ზემოქმედების შეფასების ანგარიში";
5. "აჭარისწყლის ჰიდროელექტროსადგურის სარეაბილიტაციო სამუშაოებთან დაკავშირებით გარემოზე ზემოქმედების შეფასების ანგარიშის" ეკოლოგიური ექსპერტიზა;
6. ს.ს. "Energo-Pro Georgia"-ს მფლობელობაში მყოფი გუმათის ჰიდროელექტროსადგურების კასკადის (გუმათჰესის) რეაბილიტაციისა და ექსპლუატაციის შედეგად გარემოზე ზემოქმედების შეფასების ანგარიშის" ეკოლოგიური ექსპერტიზა;

გაფორმებული მემორანდუმები და საერთაშორისო ხელშეკრულებები

მემორანდუმები

2008

1. 2008 წლის 15 იანვარს გაფორმდა მემორანდუმი ინსტიტუტსა და საქართველოს სახელმწიფო სასოფლო-სამეურნეო უნივერსიტეტს შორის;
2. 2008 წლის 15 იანვარს გაფორმდა მემორანდუმი ინსტიტუტსა და საერთაშორისო სამართლისა და მართვის ქართულ-ბრიტანულ უნივერსიტეტს შორის;
3. 2008 წლის 11 მარტს გაფორმდა მემორანდუმი ინსტიტუტსა და ეგიაზაროვის სახელობის სომხეთის წყლის პრობლემებისა და ჰიდროტექნიკის ინსტიტუტს შორის.

ინსტიტუტის სახელშეკრულებო საქმიანობა

2008

- 18 ივლისს გაფორმდა ხელშეკრულება ინსტიტუტსა და შპს "ბოჭკობეტონ"-თან (დირექტორი – ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფ. დავით ნოზაძე), რის საფუძველზეც 2008 წლის 21 ივლისიდან 21 ოქტომბრამდე ინსტიტუტიდან მივლინებული იქნა გარემოს დაცვის ლაბორატორიის ხელმძღვანელი გ. ჩახაია ბაზალტის ბოჭკოთი არმირებული ბეტონის ტექნოლოგიის შესახებ სამეცნიერო კონსულტაციის გასაწევად და შემდგომში ინსტიტუტის გარემოს დაცვის ლაბორატორიაში სხვადასხვა ტიპის ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა მოდელირების განსახორციელებლად;
- 1 აგვისტოს გაფორმდა ხელშეკრულება ინსტიტუტსა და შპს "ი.ჯი.ეი"-სთან სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობის განხორციელების მიზნით, რის საფუძველზეც ინსტიტუტის ლაბორატორიაში ჩატარდა გრუნტის 76 ნიმუშის სრული ანალიზი;
- 25 აგვისტოს გაფორმდა ხელშეკრულება შპს "თბილისის წყალთან"- "ქ. თბილისის სასმელი წყლით მომარაგების უზრუნველყოფის მიზნით მდ. არაგვის კალაპოტში მიმდინარე დეფორმაციების კვლევა სათანადო რეკომენდაციების დამუშავებით". ხელშეკრულების თანახმად შესწავლილ იქნა მდ. არაგვის კალაპოტში (ჟინვალის მიწის კაშხლიდან სოფ. წიწამურის მიმდებარე ტერიტორიამდე) მიმდინარე დეფორმაციული პროცესები და დაისახა საინჟინრო ღონისძიებები შემდგომში სათანადო რეკომენდაციების მომზადების მიზნით.

2009

- 2009 წლის 9 თებერვალს გაფორმდა ხელშეკრულება პარტნიორობის შესახებ წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტსა და სამეცნიერო კვლევით ფირმას „გამას“ შორის.

საერთაშორისო ხელშეკრულებები

2008

1. სსიპ წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დაარსების 80 წლის იუბილესთან დაკავშირებით 2008 წლის 30 მაისს გაფორმდა კონტრაქტი ინსტიტუტსა და გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის განათლების და მეცნიერების კომისიას (UNESCO) შორის (№4500046308), რომელიც ითვალისწინებდა 2009 წლის 23-28 სექტემბერს ინსტიტუტში საერთაშორისო სიმპოზიუმის "წყალდიდობები და მათთან ბრძოლის თანამედროვე მეთოდები" ჩატარებას;
2. 27 ივლისს გაფორმდა ხელშეკრულება ინსტიტუტსა და შვეიცარიის განვითარების და თანამშრომლობის სააგენტოს (SDC) შორის. გრანტ-პროექტის მიზანია ლენტეხის გამგეობის დახმარება ბუნებრივი კატასტროფების პრევენციულ ზონებში;
3. 2008 წლის 2 ოქტომბერს გაფორმდა ხელშეკრულება ინსტიტუტსა და აზერბაიჯანის ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტს შორის;
4. 2008 წლის 3 ოქტომბერს გაფორმდა ხელშეკრულება ინსტიტუტსა და ყირგიზეთის მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წყლის პრობლემებისა და ჰიდროენერგეტიკის ინსტიტუტს შორის.

2009

1. 2009 წლის 24 მარტს გაფორმდა ხელშეკრულება ინსტიტუტსა და ერევნის არქიტექტურისა და მშენებლობის სახელმწიფო უნივერსიტეტს შორის;
2. 2009 წლის 28 დეკემბერს გაფორმდა ხელშეკრულება ინსტიტუტსა და უკრაინის ქ. ხარკოვის სამრეწველო ნარჩენების ცენტრთან.

საერთაშორისო სამეცნიერო ფორუმები

2008

- 10-13 ივლისს ქ. მინსკში (ბელორუსია) გაიმართა მუშა შეხვედრა საერთაშორისო მეცნიერებათა აკადემიის ასოციაციისა და დამოუკიდებელი თანამეგობრობის ქვეყნების ეგიდით, სადაც მივლინებულ იქნა ინსტიტუტის დირექტორი ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი გ. გავარდაშვილი საერთაშორისო მეცნიერებათა აკადემიის ასოციაციის (MAAH) ინიციატივით მთის ნაკადების (კატასტროფები, რისკი, პროგნოზირება და დაცვა) კვლევის საერთაშორისო ცენტრის დაფუძნებისათვის შესაბამისი საორგანიზაციო სამუშაოების განხორციელების მიზნით;
- 1-3 ოქტომბერს საერთაშორისო მეცნიერებათა აკადემიის ასოციაციის (MAAH) ეგიდით ქ. ბიშკეკში (ყირგიზეთი) ჩატარდა საერთაშორისო სამეცნიერო ფორუმი წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის ბაზაზე საერთაშორისო ცენტრის "კატასტროფები, რისკი, პროგნოზირება, დაცვა" დაფუძნებასთან დაკავშირებით, სადაც მიწვეული იყო ინსტიტუტის დირექტორი გივი გავარდაშვილი.

2009

- 2009 წლის 5-11 აპრილს თურქეთის ქ. სტამბულში ჩატარდა ევრო-გრანტის (FP-7) “შავი ზღვის სამეცნიერო ქსელი” პრეზენტაცია, რომელზეც 6 აპრილს ინსტიტუტის დირექტორმა პროფ. გივი გავარდაშვილმა გააკეთა პრეზენტაცია - წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში შავი ზღვის პრობლემებზე განხორციელებული კვლევების შესახებ. ყურადღება გამახვილდა აგრეთვე ინსტიტუტის ჰიდროტექნიკურ ლაბორატორიაში განხორციელებული ზღვის ტალღების მოდელირების კვლევებზე და ქ. ფოთის მდ. რიონის წყალდიდობებისაგან დაცვის საკითხებზე;
- 2009 წლის 4 აპრილს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში ჩატარდა ნატო-ს გრანტის პრეზენტაცია (შინაგან საქმეთა სამინისტროს საგანგებო სიტუაციებისა და მართვის დეპარტამენტის ტექნიკური საბჭოს დაკვეთით);

- 2009 წლის 17 აპრილს ინსტიტუტში იმყოფებოდა აშშ-ს მერილენდის უნივერსიტეტის პროფესორი, დოქტორი ბილალ აიუბი, რომელმაც გააკეთა მოხსენება თემაზე "რისკის ანალიზზე დაფუძნებული ჩარჩო-ხელშეკრულება სხვადასხვა სახის საშიშროებების ანალიზისათვის (CAPRA)";
- საერთაშორისო პრეზენტაცია "ეროზიული პროცესების პროგნოზი და მათ საწინააღმდეგო ღონისძიებების არსებული მეთოდოლოგიის დამუშავება" – ქ. ქერი, ჩრდ. კაროლინის უნივერსიტეტი, 25-28 მაისი;
- საერთაშორისო ფორუმი "დაძველებული ჰიდრონაგებობების ექსპლუატაციის ხანგრძლივობის პროგნოზი და მათი საიმედოობის შეფასება"– აშშ, ქ. მერილენდი. 2 ივნისი;
- 2009 წლის 6 ივნისს ინსტიტუტში ჩატარდა აშშ-ს სოფლის მეურნეობის დეპარტამენტის "კოხრანის" პროგრამის 2009 წლის ირიგაციის პრეზენტაცია, რომელსაც ესწრებოდნენ ამერიკის საელჩოს წარმომადგენლები: აშშ-ს საელჩოს სოფლის მეურნეობის ასისტენტი დემნა ძირკვაძე და აშშ-ს სოფლის მეურნეობის დეპარტამენტის სოფლის მეურნეობის განფენილობის და საბაზრო სისტემის რესურსის დარგის განვითარებისა და კატასტროფებისაგან დაცვის განყოფილების პროგრამის ასისტენტი ჰელენა ვაროუჰასი;
- 2009 წლის 6 ივლისს ნატოს შტაბ-ბინაში (ბრიუსელი) დღის 14 საათზე გაიმართა პროექტის "სამხრეთ კავკასიის რეგიონში მდინარეთა ქსელში განთავსებული ჰიდროტექნიკური სისტემების რისკზე დაფუძნებული უსაფრთხოების ანალიზი" (Risk-Based Security Analysis of the Hydraulic Systems in the River Network in South Caucasus Regions) პრეზენტაცია. ნატოს 15 ქვეყნის ექსპერტების (ექსპერტთა საბჭოს თავმჯდომარე – დანიის ქვეყნის წარმომადგენელი) წინაშე მოხსენება გააკეთა პროფ. გ. გავარდაშვილმა;
- 2009 წლის 13 ივლისს გარემოს დაცვის სამინისტროში გაიმართა პრეზენტაცია ბორჯომის პრობლემებთან დაკავშირებით, სადაც მოხსენებით გამოვიდა ინსტიტუტის დირექტორი პროფ. გივი გავარდაშვილი თემაზე "საქართველოში 2008 წლის აგვისტოს თვეში საომარი მოქმედებების შედეგად ბორჯომის რეგიონში ნახანძრალ ტერიტორიებზე ნიადაგის ეროზიისაგან დაცვის პირველი რიგის გადაუდებელი ღონისძიებები";
- 2009 წლის 17 ივლისს საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიურ საბჭოს სხდომაზე ინსტიტუტის დირექტორმა პროფ. გივი გავარდაშვილმა გააკეთა პრეზენტაცია თემაზე "საქართველოში 2009 წლის წყალდიდობები და მათთან ბრძოლის საინჟინრო-ეკოლოგიური ღონისძიებები";
- 2009 წლის 26 აგვისტოს საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდიუმის სხდომაზე მოხსენებით გამოვიდა ბუნებრივი კატასტროფების განყოფილების ხელმძღვანელი პროფ. ვ. თევზაძე თემაზე "ეროზიულ-ღვარცოფული მოვლენები საქართველოს აგროეკოსისტემებში და მათი გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების ღონისძიებები";
- 2009 წლის 1-7 ნოემბერს ქ. ბუქარესტში შედგა ევრო გრანტში FP-7 მონაწილე სახელმწიფოების წარმომადგენელთა სამუშაო შეხვედრა, რომელშიც მონაწილეობდა ინსტიტუტის დირექტორი, ევრო გრანტის "შავი ზღვის სამეცნიერო ქსელი" ხელმძღვანელი პროფ. გივი გავარდაშვილი 7 დღის ვადით სტაჟირებით იმყოფებოდა ქ. ბუქარესტში (რუმინეთი).

სტაჟირება საზღვარგარეთ

2009

- 2009 წლის 14 მაისიდან 2 ივნისამდე ინსტიტუტის დირექტორი პროფ. გივი გავარდაშვილი და მეცნიერ-თანამშრომლები – კოტე იორდანიშვილი და კოტე ბზიავა აშშ-ს სოფლის მეურნეობის დეპარტამენტის "კოხრანის" პროგრამის მიწვევით სტაჟირებით იმყოფებოდნენ აშშ-ში (17 დღით);
- 2009 წლის 25-29 სექტემბერს ინსტიტუტის გარემოს დაცვის ლაბორატორიის უფროსი ლაბორანტი, ევრო გრანტის

"შავი ზღვის სამეცნიერო ქსელი" შემსრულებელი თამრიკო სუპატაშვილი 4 დღით სტაჟირებაზე იმყოფებოდა ქ. ბრიუსელში (ბელგია);

- 2009 წლის 25-31 ოქტომბერს ინსტიტუტის გარემოს დაცვის ლაბორატორიის უფროსი ლაბორანტი, ევრო გრანტის "შავი ზღვის სამეცნიერო ქსელი" შემსრულებელი თამრიკო სუპატაშვილი 6 დღით სტაჟირებაზე იმყოფებოდა ქ. ოსტენდში (ბელგია).

კონფერენციებში და სიმპოზიუმებში მონაწილეობა

2009

საერთაშორისო

- 2009 წლის 17-24 მაისს ქ. ლვოვში (უკრაინა) ირიგაციის და დრენაჟის უკრაინისა და გერმანიის ეროვნული კომიტეტების და ირიგაციის და დრენაჟის საერთაშორისო კომიტეტის ევროპის სამუშაო ჯგუფის მიერ ჩატარდა 23-ე ევროპული რეგიონალური კონფერენცია "წყლისა და მიწის რესურსების პროგრესული მართვის მეთოდები სასოფლო-სამეურნეო წარმოებისა და სასოფლო-სამეურნეო ტერიტორიების განვითარებისათვის", რომელშიც მონაწილეობდა 2 მეცნიერ-თანამშრომელი;
- 2009 წლის 2-4 სექტემბერს ავსტრიის დედაქალაქ ვენაში ბოკუს უნივერსიტეტის ჰიდრავლიკისა და სასოფლო წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში შედგა მე-7 საერთაშორისო სიმპოზიუმი, რომელიც მიეძღვნა ფიტომელიორაციული ღონისძიებების კვლევას. სიმპოზიუმში მონაწილეობას ღებულობდა 28 ქვეყანა, მათ შორის საქართველოს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი;
- 2009 წლის 23-28 სექტემბერს ქალაქ თბილისში (საქართველო) UNESCO-ს მხარდაჭერით (კონტრაქტი №4500046308, 30 მაისი, 2008 წ., პარიზი, საფრანგეთი) წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დაარსებიდან 80 წლის იუბილეს აღსანიშნავად ინსტიტუტის სააქტო დარბაზში ჩატარდა საერთაშორისო სიმპოზიუმი თემაზე „წყალდიდობები და მათთან ბრძოლის თანამედროვე მეთოდები", რომელშიც მონაწილეობა მიიღეს მსოფლიოს 25 ქვეყნის მეცნიერ-სპეციალისტებმა.

რესპუბლიკური

- 2009 წლის 28-29 მაისს ქ. ქუთაისში ჩატარდა რესპუბლიკური სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია "გამოყენებითი ჰიმიისა და ტექნოლოგიების თანამედროვე მიღწევები", რომელშიც მონაწილეობდა 4 მეცნიერ-თანამშრომელი.

ინსტიტუტის დაჯილდოება

- 2009 წლის 10 ნოემბერს საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის სხდომათა დარბაზში იუნესკოს გენერალური კონფერენციის 31-ე სესიის 2001 წლის გადაწყვეტილების შესაბამისად საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიისა და მეცნიერების ისტორიის საქართველოს საზოგადოების მიერ ჩატარდა მეცნიერების დღისადმი მიძღვნილი საზეიმო სხდომა, რომელზეც მოხდა 2008 წლის საუკეთესო სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულებების დიპლომებით დაჯილდოება, სადაც წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დარგში დაჯილდოვდა 2008 წლის საუკეთესო სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულების დიპლომით.

ეროვნული პროფესიული სტანდარტები

2008

ეროვნული პროფესიული სააგენტოს დაკვეთით შემუშავდა პროფესიული სტანდარტები: "დურგალი-ხურო", „მეიზოლაციე", "იატაკის დამგები", "მღებავი", "რკინიგზების მშენებელი" (რეგისტრირებულია საქართველოს იუსტიციის სამინისტროში) ამერიკის შეერთებული შტატების, კანადის, გერმანიის ანალოგიური სტანდარტებისა და "ეისითი-მარკეტინგული კვლევისა და კონსულტაციის" მიერ ჩატარებული შრომის ბაზრის კვლევის საფუძველზე. პროფესიული სტანდარტები მოიცავს ზემოხსენებული პროფესიების მიხედვით აღწერილი საქმიანობის სფეროს, პროფესიული ცოდნისა და უნარების

აღწერას. შექმნილი სტანდარტების მიხედვით იქნება დამუშავებული ის სასწავლო-საგანმანათლებლო პროგრამები, რომლის საფუძველზეც მიმდინარეობს უმაღლესი და პროფესიული განათლების ცენტრების მასწავლებელთა და მოსწავლეთა პროფესიული გადამზადება.

2009

გაეროს განვითარების პროგრამა UNDP-ს ფარგლებში განათლების და მეცნიერების სამინისტროს დაკვეთით საქართველოს დამსაქმებელთა ასოციაციის ბაზაზე ექსპერტთა ჯგუფის მიერ შემუშავებულია მოდულური სისტემის სასწავლო ელემენტები და სახელობო-საგანმანათლებლო პროგრამები შემდეგ პროფესიებში: კალატოზი, მებათქაშე, მომპირკეთებელი-მეფილე, რომლებიც მოიცავს პროფესიების მიხედვით აღწერილი საქმიანობის სფეროს, პროფესიული ცოდნისა და უნარების აღწერას, რის საფუძველზეც მიმდინარეობს უმაღლესი და პროფესიული განათლების ცენტრების მასწავლებელთა და მოსწავლეთა პროფესიული გადამზადება.

ინსტიტუტის სამეცნიერო გრანტები

2008

საერთაშორისო გრანტები

1. შვეიცარიის გრანტ-პროექტი
   "ლენტეხის გამგეობის დახმარება კატასტროფის პრევენციულ ზონებში" – 27.07.2008-31.12.2008

სამეცნიერო ეროვნული ფონდის გრანტები

2. გრანტი № GNSF/ST07/7-257
   "ჰიდროტექნიკური ნაგებობების ავარიების აცილების, მიყენებული ზარალის შერბილების ღონისძიებები" – 1.01.2008-31.12.2009
3. გრანტი № GNSF/ST07/5-205
   "საქართველოს მელიორაციული სისტემების ეკოლოგიური საიმედოობის შეფასება" – 1.01.2008-31.12.2010
4. გრანტი № GNSF/ST07/8-275
   "ტრასეკას დერეფანში მთის ფერდობების მდგრადობის შეფასებისა და უზრუნველყოფის ღონისძიებები" – 1.01.2008-31.12.2009
5. სამოგზაურო გრანტი № GNSF/TR08/24
   სანკტ-პეტერბურგის მსოფლიო მე-14 საერთაშორისო კონფერენცია თემაზე "მყარი ნატანის ტრანსპორტი და სედიმენტაცია". 22-30 ივნისი, 2008.

2009

საერთაშორისო გრანტი

1. ევრო გრანტი [FP-7]
   "შავი ზღვის სამეცნიერო ქსელი" – 10.01.2009-01.01.2011

საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტები

2. გრანტი № GNSF/ST08/7-477
   "ფოთის ინდუსტრიული ზონის ეკოლოგიური უსაფრთხოების დაცვა მდინარე რიონზე არსებული წყალგამყოფი კვანძის შეუფერხებელი ფუნქციონირების გზით" – 01.01.2009-31.12.2010.
3. გრანტი № GNSF/ST08/5-433
   "გლობალური დათბობის ფონზე შავი ზღვის ეკოლოგიური პრობლემების შეფასება და საქართველოს ზღვისპირეთის აბრაზიული პროცესებისაგან დასაცავად მდინარეთა აუზების ეროზიულ-ღვარცოფული მოვლენებისა და მყარი ნატანის პროგნოზირება" – 01.01.2009-31.12.2011
4. გრანტი № GNSF/ST08/8-502
   "საქართველოს ტერიტორიაზე გამავალი, რუსეთის ალტერნატიული, ბაქო-თბილისი-ერზრუმის სატრანსპორტო და ენერგოდერეფნების ეკოლოგიური უსაფრთხოების შეფასებისა და უზრუნველყოფის ღონისძიებები" – 01.01.2009-31.12.2010.

ИНФОРМАЦИЯ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНСТИТУТА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В 2008-2009 ГОДАХ (ХРОНИКА)

В институте, основанном в 1929 г, в настоящее время работают 72 человека, из них 52% – научные сотрудники, среди которых 2 академика Национальной Академии наук, 1 член-корреспондент Академии сельскохозяйственных наук, 5 академиков Инженерной академии, 8 докторов с научной степенью, 16 докторов с академической степенью, 4 докторанта и 2 магистра.

Научно-исследовательская деятельность Института

- Научными сотрудниками Института в 2008-2009 годах в периодических изданиях опубликовано 105 статей, издано 4 монографии и 15 учебных пособий;
- В Институте разрабатываются 17 бюджетных тем. Актуальность исследований, посвященных разработке системы эффективных природоохранных мероприятий, определяется участившимися в последние годы катастрофическими проявлениями природы.

Научное сотрудничество Института

2008 г.

- В связи с выполнением грант-проекта "Помощь Лентехскому правлению в превенциальных зонах катастроф" рабочая группа Института во главе с директором Гиви Гавардашвили 11-19 октября 2008 года была командирована в г. Лентехи для осуществления проекта фитомелиорационных и инженерных мероприятий, 20 октября того же года в Институте была проведена презентация проекта, на которой присутствовали: г-н Эрик Киагард – советник программы ООН по вопросам управления чрезвычайными ситуациями в Грузии, г-жа Николь Шерер – офицер агентства Швейцарии по развитию международной программы управления рисками катастроф на Южном Кавказе и Давид Чичинадзе – представитель Лозанского Университета Швейцарии в Грузии;
- 19 декабря 2008года в Институте была проведена встреча с представителем Международного Центра геополитических исследований Тенгизом Пхакадзе, на которой рассматривали вопросы будущего международного сотрудничества. Особое внимание было уделено подготовке трансграничных проектов в рамках Европейской и партнерской инициативы.

2009 г.

- 23-28 сентября 2009года в г. Тбилиси при поддержке «ЮНЭСКО» (контракт №4500046308 30 мая, 2008г., Париж, Франция) в актовом зале Института был проведен международный симпозиум, посвященный 80-летию Института водного хозяйства, на тему «Наводнения и современные методы борьбы с ними». В работе симпозиума приняли участие ученые и специалисты из 25 стран мира, сотрудниками Института было представлено 17 научных докладов;
- 20-января в Институте была проведена встреча с сотрудниками неправительственной организации международных инициатив по новому бизнесу Шеин Аустином и Маикл Кунзом. Были затронуты вопросы реабилитации и проектирования мелиоративных систем, обслуживающих сельскохозяйственные угодия сел, жители которых пострадали от военных действий в августе 2008 года (Горийский район – с. Каралети, Мцхетский район – с.Церовани). Было решено, что обсуждаемые вопросы американская сторона представит Министерству сельского хозяйства Грузии для осуществления проекта международного сотрудничества;
- 23-26 марта 2009 года директор Института профессор Гиви Гавардашвили для решения организационных вопросов проекта гранта НАТО №SFP983833 был

командирован в г. Ереван, а с 28 марта по 1 апреля 2009 г. – по тем же вопросам – в г. Баку;

- 24 июля 2009 г в Институте побывали немецкие коллеги из Баугаузского Университета Карола Велс Гарер, Соня Келер, Бранислава Москович и Христиан Спрингер. Гости интересовались курортными зонами Грузии и выразили готовность для сотрудничества с Институтом;
- 24 апреля 2009г в посольстве США состоялась встреча директора Института проф. Гиви Гавардашвили, проф. Мерилендского Университета (США) Билал Аиубиса, посла Америки в Грузии Джона Тефта и руководителя департамента охраны окружающей среды и энергетики агентства международного развития США Джона Гансена. На встрече были затронуты вопросы, касающиеся обеспечения мероприятий по выполнению проекта гранта НАТО «Основанная на анализе риска безопасность гидротехнических систем на речных сетях Южного Кавказа». Американская сторона заинтересовалась деятельностью Института и выразила готовность дальнейшего сотрудничества в вопросах охраны окружающей среды;
- 4 декабря 2009 г. в г. Баку в посольстве Норвегии состоялась встреча директора Института проф. Гиви Гавардашвили, посла Норвегии г-на Джона Рамберга и первого секретаря посольства г-на Ларса Рагнара. Были затронуты вопросы сотрудничества Института и Норвегии по научным исследованиям в области охраны окружающей среды, в изучении опыта и обмена молодыми учеными;
- 21-27 декабря 2009 г. директор Института проф. Гиви Гавардашвили встретился в г. Вроцлаве (Польша) с ректором Вроцлавского Университета по исследованиям окружающей среды и жизни – проф. Романом Колачим, целью встречи было оформление международного договора о сотрудничестве между Институтом и Университетом.

Проекты государственного масштаба

2008 г.

Боржоми

- В соответствии с приказом №252 премьер-министра Грузии от 29 августа 2008 г. Институт активно принимал участие в комиссии по оценке ущерба, нанесенного окружающей среде от военных действий России;
- Институт водного хозяйства – единственная организация, которая осуществила эколого-экономический расчет ущерба, нанесенного окружающей среде от Российской агрессии, что в последующем было учтено правительством страны;
- Институт представил в Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов следующие отчеты:
  - "Оценка ущерба, нанесенного окружающей среде в результате военных действий в Грузии";
  - "Геоэкологические исследования подвергшихся пожару территорий сел Цагвери и Даба в Боржомском районе";
  - "Проектные предложения по охране почв от эрозии подвергшихся пожару территории Боржомского и Горийского района в результате военных действий в Грузии в августе 2008 г.";
- 8 октября в Институте состоялось заседание Правительственной комиссии по охране окружающей среды, которым руководил советник Президента Грузии по научным вопросам доктор физических наук, профессор А. Гонгадзе. На заседании были рассмотрены вопросы оценки финансового ущерба от пожара в Боржомском (950га), Горийском (5га) и Харагаульском (50га) районах, возникшего в результате агрессии России, также была рассмотрена схема природоохранных мероприятий, которая в последующем была сформулирована в виде концепции и отослана от имени Института в Министерство охраны природы;
- 23-25 октября в г. Бакуриани была проведена информационно-аналитическая лекция

международной ассоциации журналистов (GIPA). Были приглашены член-корреспонденты национальной академии наук Грузии, председатель ученого совета Института леса – Гизо Урушадзе и директор Института проф. Гиви Гавардашвили, который прочел лекцию "Оценка ущерба от сожженных почв в результате Российской агрессии в Грузии и проведение современных противоэрозионных мероприятий". На семинаре присутствовали журналисты Грузии, представитель Кавказского журналистского центра Нино Двалишвили, руководитель международной ассоциации журналистов Южного Кавказа Роби Тейлор (США), а также руководитель этой же программы в Грузии Гесин Доренблут (Германия) и др.

Дуруджи

- 21, 27 ноября и 10 декабря в Институте состоялись Республиканские совещания. Совещания были посвящены ухудшению экологической ситуации в зоне р. Дуруджи, возникновению угрозы затопления г. Кварели. Совещания проводились под руководством советника Президента Грузии по научным вопросам, доктора физических наук, профессора А. Гонгадзе. На совещаниях были намечены противопаводковые и противоселевые неотложные мероприятия.

2009 г.

- Оценка современного состояния защитного южного мола в Потийском морском порту (заказчик Потийский порт);
- Разработка методологии для проектирования противопаводковых мероприятий в Цхалтубской пещере.

Экспертные разработки

2008 г.

1. Оценка влияния Рионской гидроэлектростанции на окружающую среду;
2. Оценка влияния Шаорской гидроэлектростанции на окружающую среду;
3. Оценка влияния Ладжанурской гидроэлектростанции на окружающую среду;
4. Оценка влияния Кахаретской гидроэлектростанции на окружающую среду;
5. Оценка влияния Аджарской гидроэлектростанции на окружающую среду;
6. Оценка влияния Гуматской гидроэлектростанции на окружающую среду;
7. Оценка влияния Дзеврульской гидроэлектростанции на окружающую среду.

2009 г.

1. Экологическая экспертиза отчета по "Оценке влияния Ладжанурской гидроэлектростанции на окружающую среду";
2. Экологическая экспертиза отчета по "Оценке влияния Рионской гидроэлектростанции на окружающую среду";
3. "Отчет по оценке влияния линии воздушной электропередачи высокого напряжения "Чорохи" на окружающую среду";
4. "Отчет по оценке влияния реабилитированной дороги с. Кода на окружающую среду" – представленного фондом " Вызов тысячелетий Грузии";
5. Экологическая экспертиза "Отчета по оценке влияния реабилитационных работ на Аджарисцкальской гидроэлектростанции";
6. Экологическая экспертиза "Отчета по оценке влияния каскада Гуматских гидроэлектростанций (Гумати ГЭС) на окружающую среду в результате его реабилитации и эксплуатации", находящегося в ведении АО "Energo-Pro Georgia".

Оформленные меморандумы и международные договора

Меморандумы

2008 г.

1. 15 января оформлен меморандум между Институтом и Грузинским государственным аграрным Университетом;
2. 15 января оформлен меморандум между Институтом и Грузино-Британским Университетом международного права и управления;
3. 11 марта оформлен меморандум между Институтом и Государственным Армянским Институтом водных проблем и гидротехники им. Эгиазарова.

Договорная деятельность Института

2008 г.

- 18 июля оформлен договор между Институтом и ООО «Волокнобетон» (директор- доктор технических наук, проф. Давид Нозадзе), на основе которого с 21 июля по 21 октября 2008 г. руководитель лаборатории охраны природы Гога Чахая был командирован в ООО "Волокнобетон" для получения научных консультаций и осуществления моделирования различных типов гидротехнических сооружений в лаборатории охраны природной среды;
- 1 августа оформлен договор между Институтом и ООО "EGA" для осуществления научных исследований, на основе которых в лаборатории Института был проведен полный анализ 76 проб грунтов;
- 25 августа оформлен договор между Институтом и ООО "Тбилисская вода" целью которого было обеспечение г. Тбилиси питьевой водой, исследование деформаций в русле р. Арагви и разработка соответствующих рекомендаций. В соответствии с договором были изучены деформационные процессы, протекающие в русле р. Арагви (от Жинвальской земляной плотины до с. Цицамури), разработаны инженерные мероприятия и подготовлены соответствующие рекомендации.

2009 г.

- 9 февраля оформлен договор партнерства между Институтом и научно-исследовательской фирмой "Гама".

Международные договора

2008 г.

1. В связи с 80-летним юбилеем основания Института водного хозяйства оформлен контракт между Институтом и Комиссией образования и науки Организации Объединенных Наций (ЮНЭСКО) (№4500046308), который предусматривал проведение международного симпозиума "Наводнения и современные методы борьбы с ними" в Институте 23-28 сентября 2009 г;
2. 27 июля оформлен договор между Институтом и агентством развития и сотрудничества Швейцарии (SDC). Цель гранта-проекта помощь Лентехскому правлению в превенциальных зонах природных катастроф;
3. 2 октября оформлен договор между Институтом и Азербайджанским научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации;
4. 3 октября оформлен договор между Институтом Киргизской национальной научной академией водных проблем и Институтом гидроэнергетики.

2009 г.

1. 24 марта оформлен договор между Институтом и Ереванским государственным Университетом строительства и архитектуры;
2. 28 декабря оформлен договор между Институтом и Украинским центром промышленных отходов в г. Харькове.

Международные научные форумы

2008 г.

- 10-13 июля в г. Минске (Белоруссия) состоялась рабочая встреча под эгидой ассоциации международной академии наук и Содружества Независимых Государств, куда был командирован директор Института доктор технических наук, профессор Гиви Гавардашвили. Цель командировки – организационные мероприятия по созданию международного центра исследования горных потоков (катастрофы, риски, прогнозирование и охрана);
- 1-3 октября в г. Бишкеке (Киргизия) на базе Института водного хозяйства под эгидой международной ассоциации академии наук (МААН) проведен международный научный форум для основания международного центра "Катастрофы, риски, прогнозирование, охрана", куда был приглашен директор Института Гиви Гавардашвили.

2009 г.

- 5-11 апреля в г. Стамбуле (Турция) проведена презентация Евро-гранта (FP-7)

"Научная сеть Черного моря", на которой директор Института проф. Гиви Гавардашвили представил доклад о научных исследованиях Института по проблемам Черного моря. Было уделено особое внимание моделированию морских волн в гидротехнической лаборатории Института и вопросам охраны г. Поти от наводнений на р. Риони;

- 4 апреля в Институте проведена презентация гранта НАТО (по заказу Технического совета департамента чрезвычайных ситуаций Министерства внутренних дел);
- 17 апреля в Институте находился профессор Мерилендского Университета (США) доктор Билал Аиуби, который представил доклад на тему "Рамочный договор для оценки различных опасностей, основанных на анализе рисков (CAPRA) ";
- 25-28 мая участие в международной презентации – "Прогноз эрозионных процессов и разработка методологии для проведения противоэрозионных мероприятий" - г. Кери, Университет в Северной Каролине;
- 2 июня – участие в международном форуме "Прогноз срока эксплуатации устаревших гидротехнических сооружений и оценка их надежности" – США, г. Мериленд;
- 6 июня в Институте проведена презентация программы ирригации на 2009 г. "Кохрана" департамента сельского хозяйства США, на которой присутствовали представители посольства Америки: ассистент посольства США по сельскому хозяйству Демна Дзирквадзе и ассистент программы департамента по размещению сельского хозяйства, развитию рыночной системы ресурсов и защиты от катастроф Гелена Вароугаси;
- 6 июля в штаб-квартире НАТО (Брюссель) проведена презентация проекта "Анализ безопасности гидротехнических систем, расположенных на речных сетях региона Южного Кавказа" (Risk-Based Security Analysis of the Hydraulic Systems in the River Network in South Caucasus Regions). Доклад в присутствии 15 экспертов из 15 стран (председатель совета экспертов – представитель Дании) был представлен профессором Гиви Гавардашвили;
- 13 июля в Министерстве охраны природы проведена презентация по Боржомским проблемам, где директор Института профессор Гиви Гавардашвили представил доклад на тему "Неотложные мероприятия для охраны выжженных почв от эрозии на территории Боржомского региона, подвергшегося пожару в результате военных действии в Грузии в августе 2008 г.";
- 17 июля на заседании академического совета Грузинской национальной академии наук директор Института профессор Гиви Гавардашвили представил презентацию на тему "Наводнения 2009 г. в Грузии и инженерно-экологические методы борьбы с ними";
- 26 августа на заседании президиума Академии сельскохозяйственных наук с докладом выступил руководитель "Отдела природных катастроф" Института профессор В.Тевзадзе на тему "Эрозионно-селевые явления в агроэкосистемах Грузии и мероприятия для борьбы с отрицательными последствиями их на окружающую среду";
- 1-7 ноября в г. Бухаресте состоялась рабочая встреча участников Евро-гранта FP-7 из разных стран. Руководитель гранта "Научная сеть Черного моря" профессор Гиви Гавардашвили прошел стажировку в г. Бухаресте (Румыния) в течении 7 дней;

Стажирование за границей

2009 г.

- С 14 мая по 2 июня директор Института профессор Гиви Гавардашвили и научные сотрудники – К. Иорданишвили и К. Бзиава прошли стажировку в Департаменте сельского хозяйства США по программе "Кохрана" (17 дней);
- 25-29 сентября исполнитель Евро-гранта "Научная сеть Черного моря" старший лаборант Института из лаборатории охраны окружающей среды Тамрико Супаташвили прошла стажировку в течении 4-х дней в г.Брюсселе (Бельгия);
- 25-31 октября исполнитель Евро-гранта "Научная сеть Черного моря" старший лаборант Института (лаборатория охраны

окружающей среды) Тамрико Супаташвили прошла стажировку в течении 6-ти дней в г.Остенде (Бельгия).

Участие в конференциях и симпозиумах

2009 г.

В международных

- 17-24 мая в г. Львове (Украина) рабочей группой национальных комитетов Украины и Германии по ирригации и дренажу и международного комитета Европы проведена 23-я региональная Европейская конференция "Прогрессивные методы управления водными и земельными ресурсами для сельскохозяйственного производства и развития сельскохозяйственных территорий", в которой принимали участие 2 научных сотрудника Института;
- 2-4 сентября в столице Австрии г. Вене в Университете Боку и в Институте сельского водного хозяйства проведен 7-ой международный симпозиум, который был посвящен исследованиям фитомелиорационных мероприятий. В симпозиуме принимали участие 28 стран, в том числе Грузинский Институт водного хозяйства;
- 23-28 сентября в г. Тбилиси при поддержке ЮНЭСКО (контракт №4500046308, 30 мая, 2008 года, Париж, Франция) в актовом зале Института проведен международный симпозиум на тему "Наводнения и современные методы борьбы с ними". В работе симпозиума, посвященному 80-летнему юбилею со дня основания Института водного хозяйства, приняли участие ученые – специалисты из 25 стран мира;

В республиканских

- 28-29 мая в г. Кутаиси проведена республиканская научно-практическая конференция "Современные достижения прикладной химии и технологии", в которой участвовали 4 научных сотрудника Института;

Награды Института

- 10 ноября 2009 г. в актовом зале Национальной Академии наук Грузии в соответствии с решением Генеральной конференции 31-ой сессии ЮНЭСКО от 2001 г. и при поддержке Грузинской Национальной Академии наук и Грузинского общества исторических наук было проведено праздничное заседание посвященное дню науки, на котором лучшие научно-исследовательские институты были награждены дипломами, на этом заседании Институт водного хозяйства как лучший в 2008 г. среди научно-исследовательских организаций Грузии в области сельскохозяйственных наук, был награжден дипломом.

Национальные профессиональные стандарты

2008 г.

По заказу национального профессионального агентства разработаны профессиональные стандарты: "столяр-плотник", "изоляционщик", "полоукладчик", "маляр", "строитель железных дорог" (зарегистрировано в министерстве юстиции Грузии) в соответствии с аналогами в США, Канаде, Германии и стандартов разработанными на рынке труда "Маркетинговые исследования и консультации". Профессиональные стандарты включают перечисленные выше профессии в соответствии с сферами обслуживания, профессионального умения и способностей. Созданные стандарты будут положены в основу учебно-просветительских программ, переподготовки преподавателей и учащихся центров высшего и профессионального просвещения.

2009 г.

В рамках программы развития ООН по заказу Министерства просвещения и науки Грузии на базе ассоциации по трудоустройству экспертной группой разработаны элементы учебных модульных систем и профессионально-образовательные программы по следующим специальностям: каменщик, штукатурщик, кафельщик-облицовщик. Учебные программы обеспечивают переквалификацию преподавателей и учащихся из высших и профессиональных центров.

Научные гранты Института

2008 г.

Международные гранты

1. Швейцарский грант-проект "Помощь Лентехскому правлению в превенциальных зонах катастроф" – 27.07.2008-31.12.2008.

Гранты научного национального фонда

2. Грант №GNSF/ST07/7-257
   "Мероприятия по предотвращению аварий и смягчению нанесенного ущерба на гидротехнических сооружениях" – 01.01.2008-31.12.2009.
3. Грант №GNSF/ST07/5-205
   "Оценка экологической надежности мелиоративных систем Грузии" – 01.01.2008-31.12.2010.
4. Грант №GNSF/ST07/8-275
   "Мероприятия по оценке и обеспечению устойчивости горных склонов в коридоре Трасека" – 01.01.2008-31.12.2009.
5. Грант на поездку №GNSF/TR08/24
   14-ая международная конференция в Санкт-Петербурге на тему "Транспорт и седиментация твердого стока" – 22-30 июня 2008.

2009 г.

Международный грант

1. Евро грант [FP-7] – "Научная сеть Черного моря" – 01.01.2009-01.01.2011.

Гранты национального научного фонда Грузии

1. Грант №GNSF/ST08/7-477
   "Охрана экологической безопасности индустриальной зоны г. Поти на основе безотказного функционирования существующего вододелительного узла на р. Риони" – 01.01.2009-31.12.2010.
2. Грант №GNSF/ST08/5-433
   "На фоне глобального потепления оценка экологических проблем Черного моря и прогнозирование эрозионно-селевых явлений и твердого стока бассейна рек для защиты побережья Грузии от абразионных процессов" – 01.01.2009–31.12.2011
3. Грант №GNSF/ST08/8-502
   "Оценка и мероприятия обеспечения экологической безопасности альтернативных Российских транспортно-энергокоридоров Баку-Тбилиси-Эрзрум на территории Грузии" – 01.01.2009-31.12.2010.

INFORMATION REGARDING THE WATER MANAGEMENT INSTITUTE'S ACTIVITY, 2008-2009 (CHRONICLE)

Now, the number of the Institute's (established in 1929) employees is equal to 72, including scientists (52%): 2 – Academicians of the Georgian Academy of Sciences, 1 – Academician-Secretary of the Georgian Academy of Agricultural Sciences, 5 – Members of the Engineering Academy, 8 – Doctors of Sciences, 16 Doctors of Academic Sciences, 4 – Ph.D. candidates and 2 Masters.

SCIENTIFIC ACTIVITY OF THE INSTITUTE

- In 2008-2009, the scientists of the Institute published about 105 articles, 4 monographs and 15 manuals in different publishing houses;
- The Institute provides implementation of 17 budget topics, which are very important for the survey of the increased number of natural disasters and the measures of environmental protection.

SCIENTIFIC RELATIONSHIP

2008

- On 11-19 October, 2009, the working group with the Director of the Institute Givi Gavardashvili visited Lentekhi within the framework of Grant-Project "Lentekhi Administration Assistance within Disaster-Preventive Zone" and provided implementation of phyto irrigation and engineering measures. On 20 October, the presentation of the project was held in the Institute. The presentation was attended by Mr. Eric Kiagard – Adviser to the U.N.O. Development Program regarding the catastrophe prevention, Mrs. Nicol Sherrer – Officer of the Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) in the Southern Caucasus regarding the catastrophe risk prevention and David Chichinadze – Representative of the Institute of Lausanne in Georgia;
- On 19 October, 2009, Tengiz Pkhaladze, Chairman of the International Centre for Geopolitical Studies (Georgia), visited the Institute. There was considered the further cooperation between the Institute and the Centre to provide popularization of the Institute at the International Level. The attention was paid to the implementation of interdisciplinary projects within the framework of the European Initiative and Partnership.

2009

- The International Symposium on a topic "Floods and Modern Methods of Control Measures" dedicated to the eightieth anniversary of the Institute will be held in Tbilisi (Georgia) under the financial support of UNESCO (Contract No 4500046308, 30 May, 2008, Paris, France) on September 23-28, 2009 at the Water Management Institute, where participated scientists from 25 countries. Also, 31 scientists from the Institute participated in the above-mentioned International Symposium;
- On 20 January, Mr. Shein Austin and Mr. Michael Kunz from Washington, the employees of the International Nongovernmental Organization, visited the Institute. There were considered the issues regarding the improvement of economic level for the refugees from Gori and Tskhinvali after August war of 2008, who live in Karaleti (Gori District) and Tserovani (Mtskheta District) and the rehabilitation and designing of irrigation schemes for their agricultural lands. There was decided that the above-mentioned problems should be delivered to the Ministry of Agriculture of Georgia for the further realization of project within the framework of international collaboration;
- From 23.03 till 26.03 2009, the Director of the Institute Prof. Givi Gavardashvili visited Erevan for a period of 4 days. There were discussed organization issues of NATO grant No SFP983833;
- From 28.03 till 1.04 2009, the Director of the Institute Prof. Givi Gavardashvili visited Baku for a period of 4 days. There were discussed

organization issues of NATO grant No SFP983833;

- On 24 June 2009, German colleagues from the Bauhaus University: Karola vels Harrer, Sonja Keller, Branislava Mackovic and Christian Springer, visited the Institute. They were interested in health-resort zone of Georgia and expressed a desire for the further collaboration with the Institute;
- On 24 April 2009, the Director of the Institute, Doctor of Technical Sciences, Prof. Givi Gavardashvili and Professor of the University of Maryland, Dr. Bilal M. Ayyub had a meeting with U.S. Ambassador John Teft and John Hansen Chief of the Department of Environmental Protection of the US Agency for International Development in the Embassy of USA. There were discussed measures intended to provide the implementation of NATO Grant "Risk-Based Security Analysis for the Hydraulic Systems in the River Network in the Southern Caucasus Region". The American Party became interested in the activities of the Institute and expressed a desire for the further collaboration regarding the issues of environmental protection. The meeting prolonged 2 hours;
- On 4 December 2009, the Director of the Institute of Water Management, Prof. Givi Gavardashvili had a meeting in the Embassy of Norway in Baku with the Ambassador of Norway John Ramber and the First Secretary of the Embassy Mr. Lars Ragnar Alerud Hansen. They considered possible scientific collaboration and share of experience between the Institute of Water Management and Norway regarding the surveys on environmental protection and exchange of young scientists;
- On 21-27 December 2009, the Director of the Institute of Water Management, Prof. Givi Gavardashvili visited Wroclaw (Poland) at the invitation of the Rector of the University of Environmental and Life Sciences, Prof. Roman Kolach to complete formalities regarding the future international cooperation between the Institutes. On 24 December, after the Exchange of information at the meeting with the Rector of the University Roman Kolach, the Parties agreed to prepare the Agreement of Collaboration.

STATE PROJECT

2008

BORJOMI

- According to the Order No 252 of the Prime Minister of Georgia (29 August, 2008) the Institute takes active participation in the assessment of the environmental damage caused by war in Georgia;
- The Institute of Water Management is only one organization, which assessed environmental-economic damage (in Borjomi and Gori Districts) caused by Russian aggression. This information was used by the Government;
- The Institute submitted scientific reports to the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources:
  - Assessment of the Environmental Damage caused by War in Georgia;
  - Geoecological Surveys of Burned Areas located near Tsagveri and Daba in Borjomi District;
  - Proposal regarding the protection against soil erosion on the areas in Borjomi and Gori districts burned as a result of war in Georgia (August, 2008).
- On 8 October, a meeting with Government Committee of Environmental Protection was held in the Institute. The meeting was lead by the Presidential advisor on scientific matters, Doctor of Physical Sciences, Prof. Al. Gongadze. There were considered possible problems and financial assessment of environmental damage caused by fire in Borjomi (950 ha), Gori (5 ha) and Kharagauli (50 ha) as a result of Russian annexation. Also, there was considered a possible scheme of measures for environmental protection, which took a form of conception and was sent to the Ministry of Environmental protection on behalf of the Institute;
- On 23-25 October, an information-analytical lecture of Georgia Institute of Public Affairs

(GIPA) was held in Bakuriani. Corresponding Member of the Georgian Academy of Sciences, Chairman of Scientific Council of the Institute of Forestry – Gizo Urushadze, and the Director of the Institute – Givi Gavardashvili were invited to the above-mentioned meeting. Givi Gavardashvili read a lecture on the following topic: "Assessment of Forest Fire Damage caused by Russian aggression against Georgia and Outline of Modern Measures against Erosion". The seminar was attended by Georgian Print Journalists, the Representative of the International Center of Caucasian Journalists – Nino Dvalishvili, Head of the International Association of Journalists in the Southern Caucasus – Rob Taylor (USA), Head of the above-mentioned program – Gessine Dorenblute (Germany) etc.

DURUJI

- On 21, 27 November and 10 December, republican meetings dedicated to the ecological problems of Duruji, which expose danger to the population of Kvareli, were held in the Institute. The meeting was lead by the Presidential advisor on scientific matters, Doctor of Physical Sciences, Prof. Al. Gongadze. There were planned urgent measures against floods and debris flows.

2009

- Assessment of the Existing Conditions of Breakwater located to the South of Poti Harbor (Customer – Poti Harbor);
- Development of Methodology for the designing of measures against floods in the caves of Tskaltubo (Customer – "Kartu Group").

EXPERT WORKS:

2008

1. Environmental Impact Assessment of the Rioni Hydro-Power Plant;
2. Environmental Impact Assessment of the Shaori Hydro-Power Plant;
3. Environmental Impact Assessment of the Lajanuri Hydro-Power Plant;
4. Environmental Impact Assessment of the Kakhareti Hydro-Power Plant;
5. Environmental Impact Assessment of the Achara HPP;
6. Environmental Impact Assessment of the Gumati Hydro-Power Plant;
7. Environmental Impact Assessment of the Dzevrula Hydro-Power Plant.

2009

1. Ecological Expertise of "Environmental Impact Assessment of the Lajanuri Hydro-Power Plant";
2. Ecological Expertise of "Environmental Impact Assessment of the Rioni Hydro-Power Plant";
3. Environmental Impact Assessment of High-Voltage Line "Chorokhi";
4. "Environmental Assessment Report needed for the Rehabilitation of Kodi Road) submitted by the Millennium Challenge Georgia Fund;
5. Ecological Expertise of "Environmental Impact Assessment of the Achara Hydro-Power Plant";
6. Ecological Expertise of "Rehabilitation of Gumati Hydro Power Plant Cascades, which belong to "Energro-Pro Georgia" Ltd. and Environmental Impact Assessment caused by its Maintenance".

DRAWN MEMORANDA AND NTERNATIONAL CONTRACTS

MEMORANDA

2008

1. The memorandum between the Institute and the State Agricultural University of Georgia was drawn up on 15 January 2008;
2. The memorandum between the Institute and the State Agricultural University of Georgia was drawn up on 15 January 2008;
3. The memorandum between the Institute and the Georgian-Britain University of International Law and Management was drawn up on 15 January 2008;
4. The memorandum between the Institute and the Egiazarov Armenia Institute of Water Problems and Hydraulics was drawn up on 11 January 2008.

AGREEMENTS OF THE INSTITUTE

2008

- The agreement between the Institute and "Fiber-Concrete" Ltd. (Director – Doctor of Techn. Science, Prof. David Nozadze) was signed on 18 July. On the basis of the above-mentioned agreement, G.Chakhaia (Chief of the Laboratory of Environmental Protection) was assigned for scientific consultation regarding concrete reinforced with basalt fibrous and for the further designing of different types of hydraulic structures in the laboratory from 21 July up to 21 October, 2008;
- The agreement regarding the implementation of scientific surveys between the Institute and "I.G.I" Ltd. was signed on 1 August. Complete analysis of 76 soil samples were implemented in the laboratory of the Institute on the basis of the above-mentioned agreement;
- The agreement regarding the "Survey of Current Deformations in the Aragvi Riverbed and development of appropriate recommendation for the further supply of drinking water to Tbilisi" was signed between the Institute and "Georgian Water" Ltd. The survey of current deformation processes in the Aragvi Riverbed (from the Jinvali Earthdam up to the areas near Tsitsamuri) and the development of appropriate engineering measures with appropriate recommendations were implemented in accordance with the above-mentioned agreement.

2009

- The agreement about the Partnership between the Institute and the Scientific Firm "Gamma" was signed on the 9th day of February, 2009.

INTERNATIONAL AGREEMENTS

2008

1. The contract (No 4500046308) regarding the International Symposium on "Floods and Modern Methods of Control Measures" dedicated to the 80th anniversary of the Georgian Water Management Institute (23-28 September, 2009) was signed between the Institute and the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) on 30 May, 2008;
2. The Institute and Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) entered into the contract on the 27th July. The objective of grant-project is to help Lentekhi Authority regarding the preventive zones of natural disasters;
3. The Institute and the Scientific Research Institute of Erosion and Irrigation of Azerbaijan entered into the contract on the 2nd day of October;
4. The Institute and the Institute of Water Problems and Water-Power Engineering of the Kyrgyz National Academy of Sciences entered into the contract on the 3th day of October.

2009

1. The Institute and the Erevan Institute of Architecture and Construction entered into the contract on the 24th day of March, 2009;
2. The Institute and the Industrial Waste Management Center of Kharkov (Ukraine) entered into the contract on the 28th day of December, 2009.

INTERNATIONAL SCIENTIFIC FORUMS

2008

- On July 10 – 13, 2008 a working meeting under the aegis of the Association of International Academy of Sciences (MAAH) and the CIS Countries was held in Minsk (Belarus), where the Director of the Institute, Doctor of Technical Sciences, Prof. Givi Gavardashvili was sent with a mission according to the initiative of the Association of International Academy of Sciences (MAAH) to establish the International Centre for research of mountain streams` (catastrophes, risk, prognosis and protection) with the purpose of implementing the appropriate works;
- On October 1-3, the Director of the Institute, Prof. Givi Gavardashvili was invited to Bishkek (Kyrgyzstan) under the aegis of Association of International Academy of Science (MAAH) to establish the International Centre "Catastrophes, Risk and Prognosis" on the basis of the Institute of Water Management.

2009

- On 5-11 April 2009, the presentation of Euro-Grant (FP-7) "The Black Sea Scientific Network (SCENE)" was held in Istanbul, Turkey. On the 6th day of April, Director Professor Givi Gavardashvili gave a presentation on the surveys regarding the problems of the Black Sea implemented by the Institute of Water Management. Moreover, the attention was paid to the modeling of sea waves implemented in the hydrotechnical laboratory of the institute and to the issues of Poti protection against flood on the Rioni River;
- On 4 April, 2009, the presentation of NATO Grant (according to the assignment of Technical Council of the Department of Emergency Situations and Control of the Ministry of Internal Affairs) was held in the Institute;
- On the 17th day of April, 2009, the Institute was visited by Bilal Ayubb, Professor of the University of Maryland, USA, who gave a presentation "A Risk-Based Framework for Managing Infrastructures (CAPRA)";
- On 25-28 May, the International Presentation "Prognosis of Erosion Processes and Development of the Existing Methodology for the Measures against them" – Keri, University of North Carolina;
- On 2 June, the International Forum "Prognosis for the Service Life of Old Hydraulic Structures and Assessment of their Stability" – Maryland, USA;
- On the 6th day of June, 2009, the presentation about irrigation was held within the framework of "Cochran" program of the United States Department of Agriculture (2009). The presentation was attended by the following representatives of the Embassy of the USA: Demna Dzirkvadze, Agricultural Assistant at USDA and Helen Varouhas, Resources and Disaster Assistant at USDA;
- On the 6th day of July, 14:00, the presentation of project "Risk-Based Security Analysis of the Hydraulic Systems in the River Network in South Caucasus Regions" was held at NATO headquarters. The director of the Institute of Water Management, Prof. Givi Gavardashvili gave a presentation to the experts from 15 NATO Countries (Chairman of Expert Board – Representative of Denmark);
- On the 13th day of July, 2009, the presentation about Borjomi problems was held in the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Georgia. The Director of the Institute Prof. Givi Gavardashvili gave a presentation "Urgent Measures to prevent soil erosion on lands in Borjomi District burnt as a result of 2008 August conflict in Georgia";
- On the 17th day of July, 2009, the Director of the Institute Prof. Givi Gavardashvili gave a presentation on "Floods of 2009 and Engineering – Ecological Measures against Floods in Georgia" on the Meeting of Academic Council of the Georgian National Academy of Sciences;
- On the 26th day of August, 2009, the Chief of the Department of Natural Disasters Prof. V.Tevzadze read a paper on the following topic "Erosive-Debris Flow Processes in Agro ecosystems of Georgia and Negative Influence on the environment";
- On 1-7 November, 2009, the Meeting between the representatives of countries collaborating in Euro Grant FP-7 was held in Bucharest. The Director of the Institute, Chief of Euro Grant "The Black Sea Scientific Network", Prof. Givi Gavardashvili travelled to Bucharest (Rumania) for a period of 7 days.

TRAINING ABROAD

- From 14 May till 2 June 2009, the Director of the Institute Prof. Givi Gavardashvili and scientists – Kote Iordanishvili and Kote Bziava travelled to the USA for a period of 17 days within the framework of "Cochran" program held by the United States Department of Agriculture;
- September 25-29, 2009, the Chief Assistant of the Laboratory of Environmental Protection, Tamriko Supatashvili, travelled to Brussels (Belgium) for a meeting as an implementer of Euro Grant "the Black Sea Scientific Network" for a period of 4 days;
- October 25-31, 2009, the Chief Assistant of the Laboratory of Environmental Protection,

Tamriko Supatashvili, travelled to Ostend (Belgium) for a meeting as an implementer of Euro Grant "the Black Sea Scientific Network" for a period of 6 days.

PARTICIPATION IN CONFERENCES AND SYMPOSIUMS

INTERNATIONAL

- 2 scientists participated in the 23rd European Regional Conference on "Progress in managing water for Food and Rural Development" organized by the Ukrainian and German National Committees of Irrigation and Drainage and European Committee of Irrigation and Drainage and held on 17-24 May 2009, in Lvov (Ukraine);
- On 2-4 September, 2009, the 7th International Symposium was held in the Institute for Hydraulic and Water Resources Engineering of BOKU University in Vienna, Austria. About 28 countries, including, the Institute of Water Management participated in the symposium;
- The International Symposium on a topic "Floods and Modern Methods of Control Measures" dedicated to the eightieth anniversary of the Institute will be held in Tbilisi (Georgia) under the financial support of UNESCO (Contract No 4500046308, 30 May, 2008, Paris, France) on September 23-28, 2009 at the Water Management Institute, where participated scientists from 25 countries.

REPUBLICAN

- On 28-29 May, 2009m, 4 scientists of the Institute participated in the Republican Scientific Conference "Applied Chemistry and Achievements of Modern Technologies", which was held in Kutaisi.

AWARDS OF THE INSTITUTE

- On 10 November, 2009, the meeting dedicated to the Day of Scientists was held in the Academic Hall of Georgian National Academy of Sciences. The awarding of the best Scientific Organization of 2008 with diplomas was carried out in accordance with the decisions of the 31st session of UNESCO's General Conference. The Institute of Water Management was awarded with the Diploma of the Best Scientific Organization of Agricultural Sector 2008.

NATIONAL PROFESSIONAL STANDARDS

2008

The following professional standards: "Sashman-Woodworker", "Isolationist", "Parquet Floor Layer", "Stainer", "Railway Builder" (registered by the Ministry of Justice of Georgia), were elaborated on the basis of labor surveys implemented by "EST – Market Surveys and Consulting" according to the appropriate standards of the USA, German and Canada in accordance with the assignment of National Professional Agency. Professional standards include the description of the above-mentioned professions, including their professional knowledge and experience. The educational programs, which provide retraining of teachers and students of professional educational centers and centers of higher education, were developed according to the above-mentioned programs.

2009

According to the assignment of the Ministry of Education and Science of Georgia within the framework of Education Program of the United Nations Organization (UNDP), the experts developed training elements of major systems and technical-educational programs for the following professions: smith, stuccoer, facing worker, which include description of professional activities, professional knowledge and experience. The educational programs, which provide retraining of teachers and students of professional educational centers and centers of higher education, were developed according to the above-mentioned programs.

SCIENTIFIC GRANTS OF THE INSTITUTE

2008

INTERNATIONAL GRANTS

1. Swiss Grant – Project "Lentekhi Administration Assistance within Disaster-Preventive Zone" – 27.07.2008-31.12.2008.

GRANTS OF THE GEORGIAN NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

1. GRANT No GNSF/ST07/7-257
   "Measures to Avoid Emergencies of Hydraulic Structures and to Mitigate Damage" – 01.01.2008-31.12.2009.
2. GRANT No GNSF/ST07/5-205
   "Assessment of Ecological Stability of Irrigation Schemes in Georgia" 1.01.2008-31.12.2010
3. GRANT No GNSF/ST07/8-275
   "Assessment and Measures to stabilize Mountainous Slopes within the TRASEKA corridor" – 01.01.2008-31.12.2009.
4. TRAVEL GRANT No GNSF/TR08/24
   The 14th International Conference on Transport and Sedimentation of Solid Particles held in Saint-Petersburg, 22-30 June, 2008.

2009

INTERNATIONAL GRANT

1. Euro Grant [FP-7] – "The Black Sea Scientific Network (SCENE)" – 0.01.2009-1.01.2011

GRANTS OF THE GEORGIAN NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

1. GRANT No GNSF/ST08/7-477
   "Ecological Protection of Poti's Industrial Zone via unimpeded operation of the existing check structure" – 01.01.2009-31.12.2010.
2. GRANT No GNSF/ST08/5-433
   "Assessment of Environmental Problems of the Black Sea and Prognosis of Erosion – Debris Processes and Sediments in the rivers basins for the protection of Georgian Coastline from abrasive processes against the background of Global Warming" - 1.01.2009-31.12.2011.
3. GRANT No GNSF/ST08/8-502
   "Assessment and Provision of Environmental Stability within Transport and Power Corridor of Baku-Tbilisi-Erzrum passing through the territory of Georgia considered as an alternative to Russia" – 1.01.2009-31.12.2010.
   и мероприятия обеспечения экологической безопасности альтернативных Российских транспортно-энергокоридоров Баку-Тбилиси-Эрзрум на территории Грузии" – 01.01.2009-31.12.2010.

ავტორთა საძიებელი

აბაკაროვი ა. 22
აივაზოვი ა. 25
ალავერდაშვილი მ. 150
ალიმოვი ა. 31
ახვლედიანი თ. 35
ბალამწარაშვილი ზ. 39
ბზიავა კ. 67
ბონდირევი ი. 60
ბრეგვაძე გ. 150
გაბრიჩიძე ი. 45
გავარდაშვილი გ. 48
გარდაფხაძე თ. 157
გაფრინდაშვილი გ. 57
გედენიძე ზ. 45
გობეჩია გ. 60
გოგსაძე ი. 67
გულიევა ა. 125
დადიანი ქ. 82
დიაკონიძე რ. 71, 77, 228
დონაძე ც. 60
დოხნაძე გ. 82
ვართანოვი მ. 48, 92
ვეფხვიაშვილი ნ. 71
ზაკიევა რ. 25
ზაქაიძე ი. 96
ზეინალოვი ტ. 31, 99
თევზაძე ვ. 104, 192
თევზაძე თ. 114
იმანოვი ფ. 125
ინაშვილი ი. 67
ირემაშვილი ი. 104, 137
იორდანიშვილი ი. 104, 130
იორდანიშვილი კ. 92, 104, 130
იტრიაშვილი ლ. 146
კეკელიშვილი ლ. 96, 178, 232
კერესელიძე დ. 150
კვიციანი ტ. 157
კიკნაძე ხ. 166
კილაძე რ. 172,178
კუზინი ს. 184
კუპრეიშვილი შ. 224
ლორთქიფანიძე ფ. 228
მარტიაშვილი ც. 71
მახარაძე ი. 130
მახმუდოვი ნ. 189
მეხტიევი გ. 22
მოსულიშვილი დ. 39
ნათიშვილი ო. 192
ნანიტაშვილი ვ. 197
ნანიტაშვილი ო. 197
ნიბლაძე ნ. 146, 166
პეტევოტიანი რ. 201
რეხვიაშვილი ე. 197
რუსტამბეკოვი ბ. 204
სალუქვაძე ჰ. 82
სამხარაძე ვ. 209
სარუხანიანი ა. 215
სიჭინავა პ. 224
ტრაპაიძე ვ. 150
უნდილაშვილი ნ. 67
უტკინა ე. 184
ფირცხალაიშვილი ი. 71, 82
ფოცხვერია დ. 114
ფურცელაძე ლ. 218
ქაცარავა თ. 224
შავლაყაძე მ., 114
შურღაია ვ. 114
ჩანკაშვილი გ. 71
ჩახაია გ. 77, 228
ჩიტიშვილი გ. 232
ციხელაშვილი ზ. 236
წერეთელი ემ. 60
წულუკიძე ლ. 77, 228
ჭარბაძე ზ. 104, 246
ხოსროშვილი ე. 104, 130
ხუბულავა ი. 166
ხუციშვილი გ. 157
ჰასანოვა ნ. 250

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

Абакаров А.М.	**22**
Айвазов А.М.	**25**
Алавердашвили М.Ш.	**150**
Алимов А.К.	**31**
Ахвледиани Т.Е.	**35**
Баламцарашвили З.Г.	**39**
Бзиава К. Г.	**67**
Бондырев И.В.	**60**
Брегвадзе Г.И.	**150**
Вартанов М.В.	**48, 92**
Вепхвиашвили Н.А.	**71**
Габричидзе И.Д.	**45**
Гавардашвили Г.В.	**48**
Гардапхадзе Т.Г.	**157**
Гаприндашвили Г.Г.	**57**
Гасанова Н.И.	**250**
Геденидзе З.Ш.	**45**
Гобечия Г.Н.	**60**
Гогсадзе И. З.	**67**
Гулиева А.А.	**125**
Дадиани К.З.	**82**
Диаконидзе Р.В.	**71, 77, 228**
Донадзе Ц.А.	**60**
Дохнадзе Г.П.	**82**
Закиева Р.А.	**25**
Закаидзе И.Г.	**96**
Зейналов Т.С.	**31, 99**
Иманов Ф.А.	**125**
Инашвили И. Д.	**67**
Иремашвили И.Р.	**104, 137**
Иорданишвили И.К.	**104, 130**
Иорданишвили К.Т.	**92, 104, 130**
Итриашвили Л.А.	**146**
Кацарава Т.Е.	**224**
Кекелишвили Л.Г.	**96, 178, 232**
Кереселидзе Д.Н.	**150**
Квициани Т.А.	**157**
Кикнадзе Х.Л.	**166**
Киладзе Р.М.	**172,178**
Кузин С. А.	**184**
Купреишвили Ш.З.	**224**
Лордкипанидзе Ф.Н.	**228**
Мартиашвили Ц.Т.	**71**
Махарадзе Я.В.	**130**
Махмудов Н.Н.	**189**
Мехтиева Г.Ю.	**22**
Мосулишвили Д.И.	**39**
Наниташвили В.О.	**197**
Наниташвили О.С.	**197**
Натишвили О.Г.	**192**
Нибладзе Н.Ш.	**146, 166**
Петевотян Р.А.	**201**
Пирцхалаишвили И.Т.	**71, 82**
Поцхвериа Д.Г.	**114**
Пурцеладзе Л.Д.	**218**
Рехвиашвили Э.Р.	**197**
Рустамбеков Б.М.	**204**
Салуквадзе Г.А.	**82**
Самхарадзе В.И.	**209**
Саруханян А.А.	**215**
Сичинава П.О.	**224**
Тевзадзе В.И.	**104, 192**
Тевзадзе Т.В.	**114**
Трапаидзе В.З.	**150**
Ундилашвили Н. А.	**67**
Уткина Е.Б.	**184**
Хосрошвили Е.З.	**104, 130**
Хубулава И.В.	**166**
Хуцишвили Г.Т.	**157**
Цихелашвили З.И.	**236**
Церетели Э.Д.	**60**
Цулукидзе Л.Н.	**77, 228**
Чанкашвили Г.Т.	**71**
Чарбадзе З.Д.	**104, 246**
Чахая Г.Г.	**77, 228**
Читишвили Г.Ш.	**232**
Шавлакадзе М.С.	**114**
Шургая В.Ш.	**114**

AUTHOR INDEX

Abakarov A.	**22**
Aivazov A.	**25**
Akhvlediani T.	**35**
Alaverdashvili M.	**150**
Alimov A.	**31**
Balamtsarashvili Z.	**39**
Bondirev I.	**60**
Bregvadze G.	**150**
Bziava K.	**67**
Chankashvili M.	**71**
Charbadze Z.	**104, 246**
Chakhaia G.	**77, 228**
Chitishvili G.	**232**
Dadiani K.	**82**
Diakonidze R.	**71, 77, 228**
Dokhnadze G.	**82**
Donadze Ts.	**60**
Gabrichidze I.	**45**
Gaprindashvili G.	**57**
Gardaphkhadze T.	**157**
Gavardashvili G.	**48**
Gedenidze Z.	**45**
Gobechia G.	**60**
Gogsadze I.	**67**
Guliyeva A.	**125**
Hasanova N.	**250**
Imanov F.	**125**
Inashvili I.	**67**
Iordanishvili I.	**104, 130**
Iordanisvhili K.	**92, 104, 130**
Itriashvili L.	**146**
Iremashvili I.	**104, 137**
Katsarava T.	**224**
Kekelishvili L.	**96, 178, 232**
Kereselidze D.	**150**
Kvitsiani T.	**157**
Khosroshvili E.	**104, 130**
Khubulava I.	**166**
Khutsishvili G.	**157**
Kiknadze Kh.	**166**
Kiladze R.	**172,178**
Kuzin A.	**184**
Kupreishvili Sh.	**224**
Lortkipanidze P.	**228**
Makharadze I.	**130**
Makhmudov N.	**189**
Martiashvili Ts.	**71**
Mekhtieva G.	**22**
Mosulishvili D.	**39**
Nanitashvili V.	**197**
Nanitashvili O.	**197**
Natishvili O.	**192**
Nibladze N.	**146, 166**
Petevotyan R.	**201**
Pirtskhalaishvili I.	**71, 82**
Potskhveria D.	**114**
Purtseladze L.	**218**
Rekhviashvili E.	**197**
Rustambekov B.	**204**
Salukvadze H.	**82**
Samkharadze V.	**209**
Sarukhanian A.	**215**
Shavlakadze M.	**114**
Shurgaia V.	**114**
Sichinava P.	**224**
Tevzadze V.	**104, 192**
Tevzadze T.	**114**
Trapaidze V.	**150**
Tsereteli Em.	**60**
Tsikhelashvili Z.	**236**
Tsulukidze L.	**77, 228**
Undilashvili N.	**67**
Utkina E.	**184**
Vartanov M.	**48, 92**
Vepkhviashvili N.	**71**
Zakieva R.	**25**
Zakaidze I.	**96**
Zeinalov T.	**31, 99**

შ ი ნ ა ა რ ს ი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი – 80 3

საერთაშორისო სიმპოზიუმი „წყალდიდობები და მასთან ბრძოლის თანამედროვე მეთოდები“ (მოკლე ანგარიში) 12

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის 80 წლისთავის აღსანიშნავი მილოცვები 17

ოთარ ნათიშვილი – 80 19

ნინო ვარაზაშვილი – 85 21

აბაკაროვი ა., მეხტიევი გ. აშშერონის არქიპელაგის წყლის ხარისხის ჰიდროქიმიური მაჩვენებლები (აზერბაიჯანი) 22

აივაზოვი ა., ზაკიევა რ. კოლექტორულ-დრენაჟული ქსელის საექსპლუატაციო საიმედოობა (აზერბაიჯანი) 25

ალიმოვი ა., ზეინალოვი ტ. ეკოლოგიურ გარემოებაზე ირიგაციული სისტემების ზემოქმედება აზერბაიჯანის რესპუბლიკის მილსკო-ყარაბახის მთისწინა დაბლობზე (აზერბაიჯანი) 31

ახვლედიანი თ. ბიოცენოზის თანამედროვე მდგომარეობა კოლხეთის შელფურ ზონაში (საქართველო) 35

ბალამწარაშვილი ზ., მოსულიშვილი დ. ტყეკაფვითი სამუშაოების ეკოლოგიურად უვნებელი ტექნოლოგია და მანძანები მთიან პირობებში (საქართველო) 39

გაბრიჩიძე ი., გედენიძე ზ. წყალსატევებში წყლის დონის საზომი მოწყობილობის გაუმჯობესებული კონსტრუქცია (საქართველო) 45

გავარდაშვილი გ., ვართანოვი მ. საქართველოში 2008 წლის აგვისტოში საომარი მოქმედების შედეგად გადამწვარი ტყის მასივების ეკოლოგიურ-ეკონომიური ზარალის შეფასება და მთის ფერდობებზე ნიადაგის ეროზიისაგან დამცავი ღონისძიებები (საქართველო) 48

გობეჩია გ., წერეთელი ემ., ბონდირევი ი., გაფრინდაშვილი გ., დონაძე ც. საქართველოში მეწყრულ-ბრავიტაციული მოვლენების შედეგები და მათი განვითარების კანონზომიერება (საქართველო) 60

გოგსაძე ი., ბზიავა კ., ინაშვილი ი., უნდილაშვილი ნ. წყლის გამრეცხი სიჩქარის გავლენა არხის სტრუქტურის ფორმირებაზე (საქართველო) 67

დიაკონიძე რ., ფირცხალაიშვილი ი., ვეფხვიაშვილი ნ., მარტიაშვილი ც., ჩანკაშვილი გ. მდ. მტკვრის შენაკადების ეკოქიმიური მდგომარეობის შეფასება ქ. თბილისის ტერიტორიის ფარგლებში (საქართველო) 71

დიაკონიძე რ., ჩახაია გ., წულუკიძე ლ. საქართველოს მდინარეთა წყალშემკრები აუზების მცოცავ-მბორავი (ფსკერული) და მთლიანი მყარი ნატანის საანგარიშო ემპირიული დამოკიდებულებები (საქართველო) 77

დოხნაძე გ., სალუქვაძე ჰ., დადიანი ქ., ფირცხალაიშვილი ი. თანამედროვე გეოდინამიკური პროცესები მესხეთ-ჯავახეთში (საქართველო) 82

ვართანოვი მ., იორდანიშვილი კ. სარწყავი წყლის ბინარული ტარიფიკაციის გამოყენების შესაძლებლობები (საქართველო) 92

ზაქაიძე ი., კეკელიშვილი ლ. კოლხეთის დაბლობის მძიმე თიხნარი ნიადაგების ფილტრაციის ზოგიერთი საკითხი (საქართველო) 96

ზეინალოვი ტ. ეკონომიკური ეფექტიანობის და ეროზიისგან ნიადაგის დაცვაზე გამოქვაბული სახსრების ოპტიმალური განაწილების გაანგარიშების მეთოდიკა (აზერბაიჯანი) 99

თევზაძე ვ., იორდანიშვილი ი., ჭარბაძე ზ., ირემაშვილი ი., იორდანიშვილი კ., ხოსროშვილი ე. მეცნიერებაში ბიბლიომეტრული სარეიტინგო მაჩვენებლების შესახებ (საქართველო) 104

თევზაძე თ., შურღაია ვ., შავლაყაძე მ., ფოცხვერია დ. ბორჯომის რაიონის სოფლების – წაღვერისა და დაბის მიმდებარე ნახანძრალი ტერიტორიების გეოეკოლოგიური გამოკვლევა (საქართველო) 114

იმანოვი ფ., გულიევა ა. მცირე კავკასიონის მდინარეებზე ჰიდროლოგიური გვალვის დროისა და ჩამონადენითი მახასიათებლების განზოგადება (აზერბაიჯანი) 125

იორდანიშვილი ი., იორდანიშვილი კ., ხოსროშვილი ე., მახარაძე ი. კოლხეთის შელფურ ზონაში სეისმური წარმოშობის ერთეული ტალღების ტრანსფორმაცია (საქართველო) 130

ირემაშვილი ი. ეროზირებული ფერდობის გასამაბრებელი საინჟინრო ღონისძიებების შემუშავება (საქართველო) 137

იტრიაშვილი ლ., ნიბლაძე ნ. ბრუნტების თვისებების მართვის მეთოდების კლასიფიკაცია (საქართველო) 146

კერესელიძე დ., ტრაპაიძე ვ., ალავერდაშვილი მ., ბრეგვაძე გ. ევტროფიკაციული პროცესები ტბებსა და წყალსაცავებში (საქართველო) 150

კვიციანი ტ., ხუციშვილი გ., გარდაფხაძე თ. ფერდოს ჩამოშვავებული მასის საშიში დაცურების ზედაპირის დიფერენციალური განტოლების შედგენა და მისი გამოკვლევა დამატებითი დატვირთვების გათვალისწინებით (საქართველო) 157

კიკნაძე ხ., ნიბლაძე ნ., ხუბულავა ი. ფერდობების ეროზიის საწინააღმდეგო გამაბრება ახალი პოლიკომპლექსის სსბმ-ის გამოყენებით (საქართველო) 166

კილაძე რ. ჰიდროეკოლოგიური პროცესების მათემატიკური მოდელირება ცვალებადი სასაზღვრო პირობების დროს და მათი კომპიუტერული იმიტაცია (საქართველო) 172

კილაძე რ., კეკელიშვილი ლ. ინფილტრაციის შესწავლის და ასახვის თეორიული და ექსპერიმენტული მეთოდები (საქართველო) 178

კუზინი ს., უტკინა ე. სუფთა ტექნოლოგიების და ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქციის წარმოების დანერგვა და განვითარება უკრაინის მდგრადი განვითარებისათვის (უკრაინა) 184

მახმუდოვი ნ. დახურული დრენაჟის კონსტრუქციის ფილტრაციული წინაღობა (აზერბაიჯანი) 189

ნათიშვილი ო., თევზაძე ვ. ბმული ღვარცოფის ირიბი ჰიდრავლიკური ნახტომი (საქართველო) 192

ნანიტაშვილი ო., რეხვიაშვილი ე., ნანიტაშვილი ვ. დასაწვიმი დანადგარის მდგრადობა განივი დახრის ფერდობზე მუშაობის დროს (საქართველო) 197

პეტევოტიანი რ. მთის მდინარეების წყალმიმღები ნაგებობების ახალი კონსტრუქციები (სომხეთი) 201

რუსტამბეკოვი ბ. ნავიგაციური კონტროლის ოპტიმალური მარშრუტის დაგეგმვის ინფორმაციული ფორმალიზაცია ეკოლოგიურ მონიტორინგში (აზერბაიჯანი) 204

სამხარაძე ვ. საბორავი არხსაჭრელის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა (საქართველო) 209

სარუხანიანი ა. ენერგიის დანაკარგის გაანგარიშება არამყარი ლამინარული მოძრაობისას ბლანტი სითხის რგოლისებრ ცილინდრულ მილში (სომხეთი) 215

ფურცელაძე ლ. წყალმოვარდნებით ნიადაგის დაზიანებები და მათი თავიდან აცილების გზები (საქართველო) 218

ქაცარავა თ., კუპრეიშვილი შ., სიჭინავა პ. ნიადაგ-ბრუნტების დასაშვები სიჩქარე ზედაპირულ-მოლეკულური ეფექტების გათვალისწინებით (საქართველო) 224

ჩახაია გ., დიაკონიძე რ., წულუკიძე ლ., ლორთქიფანიძე ფ. მდინარე ცხენისწყლის აუზში ეროზიულ-დვარცოფული პროცესების პროგნოზირება (საქართველო) 228

ჩიტიშვილი გ., კეკელიშვილი ლ. რელიეფის ზედაპირის სქემატიზირებისა და წვიმისმიერი ჩამონადენის მოდელირების ზოგიერთი საკითხი (საქართველო) 232

ციხელაშვილი ზ. წყალსატევების წყლის დაბინძურების ხარისხის დესკრიფციული მოდელირება (საქართველო) 246

ჭარბაძე ზ. სასაზღვრო ზღუდეზე მოსული წნევის შესახებ (საქართველო) 250

ჰასანოვა ნ. მსხვილი წყალსაცავების გავლენის შეფასება სამხრეთ კავკასიონის ტრანსმოსაზღვრე მდინარეების წყლის მაძსიმალურ ხარჯებზე (აზერბაიჯანი) 257

ანოტაციები (ქართულ ენაზე) 269

ანოტაციები (რუსულ ენაზე) 280

ანოტაციები (ინგლისურ ენაზე) 291

ქრონიკა (ქართულ ენაზე) 299

ქრონიკა (რუსულ ენაზე) 306

ქრონიკა (ინგლისურ ენაზე) 313

ავტორთა საძიებელი (ქართულ ენაზე) 314

ავტორთა საძიებელი (რუსულ ენაზე) 315

ავტორთა საძიებელი (ინგლისურ ენაზე) 318

С О Д Е Р Ж А Н И Е

ИНСТИТУТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА – 80 3

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ „НАВОДНЕНИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ” (КРАТКИЙ ОТЧЕТ) 12

ПОЗДРАВЛЕНИЯ В СВЯЗИ С 80-ЛЕТИЕМ ИНСТИТУТА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА 17

ОТАР НАТИШВИЛИ – 80 19

НИНО ВАРАЗАШВИЛИ – 85 21

Абакаров А.М., Мехтиева Г.Ю. ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОД АПШЕРОНСКОГО АРХИПЕЛАГА (Азербайджан) 22

Айвазов А.М., Закиева Р.А. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ (Азербайджан) 25

Алимов А.К., Зейналов Т.С. ВЛИЯНИЕ ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ МИЛЬСКО-КАРАБАХСКОЙ ПРЕДГОРНОЙ РАВНИНЫ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (Азербайджан) 31

Ахледиани Т.Е. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БИОЦЕНОЗА В ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ КОЛХИДЫ (Азербайджан) 35

Баламцарашвили З.Г., Мосулишвили Д.И. ЛЕСОСЕЧНЫЕ РАБОТЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ (Грузия) 39

Габричидзе И.Д., Геденидзе З.Ш. УЛУЧШЕННАЯ КОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В ВОДОЕМАХ (Грузия) 45

Гавардашвили Г.В., Вартанов М.В. ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ПОЖАРОВ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ, ВОЗНИКШИХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ В ГРУЗИИ В АВГУСТЕ 2008 ГОДА И МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ГОРНЫХ ОТКОСОВ ОТ ЭРОЗИИ (Грузия) 48

Гобечия Г.Н., Церетели Э.Д., Бондырев И.В., Гаприндашвили Г.Г., Донадзе Ц.А. ОПОЛЗНЕ-ГРАВИТАЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ГРУЗИИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ РАЗВИТИЯ (Грузия) 60

Гогсадзе И. З., Бзиава К. Г., Инашвили И. Д., Ундилашвили Н. А. ВЛИЯНИЕ РАЗМЫВАЮЩЕЙ СКОРОСТИ ВОДЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КАНАЛА (Грузия) 67

Диаконидзе Р.В., Пирцхалаишвили И.Т., Вепхвиашвили Н.А., Мартиашвили Ц.Т., Чанкашвили Г.Т. ЭКОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЙ ПРИТОКОВ Р. МТКВАРИ (КУРА) НА ТЕРРИТОРИИ Г.ТБИЛИСИ (Грузия) 71

Диаконидзе Р.В., Чахая Г.Г., Цулукидзе Л.Н. ЭМПИРИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЛЕКОМЫХ (ДОННЫХ) И ПОЛНОГО СТОКА НАНОСОВ ВОДОСБОРОВ РЕК ГРУЗИИ (Грузия) 77

Дохнадзе Г.П., Салуквадзе Г.А., Дадиани К.З., Пирцхалаишвили И.Т. СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МЕСХЕТ -ДЖАВАХЕТИ (Грузия) 82

Вартанов М.В., Иорданишвили К.Т. ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИНАРНОЙ ТАРИФИКАЦИИ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ (Грузия) 92

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Закаидзе И.Г., Кекелишвили Л.Г. НЕКОТОРЫЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ТЯЖЕЛОГЛИНИСТЫХ ПОЧВ КОЛХИДСКОЙ НИЗМЕННОСТИ (Грузия) 96

Зейналов Т.С. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫДЕЛЕННЫХ СРЕДСТВ НА ЗАЩИТУ ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ (Азербайджан) 99

Тевзадзе В.И., Иорданишвили И.К., Чарбадзе З.Д., Иремашвили И.Р. Иорданишвили К.Т., Хосрошвили Е.З. О БИБЛИОМЕТРИЧЕСКИХ РЕЙТИНГОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ В НАУКЕ (Грузия) 104

Тевзадзе Т.В., Шургая В.Ш., Шавлакадзе М.С., Поцхверия Д.Г. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОХВАЧЕННЫХ ПОЖАРОМ ТЕРРИТОРИЙ СЕЛ ЦАГВЕРИ И ДАБА БОРЖОМСКОГО РАЙОНА (Грузия) 114

Иманов Ф.А., Гулиева А.А. ОБОБЩЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ И СТОКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАСУХИ НА РЕКАХ МАЛОГО КАВКАЗА (Азербайджан) 125

Иорданишвили И.К., Иорданишвили К.Т., Хосрошвили Е.З., Махарадзе Я.В. ТРАНСФОРМАЦИЯ ОДИНОЧНЫХ ВОЛН СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ КОЛХИДЫ (Грузия) 130

Иремашвили И.Р. РАЗРАБОТКА ИНЖЕНЕРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ЭРОЗИРОВАННЫХ СКЛОНОВ (Грузия) 137

Итриашвили Л.А., Нибладзе Н.Ш. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ СВОЙСТВАМИ ГРУНТОВ (Грузия) 146

Кереселидзе Д.Н., Трапаидзе В.З., Алавердашвили М.Ш., Брегвадзе Г.И. ЭВТРОФИКАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОЗЕРАХ И ВОДОХРАНИЛИЩАХ (Грузия) 150

Квициани Т.А., Хуцишвили Г.Т., Гардапхадзе Т.Г. ВЫВОД И ИССЛЕДОВАНИЕ УРАВНЕНИЯ ОПАСНОЙ КРИВОЛИНЕЙНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ ОБВАЛЬНОЙ МАССЫ ОТКОСА С УЧЁТОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК (Грузия) 157

Кикнадзе Х.Л., Нибладзе Н.Ш., Хубулава И.В. ПРОТИВОЭРОЗИОННОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ СКЛОНОВ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВОГО ПОЛИКОМПЛЕКСА СДВ-М (Грузия) 166

Киладзе Р.М. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ И ОСНОВЫ ИХ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИМИТАЦИИ (Грузия) 172

Киладзе Р.М., Кекелишвили Л.Г. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОПИСАНИЯ ИНФИЛЬТРАЦИИ (Грузия) 178

Кузин С. А., Уткина Е. Б. ВНЕДРЕНИЕ И РАЗВИТИЕ БОЛЕЕ ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ УКРАИНЫ (Украина) 184

Махмудов Н.Н. ФИЛЬТРАЦИОННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА (Азербайджан) 189

Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И. КОСОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРЫЖОК СВЯЗНОГО СЕЛЕВОГО ПОТОКА (Грузия) 192

Наниташвили О.С., Рехвиашвили Э.Р., Наниташвили В.О. УСТОЙЧИВОСТЬ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА ПОПЕРЕЧНЫХ СКЛОНАХ (Грузия) 197

Петевотян Р. А. НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ВОДОПРИЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ГОРНЫХ РЕКАХ (Армения) 201

Рустамбеков Б.М. ИНФОРМАЦИОННАЯ ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ НАВИГАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ (Азербайджан) 204

Самхарадзе В.И. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТКОВОГО КАНАЛОКОПАТЕЛЯ (Грузия) 209

Саруханян А.А. К РАСЧЕТУ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ ПРИ НЕУСТАНОВИВШЕМСЯ ЛАМИНАРНОМ ДВИЖЕНИИ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В КОЛЬЦЕВОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ТРУБЕ (Армения)..... 215

Пурцеладзе Л.Д. МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВ, ВЫЗВАННЫЕ НАВОДНЕНИЯМИ (Грузия) 218

Кацарава Т.Е., Купреишвили Ш.З., Сичинава П.О. ДОПУСКАЕМАЯ СКОРОСТЬ РАЗМЫВА ПОЧВОГРУНТОВ С УЧЕТОМ ПОВЕРХНОСТНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ЭФФЕКТОВ (Грузия) 224

Чахая Г.Г., Диаконидзе Р.В., Цулукидзе Л.Н., Лордкипанидзе Ф.Н. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭРОЗИОННО-СЕЛЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЦХЕНИС-ЦКАЛИ (Грузия) 228

Читишвили Г.Ш., Кекелишвили Л.Г. НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СХЕМАТИЗАЦИЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕЛЬЕФА И МОДЕЛИРОВАНИЯ ДОЖДЕВОГО СТОКА (Грузия) 232

Цихелашвили З.И. ДЕСКРИПТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ ВОДОЕМОВ (Грузия) 236

Чарбадзе З. Д. О ДАВЛЕНИИ НА ПОВЕРХНОСТИ РАЗДЕЛА КАПЛЯ-ПОДЛОЖКА (Грузия) 246

Гасанова Н.И. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КРУПНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ НА МАКСИМАЛЬНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК ЮЖНОГО КАВКАЗА (Азербайджан) 250

АННОТАЦИИ (на грузинском языке) 257

АННОТАЦИИ (на русском языке) 269

АННОТАЦИИ (на английском языке) 280

ХРОНИКА (на грузинском языке)..... 291

ХРОНИКА (на русском языке) 299

ХРОНИКА (на английском языке) 306

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ (на грузинском языке) 313

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ (на русском языке) 314

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ (на английском языке) 315

C O N T E N T S

GEORGIAN WATER MANAGEMENT INSTITUTE – 80 3

THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM “FLOODS AND MODERN METHODS OF CONTROL MEASURES" (23-28 SEPTEMBER, 2009, TBILISI, GEORGIA) BRIEF REPORT 12

CONGRATULATIONS DEDICATED TO THE 80TH ANNIVERSARY OF THE GEORGIAN WATER MANAGEMENT INSTITUTE 17

OTAR NATISHVILI – 80 19

NINO VARAZASHVILI – 85 21

Abakarov A., Mekhtieva G. HYDROCHEMICAL INDICATORS OF QUALITY OF WATERS OF APSHERON’S ARCHIPELAGO (Azebaijan) 22

Aivazov A., Zakieva R. OPERATIONAL RELIABILITY OF COLLECTOR-DRAINAGE NETWORK (Azebaijan) 25

Alimov A., Zeinalov T. THE IMPACT OF IRRIGATION SYSTEMS ON ECOLOGICAL CONDITION OF MIL-KARABAKH PIEDMONT PLAIN OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN (Azebaijan) 31

Akhvlediani T. THE PRESENT SITUATION OF BIOCOENOSIS IN KOLKHETI SHELF ZONE (Georgia) 35

Balamtsarashvili Z., Mosulishvili D. ECOLOGICALLY SAFE TECHNOLOGIES AND LOGGING MACHINERY IN MOUNTAINOUS CONDITIONS (Georgia) 39

Gabrichidze I., Gedenidze Z. IMPROVED WATER LEVEL METER DESIGN FOR THE PONDS (Georgia) 45

Gavardashvili G., Vartanov M. ASSESSMENT OF ECONOMICAL AND ECOLOGICAL DAMAGE TO FORESTS BURNED AS A RESULT OF WAR TOOK PLACE IN GEORGIA (AUGUST, 2008) AND PREVENTIVE MEASURES AGAINST SOIL EROSION ON MOUNTAINOUS SLOPES (Georgia) 48

Gobechia G., Tsereteli Em., Bondirev I., Gaprindashvili G., Donadze Ts. RESULTS OF LANDSLIDE-GRAVITATIONAL CONDITIONS AND PRINCIPLES OF THEIR DEVELOPMENT IN GEORGIA (Georgia) 60

Gogsadze I., Bziava K., Inashvili I., Undilashvili N. IMPACT OF WATER FLOW RATE ON THE FORMATION OF CANAL STRUCTURE (Georgia) 67

Diakonidze R., Pirtskhalaishvili I., Vepkhviashvili N., Martiashvili Ts., Chankashvili M. ASSESSMENT OF ECOCHEMICAL SITUATION OF THE TRIBUTARIES OF THE MTKVARI RIVER WITHIN TBILISI AREA (Georgia) 71

Diakonidze R., Chakhaia G., Tsulukidze L. EMPIRICAL DEPENDENCES OF ROLLING (BOTTOM) AND SOLID SEDIMENTS IN THE CATCHMENT BASINS OF THE RIVERS OF GEORGIA (Georgia) 77

Dokhnadze G., Salukvadze H., Dadiani K., Pirtskhalashvili I. MODERN GEODYNAMICAL PROCESSES IN MESKHETI AND JAVAKHETI (Georgia) 82

Vartanov M., Iordanisvhili K. POSSIBILITIES TO USE BINARY TARIFFICATION OF

IRRIGATION WATER (Georgia) 92

Zakaidze I., Kekelishvili L. SOME ISSUES REGARDING THE FILTRATION OF HEAVY CLAY SOILS IN THE KOLKHETI LOWLANDS (Georgia) 96

Zeinalov T. CALCULATION METHODS OF OPTIMAL DISTRIBUTION FOR THE FUNDS ALLOCATED TO PROTECT SOILS AGAINST EROSION AND ECONOMIC EFFICIENCY (Azerbaijan) 99

Tevzadze V., Iordanishvili I., Charbadze Z., Iremashvili I., Iordanishvili K., Khosroshvili E. TO THE ISSUES OF BIBLIOMETRIC RATE INDICES IN SCIENCE (Georgia) 104

Tevzadze T., Shurgaia V., Shavlakadze M., Potskhveria D. GEOENVIRONMENTAL SURVEYS OF BURNED AREAS LOCATED NEAR TSAGVERI AND DABA VILLAGES, BORJOMI DISTRICT (Georgia) 114

Imanov F., Guliyeva A. GENERAL CONCLUSION CONCERNING THE TIME OF HYDRO-LOGICAL DROUGHT AND THE PROPERTIES OF RUNOFF IN THE RIVERS OF SMALL CAUCASUS (Azerbaijan) 125

Iordanishvili I., Iordanishvili K., Khosroshvili E., Makharadze I. TRANSFORMATION OF SEPARATE SEISMIC WAVES IN KOLKHETI SHELF ZONE (Georgia) 130

Iremashvili I. DEVELOPMENT OF ENGINEERING MEASURES FOR THE PROTECTION OF EROSIVE SLOPES (Georgia) 137

Itriashvili L., Nibladze N. CLASSIFICATION OF METHODS TO CONTROL SOIL PROPERTIES (Georgia) 146

Kereselidze D., Trapaidze V., Alaverdashvili M., Bregvadze G. EUTROPHICATION PROCESSES IN PONDS AND RESERVOIRS (Georgia) 150

Kvitsiani T., Khutsishvili G., Gardaphkhadze T. GENERATION OF DIFFERENTIAL EQUATION FOR THE DANGEROUS SLIDING SURFACE OF LANDSLIDE-AFFECTED SLOPE AND ITS STUDY CONSIDERING ADDITIONAL LOADS (Georgia) 157

Kiknadze Kh., Nibladze N., Khubulava I. PROTECTION OF SLOPE AGAINST EROSION USING NEW POLYCOMPLEX SSBM (Georgia) 166

Kiladze R. MATHEMATICAL MODELLING OF HYDRO ECOLOGICAL PROCESSES DURING CHANGEABLE BOUNDARY CONDITIONS AND THEIR COMPUTER SIMULATION (Georgia) 172

Kiladze R., Kekelishvili L. THEORETICAL AND EXPEREMINT METHODS TO INVESTIGATE AND EXPRESS INFILTRATION (Georgia) 178

Kuzin A., Utkina E. ADOPTION AND DEVELOPMENT OF CLEANER TECHNOLOGIES AND PRODUCTION OF ECOLOGICALLY CLEAN PRODUCTION AS A BASE FOR THE STABLE DEVELOPMENT OF UKRAINE (Ukraine) 184

Makhmudov N. SEEPAGE RESISTANCE OF SUBSURFACE DRAINAGE FACILITY (Azerbaijan) 189

Natishvili O., Tevzadze V. INDIRECT HYDRAULIC JUMP OF COHESIVE DEBRIS FLOW (Georgia) 192

Nanitashvili O., Rekhviashvili E., Nanitashvili V. STABILITY OF SPRINKLING MACHINES WORKING ON THE TILTED SLOPE (Georgia) 197

Petevotyan R. NEW INTAKE STRUCTURES ON MOUNTAIN RIVERS (Armenia) 201

Rustambekov B. INFORMATION FORMALIZATION FOR THE PLANNING OF OPTIMAL ROUTE OF NAVIGATIONAL CONTROL DURING THE ECOLOGICAL MONITORING (Azerbaijan) 204

Samkharadze V. THEORETICAL AND EXPERIMENTAL SURVEY OF ROLLING TRENCHING MACHINE (Georgia) 209

Sarukhanian A. TO THE CALCULATION OF ENERGY LOSSES FOR THE NONSTATIONARY LAMINAR MOTION OF VISCOUS FLUID IN RING CYLINDRICAL PIPE (Armenia)..... 215

Purtseladze L. SOIL DAMAGES CAUSED BY FLOODS AND WAYS TO AVOID THEM (Georgia) 218

Katsarava T., Kupreishvili Sh., Sichinava P. PERMISSIBLE VELOCITY OF SOILS TAKING INTO ACCOUNT SURFACE MOLECULAR EFFECTS (Georgia) 224

Chakhaia G., Diakonidze R., Tsulukidze L., Lortkipanidze P. PREDICTION OF EROSION PROCESSES AND DEBRIS FLOWS IN THE BASIN OF THE TSKHENISTSKALI RIVER (Georgia) 228

Chitishvili G., Kekelishvili L. SOME QUESTIONS OF THE SCHEMATIZATIONS OF THE SURFACE OF THE RELIEF AND THE SIMULATION OF THE RAIN DRAIN (Georgia) 232

Tsikhelashvili Z. DESCRIPTIVE MODELLING OF WATER POLLUTION RATE IN WATER RESERVOIRS (Georgia) 236

Charbadze Z. ABOUT SURFACE PRESSURE ORIGINATED AT THE MOMENT OF IMPACT STROKE (BEAD-BARRIER) (Georgia) 246

Hasanova N. ASSESSMENT OF EFFECTS OF LARGE RESERVOIRS ON PEAK DISCHARGES OF TRANSBOUNDARY RIVERS, SOUTH CAUCASUS (Azerbaijan) 250

ABSTRACTS (in Georgian) 257

ABSTRACTS (in Russian) 269

ABSTRACTS (in English) 280

CHRONICLE (in Georgian)..... 291

CHRONICLE (in Russian)..... 299

CHRONICLE (in English) 306

AUTHOR INDEX (in Georgian) 313

AUTHOR INDEX (in Russian) 314

AUTHOR INDEX (in English) 315

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომების კრებულში სტატიების გამოქვეყნების პირობები

კრებულის დანიშნულებაა მეცნიერების განვითარების ხელშეწყობა, მეცნიერთა და სპეციალისტთა მიერ მოპოვებული ახალი მიღწევების, გამოკვლევათა მასალებისა და შედეგების გამოქვეყნება.

კრებულში შესაძლებელია გამოქვეყნდეს შემდეგი სამეცნიერო მიმართულების სტატიები:

- წყალთა მეურნეობა;
- ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია;
- ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია;
- გარემოს დაცვა;
- ჰიდროტექნიკური ნაგებობების საიმედოობა და რისკი;
- მშენებლობა;
- დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები.

კრებულში გამოსაქვეყნებელმა 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** შრიფტი; ინგლისური და რუსული ტექსტებისათვის – **Times New Roman**; ნახაზების ან ფოტოების კომპიუტერული ვარიანტი – **TIF** ფორმატში გარჩევადობით **150 dpi** ;
4. სტატია შედგენილ უნდა იქნეს შემდეგი თანმიმდევრობით:
   - მიმართულება (მარჯვენა ზედა კუთხეში);
   - ავტორის (ან ავტორების) სახელი, გვარი და მამის სახელი 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** фаила (MS Word). Статьи, представленные на грузинском языке выполняются шрифтом **AcadNusx**; статьи, представленные на русском и английском языках – шрифтом **Times New Roman**; компьютерные варианты рисунков и фото – в формате **TIF**, с разьяснением **200 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. Использованая 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 литератур составляется в порядке цитирования в тексте.
6. Отклонённые статьи авторам не возвращяются.

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; for English and Russian Texts – Times New Roman; computer version of drawings and photos – in 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.

21-ე საუკუნის დასაწყისში საქართველოში ფორმირებულმა ბუნებრივმა კატასტროფებმა, რომლის დროსაც ქვეყნისათვის მიყენებული ზარალის 70%-ზე მეტი ფიქსირდება წყალდიდობებით, წყალმოვარდნებით და ღვარცოფებით, 2005 წელს კულმინაციას მიაღწია.

მთელი ქვეყნის მასშტაბით 190 სოფელზე მეტი მოხვდა რისკის ზონაში, დაზიანდა 880 ოჯახი, დაღუპულთა რიცხვმა 35-ს მიაღწია, დაშავებულია 213 ადამიანი, დანგრეული და დაზიანებულია გზის 111 კმ და 69 ხიდი; 9610 ჰა მიწის სახნავ-სათესი ფართობი აღარ გამოდგება საექსპლუატაციოდ. 2005 წელს ბუნებრივი კატასტროფების გამო სახელმწიფო სამაშველო სამსახური 86-ჯერ იქნა გამოძახებული. ანალოგიური სიხშირეა დაფიქსირებული ამ მხრივ საქართველოში 2006-2009 წლებშიც.

At the beginning of the 21st century, the natural phenomena formed in Georgia, according to the losses inflicted, reached culmination in 2005. Of these more than 70% of the total losses falls to freshets, floods and mudflows.

Up to 190 settlements came within the zone of the risk of hazard on the scale of the country: the number of population affected – 880 families, the number of casualties – 35, injured persons – 213, destroyed and damaged roads – 111 km and 69 bridges. 9610 ha of arable lands are no longer under exploitation. Owing to natural disasters, state of emergency was declared 86 times in 2005. Natural disasters of analogous frequency in Georgia were recorded in 2006-2009 as well